

# A Cultura do Arroz no Brasil

2ª Edição  
Revista e ampliada



Alberto Baêta dos Santos  
Luís Fernando Stone  
Noris Regina de Almeida Vieira  
Editores técnicos

**Embrapa**

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Arroz e Feijão  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# A Cultura do Arroz no Brasil

*2ª Edição  
Revisada e ampliada*

Alberto Baêta dos Santos  
Luís Fernando Stone  
Noris Regina de Almeida Vieira  
**Editores Técnicos**

*Embrapa Arroz e Feijão  
Santo Antônio de Goiás, GO  
2006*



Exemplares desta publicação devem ser solicitados à:

**Embrapa Arroz e Feijão**

Rod. GO 462, Km 12  
Caixa Postal 179  
CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO  
Fone: (62) 3533-2110  
Fax: (62) 3533-2100  
sac@cnpaf.embrapa.br  
www@cnpaf.embrapa.br

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)  
Fone: (61) 3340-9999  
Fax: (61) 3340-2753  
CEP 70770-901 - Brasília, DF  
vendas@sct.embrapa.br  
www.sct.embrapa.br

**Supervisor Editorial:** *Marina A. Souza de Oliveira*

**Revisor de Texto:** *Noris Regina de Almeida Vieira*

**Normalização Bibliográfica:** *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

**Tratamento das Ilustrações:** *Sebastião José de Araújo e Fabiano Severino*

**Editoração Eletrônica:** *Fabiano Severino*

**1ª edição**

1ª impressão (1999): 1.000 exemplares

**2ª edição**

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Embrapa Arroz e Feijão

---

A cultura do arroz no Brasil / editores, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. - 2. ed. rev. ampl. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 85-7437-030-4

1. Arroz - Produção. 2. Arroz - Tecnologia. 3. Arroz - Pesquisa. I. Santos, Alberto Baêta dos, *ed.* II. Stone, Luís Fernando, *ed.* III. Vieira, Noris Regina de Almeida, *ed.* IV. Embrapa Arroz e Feijão.

CDD 633.18 (21. ed.)

---

© Embrapa 2006

**Alberto Baêta dos Santos**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia  
Embrapa Arroz e Feijão  
Rod. GO 462, Km 12  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
baeta@cnpaf.embrapa.br

**Alceu Sallaberry Ribeiro**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fitopatologia  
Embrapa Clima Temperado  
BR 392, km 78  
96001-970 Pelotas, RS

**Anna Cristina Lanna**

Química, Doutora em Fisiologia Vegetal  
Embrapa Arroz e Feijão  
aclanna@cnpaf.embrapa.br

**Anne Sitarama Prabhu**

Biólogo, Ph.D. em Fitopatologia  
Embrapa Arroz e Feijão  
prabhu@cnpaf.embrapa.br

**Ariano Martins de Magalhães Júnior**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fisiologia Vegetal  
Embrapa Clima Temperado  
ariano@cpact.embrapa.br

**Beatriz da Silveira Pinheiro**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fisiologia Vegetal  
Embrapa Arroz e Feijão  
beatriz@cnpaf.embrapa.br

**Carlos Magri Ferreira**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Economia Aplicada  
Embrapa Arroz e Feijão  
magri@cnpaf.embrapa.br

**Cláudio Bragantini**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes  
Embrapa Arroz e Feijão  
claudio@cnpaf.embrapa.br

**Cláudio Brondani**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Biologia Molecular  
Embrapa Arroz e Feijão  
brondani@cnpaf.embrapa.br





**Cleber Morais Guimarães**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal  
Embrapa Arroz e Feijão  
cleber@cnpaf.embrapa.br

**Edson Herculano Neves Vieira**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes  
Embrapa Arroz e Feijão  
edson@cnpaf.embrapa.br

**Emílio da Maia de Castro**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
emilio@cnpaf.embrapa.br

**Evane Ferreira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Entomologia  
*In memoriam*

**Evely Gischkow Rucatti**

Engenheira Agrônoma  
Instituto Riograndense do Arroz - IRGA  
Av. Missões, 342  
90230-100 Porto Alegre, RS  
evely@irga.rs.gov.br

**Humberto Gonçalves dos Santos**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências  
Embrapa Solos  
Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico  
22460-001 Rio de Janeiro, RJ  
humberto@cnps.embrapa.br

**Jaime Roberto Fonseca**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia  
Embrapa Arroz e Feijão  
jfonseca@cnpaf.embrapa.br

**José Alberto Noldin**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Agronomia/ Plantas Daninhas  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina -  
Epagri / Estação Experimental de Itajaí  
Rod. Antonio Heil Km 6,5, Bairro Itaipava  
88301-970 Itajaí, SC  
noldin@epagri.rct-sc.br



**José Alexandre Freitas Barrigossi**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Entomologia  
Embrapa Arroz e Feijão  
alex@cnpaf.embrapa.br

**José Aloísio Alves Moreira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem  
Embrapa Arroz e Feijão  
jaloisio@cnpaf.embrapa.br

**José Francisco Valente Moraes**

Engenheiro Agrônomo, Ph. D. em Solos  
*In memoriam*

**José Geraldo da Silva**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Mecanização Agrícola  
Embrapa Arroz e Feijão  
jgeraldo@cnpaf.embrapa.br

**José Luiz Viana de Carvalho**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos  
Embrapa Agroindústria de Alimentos  
Av. das Américas n° 29501, Bairro Guaratiba  
23020-470 Rio de Janeiro, RJ  
jlvc@ctaa.embrapa.br

**Luís Fernando Stone**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
stone@cnpaf.embrapa.br

**Maria Laura Turino Mattos**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo  
Embrapa Clima Temperado  
mattos@cpact.embrapa.br

**Maria Margareth Veloso Naves**

Nutricionista, Doutora em Ciência de Alimentos e Docente da Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Goiás - UFG  
Rua 227 Qd. 68 s/n° - Setor Leste Universitário  
74605-080 Goiânia, GO  
mnaves@fanut.ufg.br

**Marta Cristina Corsi de Filippi**

Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Fitopatologia  
Embrapa Arroz e Feijão  
cristina@cnpaf.embrapa.br





**Maurício Rizzato Coelho**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Solos  
mrcoelho@cnps.embrapa.br

**Nand Kumar Fageria**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
fageria@cnpaf.embrapa.br

**Neiva Maria Pio de Santana**

Bacharel em Geografia, Aluna do curso de Pós-graduação em Geografia  
Universidade Federal de Goiás - UFG  
Campus Samambaia  
74001-970 Goiânia, GO  
neivasantana@yahoo.com.br

**Noris Regina de Almeida Vieira**

Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Tecnologia de Sementes  
Embrapa Arroz e Feijão  
noris@cnpaf.embrapa.br

**Orlando Peixoto de Moraes**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
peixoto@cnpaf.embrapa.br

**Patricio Méndez Del Villar**

Economista, Ph.D. em Economia Rural  
Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o  
Desenvolvimento - Cirad  
TA 73 / 09 Av. Agropolis 34.398 Montpellier, França  
patricio.mendez@cirad.fr

**Paulo Hideo Nakano Rangel**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
phrangel@cnpaf.embrapa.br

**Paulo Morceli**

Economista, Especialista em Informações do Agronegócio  
Companhia Nacional de Abastecimento - Conab  
SGAS 901 Conj A Lote 69 70390-010 Brasília, DF  
paulo.morceli@conab.gov.br



**Paulo Ricardo Reis Fagundes**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia  
Embrapa Clima Temperado  
fagundes@cpact.embrapa.br

**Pedro Marques da Silveira**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fertilidade de Solos e Nutrição de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
pmarques@cnpaf.embrapa.br

**Péricles de Carvalho Ferreira Neves**

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
pericles@cnpaf.embrapa.br

**Priscila Zaczuk Bassinello**

Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência de Alimentos  
Embrapa Arroz e Feijão  
pzbassin@cnpaf.embrapa.br

**Raimundo Ricardo Rabelo**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Desenvolvimento Sustentável  
Embrapa Arroz e Feijão  
raimundo@cnpaf.embrapa.br

**Ronaldir Knoblauch**

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Fertilidade de Solos  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina -  
Epagri / Estação Experimental de Itajaí  
roni@epagri.rct-sc.br

**Ronaldo Pereira de Oliveira**

Engenheiro Eletrônico, Mestre em Geoinformação  
Embrapa Solos  
ronaldo@cnpas.embrapa.br

**Rosana Pereira Vianello Brondani**

Bióloga, Doutora em Biologia Molecular Vegetal  
Embrapa Arroz e Feijão  
rosanavb@cnpaf.embrapa.br

**Silvando Carlos da Silva**

Engenheiro Agrícola, Mestre em Agrometeorologia  
Embrapa Arroz e Feijão  
silvando@cnpaf.embrapa.br





**Silvio Steinmetz**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agrometeorologia  
Embrapa Clima Temperado  
silvio@cpact.embrapa.br

**Takazi Ishiy**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina -  
Epagri / Estação Experimental de Itajaí

**Tarcísio Cobucci**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia  
Embrapa Arroz e Feijão  
cobucci@cnpaf.embrapa.br

**Tetuo Hara**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Engenharia Agrícola  
Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa Departamento de  
Engenharia Agrícola/CCA e Consultor Técnico do CENTREINAR  
Av. P. H. Rolfs s/n, Campus  
36570-000 Viçosa, MG  
thara@ufv.br

**Veridiano dos Anjos Cutrim**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas  
Embrapa Arroz e Feijão  
cutrim@cnpaf.embrapa.br



Dedicamos este livro ao amigo  
Dr. Evane Ferreira que sempre será  
lembrado como exemplo de  
competência, conhecimento e  
companheirismo, e que se dedicou  
com tanto entusiasmo à Embrapa  
Arroz e Feijão, engrandecendo o meio  
científico e, em especial, à Embrapa,  
por seus méritos.





Por muitos anos, as instituições de pesquisa voltadas para a cultura do arroz no Brasil vêm se dedicando à solução de problemas relacionados ao incremento da produtividade e rentabilidade da cultura, tanto no ecossistema de várzeas como de terras altas. Com as pressões econômicas dos últimos anos, tem se tornado igualmente importante a busca de, não somente, altos rendimentos produtivos mas também diferenciais qualitativos de real impacto para o aumento da rentabilidade e da competitividade desse produto no país.

A Embrapa Arroz e Feijão, consciente do papel da pesquisa para o desenvolvimento da cadeia produtiva do arroz, coloca essa obra à disposição da comunidade científica, contendo uma extensiva compilação das principais conquistas, tecnologias e dos conhecimentos gerados nos últimos anos dentro dos sistemas de cultivo em que esse cereal é produzido no Brasil e nos enfoques técnico-científicos.

A segunda edição do livro: "A Cultura do Arroz no Brasil" é apresentada em 26 capítulos, sendo quatro novos com temas que abordam a importância do arroz na nutrição humana; aspectos bioquímicos dos componentes do grão de arroz e sua relação com a saúde humana; a história do melhoramento de arroz no país e os procedimentos utilizados no desenvolvimento de cultivares; e, a busca da sustentabilidade da cultura como necessidade de maior qualidade ambiental. Além disso, novas abordagens são feitas nos demais capítulos, em especial, os atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos das principais classes de solos; são descritos os animais pertencentes às classes Mammalia (ratos), Aves (pássaros), Secernentea (nematóides), Oligochaeta (minhocas), Gastropoda (caramujos), Arachnida (ácaros), Crustacea (caranguejos), Symphyla (centopéia do jardim), além da Insecta (insetos) que podem causar danos ao arroz; são apresentadas as doenças mais comuns e economicamente importantes, bem como os conceitos e avanços mais recentes para seu controle, entre outras.

Os resultados dos esforços de pesquisa e desenvolvimento reportados nessa publicação são um marco permanente de que estamos evoluindo para o aprimoramento do processo produtivo do arroz no Brasil, levando em consideração aspectos relacionados à sustentabilidade e competitividade da cultura e a preservação do meio ambiente, e na missão de diminuir a pobreza e melhorar as condições de vida da população brasileira.



A Embrapa Arroz e Feijão agradece o esforço conjunto dos autores, editores e todos aqueles que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a concretização desse livro e tem a grata satisfação de entregá-lo ao leitor na esperança de que os conhecimentos nele contidos possam efetivamente dirimir dúvidas, estimular o intelecto e indicar caminhos.

*Beatriz da Silveira Pinheiro*  
Chefe-Geral da Embrapa Arroz e Feijão



O arroz, considerado um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem, é uma cultura que apresenta ampla adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima, sendo a espécie com maior potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate à fome no mundo. Aliado a estas características nutricionais, o produto arroz deverá, cada vez mais, ser enfocado quanto a questões de segurança alimentar. A conscientização do importante papel desempenhado pelo arroz na dieta da população como alimento funcional, pode contribuir decisivamente para a melhoria da nutrição e qualidade de vida do povo brasileiro.

Em muitos países em desenvolvimento, o arroz é considerado o produto de maior importância econômica, constituindo-se em alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas, e o aumento crescente de seu consumo impõe aos setores produtivos a busca de novas técnicas que possam aumentar a produção. Cultivado e consumido em todos os continentes, o arroz se destaca pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social.

Esperamos que esse livro sirva como referência para os interessados nos assuntos tratados e, com isso, propiciar a melhoria da produtividade de grãos de arroz, redução dos custos de produção e do impacto ambiental decorrentes da atividade e melhorar o nível de vida dos orizicultores e de suas famílias.

Os Editores







<b>1</b>	Importância na nutrição humana .....	17
<b>2</b>	Bioquímica e saúde humana.....	31
<b>3</b>	Sistemas de cultivo .....	53
<b>4</b>	Produção e aspectos econômicos.....	97
<b>5</b>	Clima .....	117
<b>6</b>	Solos .....	161
<b>7</b>	Características morfofisiológicas da planta Relacionadas à produtividade.....	209
<b>8</b>	Recursos genéticos .....	257
<b>9</b>	Melhoramento genético.....	289
<b>10</b>	Preparo do solo.....	359
<b>11</b>	Nutrição mineral .....	387
<b>12</b>	Adubação e calagem.....	425
<b>13</b>	Sistemas de plantio .....	451
<b>14</b>	Fauna prejudicial .....	485
<b>15</b>	Doenças e seu controle .....	561



<b>16</b>	Plantas daninhas e seu manejo.....	<b>633</b>
<b>17</b>	Irrigação .....	<b>683</b>
<b>18</b>	Colheita.....	<b>731</b>
<b>19</b>	Cultivo da soca .....	<b>751</b>
<b>20</b>	Produção de sementes.....	<b>795</b>
<b>21</b>	Secagem e beneficiamento de sementes .....	<b>813</b>
<b>22</b>	Armazenamento .....	<b>843</b>
<b>23</b>	Qualidade Tecnológica.....	<b>869</b>
<b>24</b>	Aproveitamento industrial .....	<b>901</b>
<b>25</b>	Impacto da orizicultura na qualidade do meio ambiente .....	<b>933</b>
<b>26</b>	Mercado e comercialização.....	<b>983</b>



# Importância na Nutrição Humana

*Maria Margareth Veloso Naves; Priscila Zaczuk Bassinello*

**RESUMO** - O arroz polido, forma em que o cereal é mais consumido em todo o mundo e que há cerca de um século faz parte dos hábitos alimentares do brasileiro, é considerado um alimento básico e essencial para uma dieta saudável, como fonte primária de energia advinda de carboidratos complexos, além de fonte protéica. O grão de arroz integral é constituído por partes que diferem consideravelmente entre si em termos nutricionais, sendo superior ao do arroz polido, sobretudo em relação ao conteúdo de fibras, tiamina, niacina, ferro e zinco. As camadas periféricas do grão, que dão origem ao farelo, se destacam pela presença de fibras e vitaminas do complexo B. O endosperma, à base de amido, é fonte também de proteína. O germe ou embrião, situado na camada de aleurona, distingue-se pela composição em proteínas e lipídios. De forma geral, as concentrações dos nutrientes reduzem gradativamente das camadas periféricas em direção ao interior do grão, exceto no caso do amido. Devido a essas diferenças na composição, os vários graus de beneficiamento do arroz determinam variações consideráveis nos teores dos nutrientes no grão. Várias técnicas de processamento do grão visam minimizar os efeitos negativos do polimento sobre o valor nutritivo do arroz, entre as quais a parboilização e o enriquecimento ou fortificação. Além do grau de beneficiamento, outros fatores influem no valor nutritivo do arroz, tais como as condições de cultivo e as formas de preparo do cereal para consumo. Ainda, existem diferenças varietais expressivas, especialmente em relação ao teor protéico e de micronutrientes. O arroz, em geral, possui uma composição em proteínas (aminoácidos essenciais) mais adequada em termos nutricionais que a de outros cereais, e suficiente para atender as necessidades de indivíduos adultos. Além do baixo teor de gordura do arroz, esta é rica em ácidos graxos insaturados. O arroz é considerado um alimento saudável, sobretudo para populações ocidentais, onde a obesidade e as doenças cardiovasculares constituem problemas de saúde pública, sendo recomendado para consumo diário. Assim, é de suma importância a preservação do hábito de ingestão diária de arroz, como também incentivar o seu consumo em todo país.

## INTRODUÇÃO

Os cereais, em especial o arroz, o trigo e o milho, constituem a base da alimentação humana, contribuindo com cerca da metade da ingestão energética e protéica dos indivíduos (Young & Pellett, 1994). No caso do arroz, estima-se que contribua com aproximadamente 20% e 15% do consumo mundial de energia e de proteína, respectivamente (Kennedy & Burlingame, 2003). Em países mais pobres da Ásia, como



Bangladesh e Vietnã, o consumo de arroz, que em média é de 150 a 200 kg *per capita* anual, perfaz cerca de 65% da ingestão diária de energia e 60% do aporte protéico (Maclean et al., 2002).

O Brasil é o maior produtor de arroz da América Latina e o nono maior produtor mundial. Em 2001, o consumo *per capita* de arroz, base casca, foi em torno de 58 kg, suprimindo cerca de 14% da energia e 10% da proteína da dieta do brasileiro (FAO, 2004).

O arroz polido, forma em que é mais consumido em todo o mundo, corresponde ao grão sem as camadas periféricas e o germe, os quais são extraídos durante o processo de beneficiamento. Conforme já bem estabelecido na literatura, o grão de arroz integral é constituído por partes que diferem consideravelmente entre si em termos nutricionais. As camadas periféricas, como pericarpo, tegumento, nucela e capa de aleurona, que dão origem ao farelo, se destacam pela presença de nutrientes, tais como fibras e vitaminas do complexo B. O endosperma, à base de amido, é fonte também de proteína. O germe ou embrião, situado na camada de aleurona, distingue-se pela composição em proteínas e lipídios (Kennedy, 1980; Juliano, 1993). De forma geral, as concentrações dos nutrientes reduzem gradativamente das camadas periféricas em direção ao interior do grão, exceto no caso do amido (Grist, 1975).

Devido a essas diferenças na composição nutricional, os vários graus de beneficiamento do arroz, que correspondem a perdas de 0% a aproximadamente 10% da massa do grão integral, determinam variações consideráveis nos teores dos nutrientes no grão (Singh et al., 2001). Além do grau de beneficiamento, outros fatores influem no valor nutritivo do arroz, tais como variáveis relacionadas com as condições de cultivo, como temperatura, umidade, radiação solar, natureza do solo, adubação, e com o preparo do cereal para consumo (Grist, 1975). Ainda, existem diferenças varietais expressivas, especialmente em relação ao teor protéico e de micronutrientes (Kennedy & Burlingame, 2003). Infelizmente, as tabelas de composição química de alimentos em geral não indicam as variedades dos grãos de arroz (*Oryza sativa*, L.) analisados ou cujos dados foram compilados (Watt & Merrill, 1975; IBGE, 1999; Philippi, 2002; Universidade de São Paulo, 2004).

Considerando-se o destacado papel do arroz na alimentação humana, são necessários e recomendáveis o estudo e a divulgação das implicações de seu consumo na nutrição e na saúde dos indivíduos. Assim, nesse capítulo serão abordados os aspectos nutricionais mais relevantes do arroz e sua importância no contexto de uma dieta saudável.



## VALOR NUTRICIONAL

### Aspectos gerais

Para um melhor entendimento do valor nutricional dos alimentos é necessário que se reforce o conceito de alimentação saudável, que corresponde ao consumo de alimentos em quantidade e qualidade adequadas e equilibradas em termos de nutrientes, os quais devem originar de fontes alimentares as mais diversas possíveis. Sendo assim, apenas um alimento, ou mesmo um grupo deles, não consegue suprir satisfatoriamente as demandas nutricionais do organismo. Em termos de equilíbrio entre as fontes energéticas, a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2003) preconiza que a dieta contenha mais da metade de sua energia, popularmente conhecida como caloria, advinda dos carboidratos, 30% no máximo, dos lipídios, ou gorduras, e 15% das proteínas. Portanto, a importância da contribuição do alimento para uma nutrição adequada deve ser analisada no contexto de uma dieta equilibrada e saudável.

Na Tabela 1.1 está descrita a composição em energia e nutrientes do arroz polido e do arroz integral. Como as informações sobre a composição química do arroz variam entre as fontes, são apresentados dados de uma tabela internacional de composição de alimentos (Watt & Merrill, 1975) e de uma tabela de uso nacional (IBGE, 1999).

**Tabela 1.1.** Composição em energia e nutrientes do arroz polido e do arroz integral, com 12% de teor de umidade.

Energia e Nutrientes	Arroz polido		Arroz integral	
	fonte A	fonte B	fonte A	fonte B
<u>Energia</u> (kcal 100 g <sup>-1</sup> )	363	364	360	357
<u>Macronutrientes</u> (g 100 g <sup>-1</sup> )				
Proteínas	6,7	7,2	7,5	8,1
Lipídios	0,4	0,6	1,9	1,6
carboidratos totais	80,4	79,7	77,4	76,6
Fibra bruta	0,3	0,6	0,9	0,9
Cinzas	0,5	0,5	1,2	1,3
<u>Micronutrientes</u> (mg 100 g <sup>-1</sup> )				
Tiamina (B1)	0,07	0,08	0,34	0,36
Riboflavina (B2)	0,03	0,03	0,05	0,06
Niacina	1,6	1,6	4,7	5,2
Ferro	0,8	1,3	1,6	2,0
Zinco	1,0	1,1	2,1	2,0

Fonte A: Watt & Merrill (1975), exceto para zinco Whitney & Rolfes (1999).

Fonte B: IBGE (1999), exceto para zinco Phillipi (2002).



Em termos nutricionais, o arroz polido se destaca como fonte de energia, na forma de carboidrato complexo, amido, e de proteína. A remoção das camadas periféricas e do germe, durante o polimento do grão integral, provoca perdas consideráveis de certos nutrientes (Tabela 1.1). Aproximadamente 80% dos lipídios e da vitamina B1, tiamina, até quase 70% da fibra e da niacina e em torno de 50% dos teores de ferro e zinco são removidos na produção do arroz polido a partir do arroz integral. Devido a isso e à composição química do arroz em geral, populações que sobrevivem consumindo dietas à base de arroz e onde a maioria do aporte energético advém do cereal, apresentam carências nutricionais mais comumente relacionadas com a carência de vitaminas do complexo B, vitamina A, cálcio e ferro. Dentre essas, a deficiência de tiamina é a mais relatada, conhecida como beribéri (Grist, 1975).

Apesar de o valor nutricional do arroz integral ser superior ao do polido, sobretudo em relação ao conteúdo de fibras, tiamina, niacina, ferro e zinco, o grão integral contém, em suas camadas periféricas, o ácido fítico, que reconhecidamente reduz a biodisponibilidade de minerais como o cálcio, ferro e zinco (Wyatt & Triana-Tejas, 1994), presentes no cereal em quantidades relativamente baixas, especialmente o cálcio (IBGE, 1999; Philippi, 2002).

Várias técnicas de processamento do grão visam minimizar os efeitos negativos do polimento sobre o valor nutritivo do arroz, entre as quais a parboilização e o enriquecimento ou fortificação. A parboilização é um processo hidrotérmico que envolve a maceração do grão em casca e posterior aquecimento com gelatinização do amido, favorecendo assim a migração de vitaminas hidrossolúveis em direção ao centro do grão e fixação das mesmas em seu interior (Luh & Mickus, 1980). Apesar do arroz parboilizado estar disponível no mercado brasileiro, seu consumo é muito restrito em determinadas regiões.

## Carboidratos

O arroz constitui uma excelente fonte de energia devido ao tipo de carboidrato presente, que é complexo, e à elevada concentração do amido no grão (Tabela 1.1). A ingestão diária de 150 g de arroz cru, ou seja, cerca de 400 a 450 g de arroz cozido, contribui com aproximadamente 20% do aporte energético e 35% da ingestão de carboidratos em uma dieta de 2.500 kcal. Esse valor energético corresponde a um valor médio aproximado das necessidades energéticas de indivíduos do sexo masculino, com mais de 18 anos, 70 kg e atividade física leve, de acordo com a OMS (1985). Vale



acrescentar que para indivíduos com atividade física moderada ou intensa, ou seja, praticante de atividade física, trabalhador braçal, atleta, o consumo energético deve ser aumentado e, portanto, a ingestão diária de arroz pode ser maior, em torno de 200 g.

A quase totalidade dos carboidratos presentes no arroz é representada pelo amido, contido quase exclusivamente no endosperma do grão. Outros tipos de carboidratos são encontrados em proporções muito pequenas, como por exemplo, carboidratos não-digeríveis, 0,3 a 1,0%, e os açúcares sacarose, frutose e glicose, 0,1 a 0,3% (Taira, 1995).

O grão de arroz contém dois tipos de amido - amilose e amilopectina. O teor de amilose é o maior determinante da capacidade de aglutinação dos grãos, sendo assim uma variável de grande interesse na culinária e tecnologia em geral do arroz (Juliano, 1993; Kennedy & Burlingame, 2003).

## Proteínas

A concentração de proteína no grão de arroz é, em geral, próxima de 7% em base úmida, com pequenas diferenças entre arroz polido e arroz integral (Tabela 1.1). Em uma alimentação saudável, o consumo, por exemplo, de 150 g de arroz contribui com 15% do aporte diário de proteína em relação a um aporte protéico total de 70 g dia<sup>-1</sup>. Essa quantidade corresponde à recomendação de ingestão diária de 1 g de proteína, proveniente de alimentação mista, para cada kg de massa, conforme preconizado pela Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição - SBAN (Vannucchi et al., 1990).

O conteúdo protéico do arroz é influenciado pelas condições ambientais, como temperatura, umidade, composição e fertilidade do solo (Sotelo et al., 1994). Entretanto, maiores variações no teor protéico são ocasionadas por diferenças varietais, conforme constatado pelo International Rice Research Institute (IRRI) e relatado por Kennedy & Burlingame (2003). Ao analisar o conteúdo protéico de 2674 variedades de *Oryza sativa* cultivadas nos diferentes continentes, observou-se uma enorme variação no teor protéico, entre 4 e 14% (grão integral com teor de umidade de 12%), com valores médios, por continente, entre 7% e 8%. Considerando-se outras fontes de dados relativos a 200 variedades de arroz, identificou-se novamente grande variação no teor protéico entre 5 e 13%, média de 7,5%.

A proteína do arroz é constituída por diferentes frações protéicas - albumina, globulina, prolamina e glutelina. A glutelina é a maior fração





presente no grão, 70 a 80% da proteína total, e contém 16,8% de nitrogênio, sendo por isso considerado, no caso do arroz, o fator 5,95 para conversão de nitrogênio em proteína. Essa fração apresenta teores mais elevados de lisina em relação à globulina e a prolamina (Taira, 1995; Sgarbieri, 1996).

O aminoácido mais limitante do aproveitamento biológico das proteínas dos cereais é a lisina. Além da composição em aminoácidos essenciais, o valor protéico de um alimento depende também da digestibilidade da proteína (Young & Pellett, 1994). Para se avaliar a composição de proteínas em aminoácidos, a OMS (1985) preconiza, como padrão de referência, a necessidade de aminoácidos essenciais de crianças em idade pré-escolar de dois a cinco anos. Observa-se, na Tabela 1.2, que a proporção de lisina da proteína do arroz em relação ao padrão, escore de aminoácidos essenciais - EAE, é de 66% para o arroz polido e de 69% para o arroz integral, valores superiores ao do milho e do trigo, cerca de 50%. Apesar da proteína do arroz apresentar boa digestibilidade (88%, segundo OMS, 1985), o consumo de proteína apenas do arroz não supre totalmente as necessidades de aminoácidos de pré-escolares, e por isso não pode ser considerada uma proteína de boa qualidade. Seu valor protéico corresponde a aproximadamente 60% do valor de uma proteína de referência (OMS, 1973).

Todavia, existem relatos de variedades de arroz que alcançam um bom valor protéico devido aos seus teores de lisina serem bem mais elevados que os usualmente encontrados, entre 30 e 40 mg g<sup>-1</sup> de proteína (FAO, 1970; Sotelo et al., 1994). Como exemplo disso, Sotelo et al. (1994) constataram valores protéicos superiores a 80% para algumas variedades mexicanas, e Zhai et al. (2001) observaram altos teores de lisina em variedades selvagens norte-americanas, (média= 59 mg g<sup>-1</sup> proteína) e chinesas (média= 66 mg g<sup>-1</sup> proteína).

Por outro lado, a mistura arroz com feijão, tradicionalmente consumida pela população brasileira, resulta em uma proteína de melhor qualidade que a do arroz, isoladamente, alcançando valores protéicos acima de 80% (Joseph & Swanson, 1993). Isto ocorre visto que os níveis dos aminoácidos limitantes em cada proteína, do cereal e da leguminosa, são corrigidos na mistura, devido à complementaridade desses aminoácidos (Young & Pellett, 1994). Nesse sentido, o arroz constitui boa fonte de proteína quando complementado com quantidades similares de proteínas de leguminosas (Naves et al., 2004), ou com quantidades menores de proteínas de origem animal (Hernández et al., 1996), como recomendado em uma dieta saudável.



Em última análise, é importante ressaltar que o arroz, em geral, possui um perfil de aminoácidos essenciais mais adequado em termos nutricionais que o de outros cereais, como o milho e o trigo (Tabela 1.2), e que o perfil mais comumente encontrado é suficiente para atender as necessidades de aminoácidos essenciais de indivíduos adultos (OMS, 1985). Ademais, a utilização biológica de proteínas da dieta depende de outros fatores além da qualidade protéica. Dentre eles, destaca-se a ingestão energética (calórica) e, em especial, o balanço energético (OMS, 1985). Devido à significativa contribuição do arroz para o aporte de energia, sua proteína pode ser "poupada" como substrato energético e utilizada totalmente para suprir as necessidades protéicas endógenas. Isto é particularmente importante em situações onde a ingestão protéica está limitada.

**Tabela 1.2.** Conteúdo em aminoácidos essenciais do arroz polido, arroz integral, milho, trigo e padrão de referência (mg aminoácido/g proteína).

Aminoácido	Arroz ( <i>Oryza</i> spp.)		Milho	Trigo	Padrão OMS <sup>(2)</sup>
	polido (6,7%, N x 5,95) <sup>(1)</sup>	integral (7,5%, N x 5,95)	( <i>Zea mays</i> ) (9,5%, N x 6,25)	( <i>Triticum</i> spp.) (12,2%, N x 5,83)	
Histidina	25	26	27	25	19
Isoleucina	44	40	37	35	28
Leucina	86	86	125	72	66
Lisina	38	40	27	31	58
Metionina + Cistina	38	36	35	43	25
Fenilalanina + Tirosina	85	91	87	80	63
Treonina	35	41	36	31	34
Triptofano <sup>(3)</sup>	14	13	7	12	11
Valina	61	58	48	47	35
<b>Total</b>	<b>426</b>	<b>431</b>	<b>429</b>	<b>376</b>	<b>339</b>
EAE (%) <sup>(4)</sup>	66	69	47	53	100

<sup>(1)</sup> Teor protéico e fator de conversão de nitrogênio em proteína.

<sup>(2)</sup> Necessidade de aminoácidos essenciais de crianças em idade pré-escolar, OMS (1985).

<sup>(3)</sup> Determinado por método microbiológico para o arroz e o trigo, e por método químico para o milho.

<sup>(4)</sup> Escore de aminoácido essencial - proporção do aminoácido mais limitante (lisina) em relação ao padrão.

Fonte: FAO (1970).

## Lipídios

A concentração de lipídios no arroz polido é muito baixa, em geral menor que 1% (Tabela 1.1). O grão integral pode conter até 3% visto que cerca de 80% do lipídio do grão se encontram em suas camadas



periféricas, incluindo o germe (Taira, 1995). O farelo de arroz, por sua vez, contém quantidades significativas de lipídios, cerca de 20% (Houston, 1972; Universidade de São Paulo, 2004). Dessa forma, as quantidades de lipídios presentes no grão, sobretudo do arroz polido, são irrisórias considerando-se uma ingestão média diária de aproximadamente 80 g do nutriente (29% de 2500 kcal).

Em função da localização dos lipídios no grão de arroz, a grande maioria é constituída de lipídios não-ligados ao amido, mais facilmente extraídos que os lipídios ligados ao amido no endosperma. Os valores de lipídios descritos em tabelas de composição de alimentos (Watt & Merrill, 1975; IBGE, 1999; Philippi, 2002), assim como na literatura em geral, correspondem aos lipídios não-ligados, ou lipídios livres e denominados de "gordura bruta" (Taira, 1995).

Apesar dos baixos teores de gordura do arroz, esta é rica em ácidos graxos insaturados - oléico (C18:1) e linoléico (C18:2) (Taira, 1995; Zhou et al., 2003). Por isso mesmo, o arroz é considerado um alimento saudável e recomendável para o consumo de indivíduos de sociedades típicas ocidentais, incluindo as de países em desenvolvimento como o Brasil, devido à elevada prevalência de obesidade e doenças cardiovasculares nessas populações (Sichieri et al., 2000). Vale lembrar que o arroz cozido absorve grande parte, até cerca de 90%, do óleo usado em seu preparo (Silva et al., 2004). Assim, o tipo, a qualidade e a quantidade do óleo de cocção devem ser considerados no contexto da dieta.

## Fibras

Da mesma forma que acontece para os lipídios, a maioria das fibras do grão de arroz é perdida no processo de polimento (Tabela 1.1). Contudo, a quantidade de fibra alimentar restante no arroz polido pode ser considerável para um consumo diário recomendável de pelo menos 20 g (Vannucchi et al., 1990; World Health Organization, 2003). Vale esclarecer que, em geral, na literatura são descritos valores de "fibra bruta" (método químico), conforme mostrado na Tabela 1.1. Esses valores são bastante subestimados em relação aos de fibra alimentar, ou fibra da dieta, cuja metodologia de análise (enzimática) permite recuperar frações fibrosas não detectadas pelo método tradicional. O termo fibra alimentar inclui carboidratos não-digeríveis e lignina. As fibras podem ser solúveis, como pectina solúvel, gomas, mucilagens e hemicelulose solúvel, e insolúveis, como celulose, algumas hemiceluloses, pectina insolúvel e lignina, sendo que as duas frações apresentam diferentes efeitos fisiológicos (Vannucchi et al., 1990).



Em termos de fibra alimentar total, são indicados, em tabelas de composição de alimentos disponíveis no Brasil, valores de 1,3 e 3,5% (Phipippi, 2002) e de 1,7% e 3,0% (Universidade de São Paulo, 2004) para arroz polido e arroz integral, respectivamente. O arroz polido contém principalmente hemicelulose e pectina, e o integral, hemicelulose, pectina e celulose (Mendez et al., 1995).

Sendo assim, o arroz pode contribuir para o consumo de uma dieta adequada em fibras e à base de alimentos de origem vegetal, recomendações que fazem parte de guias ou normas de uma boa alimentação. Esses instrumentos são usados na orientação alimentar de populações freqüentemente expostas a fatores de risco para doenças crônicas não-infecciosas, entre os quais destaca-se a alimentação típica ocidental (Sichieri et al., 2000; World Health Organization, 2003).

### Vitaminas e minerais

As vitaminas do arroz mais estudadas e relatadas na literatura são a tiamina (B1), a riboflavina (B2) e a niacina. Dentre essas, a niacina e a tiamina são, provavelmente, as mais importantes. Como essas vitaminas estão mais concentradas nas camadas periféricas do grão, incluindo o germe, existem diferenças consideráveis em seus teores no arroz integral em relação ao arroz polido (Tabela 1.1).

As doses de ingestão recomendadas para tiamina, riboflavina e niacina são 0,4 mg, 0,6 mg e 7,0 mg por 1000 kcal por dia, respectivamente, segundo a Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (Vannucchi et al., 1990). Considerando-se uma ingestão diária de 150 g de arroz integral em uma dieta de 2500 kcal, o arroz perfaz aproximadamente 50% das recomendações de tiamina e 40% das de niacina, e o arroz polido, 11% e 14%, respectivamente. No caso da riboflavina, essa contribuição seria abaixo de 10%, inclusive para o arroz integral. Assim, a tiamina e a niacina presentes no arroz têm maior importância na nutrição e saúde dos indivíduos, em especial no caso de populações pobres que consomem dietas à base de arroz polido.

Os teores de vitaminas hidrossolúveis variam muito em função das condições de cultivo e de preparo do arroz para consumo (Grist, 1975; Taira, 1995). Contudo, as diferenças varietais são as mais relevantes. Segundo um levantamento do IRRI, em 79 variedades de arroz integral, analisado em base seca, o conteúdo de tiamina variou de 0,12 a 1,74 mg 100 g<sup>-1</sup> (média= 0,46 mg 100 g<sup>-1</sup>) e em 30 variedades do IRRI, os teores encontrados oscilaram entre 0,28 e 0,52 mg 100 g<sup>-1</sup>. Da mesma forma, para a riboflavina e a niacina foram observadas grandes



faixas de variação, de 0,01 a 0,45 mg 100 g<sup>-1</sup> (média= 0,09 mg 100 g<sup>-1</sup>) e de 1,97 a 9,22 mg 100 g<sup>-1</sup> (média= 5,32 mg 100 g<sup>-1</sup>), respectivamente (Kennedy & Burlingame, 2003).

O arroz integral também contém quantidades apreciáveis de vitamina B6 ou piridoxina (0,51 mg 100 g<sup>-1</sup>) e de ácido pantotênico, 1,49 mg 100 g<sup>-1</sup>. Por outro lado, não contém vitamina C e vitaminas lipossolúveis, com exceção da vitamina E (Philippi, 2002).

Quanto aos minerais, merecem destaque o ferro e o zinco, considerando-se o papel relevante deles na nutrição e saúde de indivíduos e populações. Além disso, a contribuição do arroz para o aporte total de ferro e zinco pode ser razoável em dietas deficientes nesses nutrientes. Em situações como a encontrada no Brasil, onde o arroz é um alimento de consumo tradicional e generalizado e a anemia por deficiência de ferro é muito comum, atingindo especialmente crianças menores de dois anos, o cereal e seus derivados podem constituir-se em fonte de ferro ou mesmo importante veículo do mineral (Torres & Queiroz, 2000). Como exemplos disso, têm-se a fortificação e a transformação genética do grão de arroz, visando a aumentar seu conteúdo em ferro.

O ferro e o zinco estão presentes no arroz em quantidades similares entre si e bem menores no grão polido (Tabela 1.1). Como observado para outros nutrientes, as concentrações de ferro e zinco do arroz podem oscilar consideravelmente conforme a variedade. Segundo dados do IRRI relativos a 95 variedades, os teores de ferro no arroz integral variaram entre 0,70 e 6,35 mg 100 g<sup>-1</sup> (média= 2,28 mg 100 g<sup>-1</sup>) e o conteúdo de zinco em 50 variedades foi de 0,79 a 5,89 mg 100 g<sup>-1</sup> (média= 3,34 mg 100 g<sup>-1</sup>), sendo esses valores em base seca (Kennedy & Burlingame, 2003).

O conceito de biodisponibilidade de nutrientes, que envolve aspectos quantitativos (teor do nutriente) e qualitativos (utilização biológica), é muito importante para a análise do valor nutritivo dos minerais presentes nos alimentos. No caso do ferro não-heme, forma de ferro presente nos alimentos de origem vegetal, a biodisponibilidade é muito variável e bastante afetada pelos fatores da dieta, que podem inibir, fitatos e taninos, ou favorecer (ácido ascórbico, tecido muscular) a absorção do mineral (Almeida & Naves, 2002). Em uma dieta à base de alimentos de origem vegetal e contendo pequenas quantidades de carne, incluindo todos os tipos de carne e vísceras, e fonte de vitamina C, estima-se que a taxa de absorção de ferro seja em média de 10% (biodisponibilidade intermediária). Nessas condições, recomenda-se uma ingestão em torno



de 10 mg dia<sup>-1</sup> de ferro para um indivíduo adulto do sexo masculino. Porém, se a dieta for de baixa biodisponibilidade, a porcentagem de absorção de ferro reduz em média para 5% e, portanto, a recomendação de ingestão do mineral duplica (FAO, 1988). As doses recomendadas de ingestão de zinco são, em geral, próximas às de ferro. Sendo assim, a contribuição do arroz integral, e mesmo do arroz polido, para o aporte adequado desses minerais, dependerá muito da natureza da dieta.

O efeito negativo do fitato sobre a absorção de ferro e zinco pode ser minimizado por meio de tratamento térmico (Agte et al., 1999), ou mesmo pode ser anulado, assim como o de polifenóis sobre a absorção do ferro, quando quantidades apreciáveis de vitamina C estão presentes em uma mesma refeição (Siegenberg et al., 1991). Além disso, no arroz integral, as maiores quantidades dos minerais podem compensar a grande concentração de fitato, em relação ao grão polido. Conforme demonstrado por Hunt et al. (2002), o arroz integral apresentou maiores teores de zinco biodisponível (2,1 mg 100 g<sup>-1</sup>) que o polido (1,5 mg 100 g<sup>-1</sup>).

## RECOMENDAÇÕES DE CONSUMO

O arroz, que há cerca de um século faz parte dos hábitos alimentares do brasileiro, é considerado um alimento básico e essencial para o consumo de uma dieta saudável, como fonte primariamente de energia advinda de carboidratos complexos, além de fonte protéica. Por conseguinte, seu consumo diário está recomendado em todas as normas e guias alimentares para a população brasileira. As recomendações visam, de uma forma geral, a manutenção da massa saudável e a prevenção de doenças crônicas não-infecciosas, especialmente obesidade e doenças cardiovasculares, devido ao papel relevante da dieta na prevenção e no controle dessas doenças (World Health Organization, 2003). Assim, a Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (Vannucchi et al., 1990) recomenda, em suas dez normas de boa alimentação, "use alimentos locais, tais como arroz, feijão, farinhas, pão e leite, como base de suas refeições". Sichieri et al. (2000), nas recomendações de alimentação e nutrição saudável para a população brasileira, preconizam o consumo diário de arroz e feijão, acompanhados de legumes e vegetais folhosos. Além disso, Oliveira et al. (2002), recomendam "coma alimentos essenciais como arroz e feijão", dentre nove normas alimentares básicas.

Portanto, o arroz é um alimento que pode ser consumido diariamente, em uma diversidade enorme de formas de preparo e



associado aos mais diversos tipos de alimentos, como carnes, ovos, leguminosas e hortaliças, enriquecendo assim a qualidade nutricional da dieta. Considerando-se que o Brasil figura entre os dez maiores produtores mundiais de arroz e que o cereal constitui um alimento saudável, é de suma importância a preservação do hábito de ingestão diária de arroz, assim como o incentivo ao seu consumo em nosso país. Nesse contexto, o arroz agrega valores nutricionais e culturais inquestionáveis, contribuindo para uma alimentação e nutrição adequadas.

## REFERÊNCIAS

AGTE, V. V.; TARWADI, K. V.; CHIPLONKAR, S. A. Phytate degradation during traditional cooking: significance of the phytic acid profile in cereal-based vegetarian meals. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 12, n. 3, p. 161-167, Sept. 1999.

ALMEIDA, L. C. M.; NAVES, M. M. V. Biodisponibilidade de ferro em alimentos e refeições: aspectos atuais e recomendações alimentares. **Pediatria Moderna**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 272-278, jun. 2002.

FAO. **Amino-acid content of food and biological data on proteins**. Rome, 1970. 285 p. (FAO Nutritional Studies, 24).

FAO. **Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B<sub>12</sub>**: report of a joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome, 1988. 107 p. (FAO Food and Nutrition Series, 23).

FAO. **Rice around the world**. Disponível em: <<http://www.fao.org/rice2004>>. Acesso em: 02 jul. 2004.

GRIST, D. H. **Rice**. 5. ed. London: Longman, 1975. p. 449-472.

HERNÁNDEZ, M.; MONTALVO, I.; SOUSA, V.; SOTELO, A. The protein efficiency ratios of 30:70 mixtures of animal: vegetable protein are similar or higher than those of animal foods alone. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 126, n. 2, p. 574-581, Feb. 1996.

HOUSTON, D. F. Rice bran and polish. In: HOUNSTON, D. F. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p. 272-300.

HUNT, J. R.; JOHNSON, L. K.; JULIANO, B. O. Bioavailability of zinc from cooked Philippine milled, undermilled, and brown rice, as assessed in rats by using growth, bone zinc, and zinc-65 retention. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 18, p. 5229-5235, Aug. 2002.

IBGE. **Tabelas de composição de alimentos**. 5. ed. Rio de Janeiro, 1999. 137 p. (Estudo Nacional da Despesa Familiar).

JOSEPH, E.; SWANSON, B. G. Growth and nitrogen retention of rats fed bean (*Phaseolus vulgaris*) and bean and rice diets. **Food Research International**, Ottawa, v. 26, n. 4, p. 261-269, 1993.





- JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. p. 35-59.
- KENNEDY, B. M. Nutritional quality of rice endosperm. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice: production and utilization**. Westport: AVI, 1980. p. 439-469.
- KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n. 4, p. 589-596, Apr. 2003.
- LUH, B. S.; MICKUS, R. R. Parboiled rice. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice: production and utilization**. Westport: AVI, 1980. p. 501-542.
- MACLEAN, J. L.; DAWE, D. C.; HARDY, B.; HETTEL, G. P. **Rice almanac: source book for the most important economic activity on earth**. 3.ed. Manila: IRRI: WARDA: CIAT: FAO, 2002. 253 p.
- MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R.; FERNANDES, M. L. **Tabela de composição de alimentos**. Niterói: EDUFF, 1995. 41 p.
- NAVES, M. M. V.; SILVA, M. S.; CERQUEIRA, F. M.; PAES, M. C. D. Avaliação química e biológica da proteína do grão em cultivares de milho de alta qualidade protéica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 2004.
- OLIVEIRA, J. E. D. de; MOREIRA, E. A. M.; PORTELLA, O.; BEREZOVSKY, M. W. **Normas e guias alimentares para a população brasileira: delineamentos metodológicos e critérios técnicos**. São Paulo: Instituto Danone, 2002. 182 p.
- OMS. **Necesidades de energía y de proteínas**: Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de Expertos. Ginebra, 1973. 138 p. (OMS. Série de Informes Técnicos, 522).
- OMS. **Necesidades de energía y de proteínas**: Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU. Ginebra, 1985. 221 p. (OMS. Série de Informes Técnicos, 724).
- PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos**: suporte para decisão nutricional. 2. ed. São Paulo: Coronário, 2002. 107 p.
- SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**: propriedades-degradações-modificações. São Paulo: Varela, 1996. p.139-257.
- SICHERI, R.; COITINHO, D. C.; MONTEIRO, J. B.; COUTINHO, W. F. Recomendações de alimentação e nutrição saudável para a população brasileira. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 44, n. 3, p. 227-232, jun. 2000.
- SIEGENBERG, D.; BAYNES, R. D.; BOTHWELL, T. H.; MACFARLANE, B. J.; LAMPARELLI, R. D.; CAR, N. G.; MACPHAIL, P.; SCHMIDT, U.; TAL, A.; MAYET, F. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 53, n. 2, p. 537-541, Feb. 1991.
- SILVA, M. R.; MIRANDA, M. Z. de; SILVA, P. R. M. da; XAVIER, S. da C. Absorção de óleo de soja e sódio em arroz e feijão preparados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 21-27, jan./abr. 2004.
- SINGH, A.; GUPTA, D. K.; PANDEY, J. P. Interrelationship between protein content and degree of polish of milled rice. **International Rice Research Notes**, Manila, v. 26, n. 2, p. 27-28, Dec. 2001.



SOTELO, A.; HERNANDEZ, M.; MONTALVO, I.; SOUSA, V. Amino-acid content and protein biological evaluation of 12 Mexican varieties of rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, n. 6, p. 605-609, Nov./Dec. 1994.

TAIRA, H. Grain quality: physicochemical properties and quality of rice grains. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center, 1995. v. 2, p. 1063-1089.

TORRES, M. A. A.; QUEIROZ, S. S. Prevenção da anemia ferropriva em nível populacional: uma revisão da literatura dos últimos quinze anos. **Nutrire**, São Paulo, v. 19/20, p. 145-164, 2000.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>>. Acesso em: 06 jun. 2004.

VANNUCCHI, H.; MENEZES, E. W.; CAMPANA, A. O.; LAJOLO, F. M. **Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição, 1990. 156 p. (Cadernos de Nutrição, 2).

WATT, B. K.; MERRILL, A. L. **Composition of foods**: raw, processed, prepared. Washington: USDA, 1975. 147 p. (USDA. Agriculture Handbook, 8).

WHITNEY, E. N.; ROLFES, S. R. **Understanding nutrition**. Belmont: ITP, 1999. p. H-1-H-89.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva, 2003. 149 p. (WHO Technical Report Series, 916).

WYATT, C. J.; TRIANA-TEJAS, A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in northern Mexico. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 10, p. 2204-2209, Oct. 1994.

YOUNG, V. R.; PELLETT, P. L. Plant proteins in relation to human protein and amino-acid nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 59, n. 5, p. 1203S-1212S, May 1994. Suplemento.

ZHAI, CK.; LU, C.M.; ZHANG, X.Q.; SUN, G.J.; LORENZ, K.J. Comparative study on nutritional value of Chinese and North America wild rice. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 14, n. 4, p. 371-382, Aug. 2001.

ZHOU, Z.; BLANCHARD, C.; HELLIWELL, S.; ROBARDS, K. Fatty acid composition of three rice varieties following storage. **Journal of Cereal Science**, London, v. 37, n. 3, p. 327-335, May 2003.



# Bioquímica e Saúde Humana

*Priscila Zaczuk Bassinello; Maria Margareth Veloso Nunes*

**RESUMO** - Os componentes bioquímicos do arroz, além de participarem de funções metabólicas no grão e produzirem efeitos ao organismo humano, podem ser modificados ou afetados por condições de processamento, armazenamento ou manipulações diversas com vantagens ou não à saúde humana. O amido do arroz é constituído por duas frações, amilopectina e amilose, cuja proporção, comprimento das cadeias e a distribuição espacial das moléculas influenciam profundamente as propriedades físico-químicas do amido e, por consequência, a qualidade de cocção e/ou palatabilidade do arroz. O amido não digerido no intestino delgado é chamado de amido resistente e apresenta os mesmos efeitos funcionais da fibra alimentar, podendo ser encontrado no arroz parboilizado. A proteína do arroz é constituída por diferentes frações conforme sua solubilidade. O aumento no teor de proteína do arroz, por influência genética ou ambiental, resulta em aumento, sobretudo, da fração glutelina no grão. As duas frações protéicas de reserva, prolaminas e glutelinas, perfazem a maior parte das proteínas em praticamente todos os cereais. As frações de albumina e globulina definidas em gel de amido, bem como as glutelinas em eletroforese dissociante, podem ser usadas na identificação varietal de arroz. A composição e o conteúdo lipídico do arroz podem variar de acordo com os procedimentos de extração e purificação e, numa menor extensão, conforme a variedade das amostras. A qualidade lipídica do produto pode direcionar diferentes aplicações tecnológicas e o arroz, mais especificamente seu óleo, apresenta variabilidade no perfil de lipídios. Discute-se também a questão da biodisponibilidade dos minerais para adequação nutricional e o papel do fitato nessa questão, bem como as principais estratégias de melhoramento genético do arroz e da biotecnologia para sanar ou aliviar os maiores problemas de saúde pública. A manipulação genética, visando a produção de alimentos de melhor valor nutritivo, é um campo de estudo promissor para a saúde humana. A recente descoberta da sequência do genoma do arroz poderá acelerar esse processo. Neste capítulo, são abordados aspectos bioquímicos dos diferentes componentes do grão de arroz e sua relação com a saúde humana. Também se discutem alguns avanços conquistados com a biotecnologia na obtenção de produtos específicos com propriedades de interesse nutricional e/ou funcional.

## INTRODUÇÃO

O arroz constitui um dos cereais que assume importante contribuição na alimentação diária da população mundial, especialmente de povos carentes de países pobres da Ásia. Somado à sua versatilidade de formas de preparo e aplicações tecnológicas,



incluindo seus subprodutos, traduz-se em um produto de grande interesse tecnológico, além do potencial em atender demandas de saúde pública. Assim sendo, destacam-se, neste capítulo, aspectos bioquímicos dos diferentes componentes do grão de arroz e sua relação com a saúde humana. Também se discutem alguns avanços conquistados com a ferramenta da biotecnologia na obtenção de produtos específicos com propriedades de interesse nutricional e/ou funcional.

Considerando-se que a concentração geralmente limitada e a baixa biodisponibilidade de nutrientes em alimentos básicos, pesquisas estão sendo conduzidas no sentido de entender e manipular as vias metabólicas de micronutrientes, a fim de aumentar a qualidade nutricional dos produtos alimentares. A biotecnologia objetiva o uso de plantas como “biofábricas” para a produção de alimentos fortificados do ponto de vista nutricional. Desse modo, essa ferramenta pode ser empregada para combater carências nutricionais como a de vitamina A, e também para fornecer novos componentes aos grãos, como por exemplo os fitosteróis, que têm o potencial de reduzir de 10 a 15% o colesterol em humanos (Costa & Liberato, 2003).

Os alimentos não são mais vistos meramente como meio de se saciar a fome, mas também de prevenir doenças causadas pela dieta deficiente e de prover o ser humano dos nutrientes necessários à construção, à manutenção e ao reparo de tecidos, como água, proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, minerais e fibras. Nas últimas décadas, retomou-se o conceito de alimentos como fonte de saúde e bem-estar e a dieta balanceada, vem sendo reconhecida como um meio de prevenção de diversas doenças crônicas não-transmissíveis, como câncer, doenças cardiovasculares, osteoporose, artrite e degeneração macular relacionada com a idade (Costa & Borém, 2003). Além dos alimentos tradicionais da dieta básica, incluem os alimentos integrais, fortificados, enriquecidos ou melhorados que causam efeitos potencialmente benéficos à saúde quando consumidos regularmente como parte de uma dieta variada.

O arroz constitui um alimento com grande potencial de emprego na alimentação humana e em diferentes aplicações industriais de diversos segmentos, como as áreas das ciências farmacêuticas e tecnologia de alimentos. As perspectivas de fortificação e/ou biofortificação do arroz com componentes de interesse para a saúde das populações, bem como as estratégias de engenharia genética devem ser valorizadas e incentivadas em nosso meio, considerando-se, particularmente, o hábito alimentar do brasileiro e a importância socioeconômica da cultura para o país.



## CARBOIDRATOS

Os carboidratos complexos encontrados no arroz por serem de absorção lenta, são capazes de prover o organismo com energia por períodos prolongados. Além disso, carboidratos complexos, como o amido, são recomendados para substituir a ingestão de açúcares e gorduras, respeitando-se a devida proporção entre os macronutrientes da dieta (World Health Organization, 2003), e assim diminuir os riscos de cardiopatias e diabetes (Juliano & Goddard, 1986). Uma outra importante função dos carboidratos na dieta refere-se a sua grande contribuição no aporte energético e, por conseguinte, seu papel relevante na preservação das proteínas na sua primordial função plástica.

O amido do arroz é constituído por duas frações: a amilopectina, formada por cadeias curtas de ( $\alpha$ -1,4)-D-glucosil com 5-6% de ligações  $\alpha$ -1,6 distribuídas; e uma fração linear, a amilose, formada por unidades ( $\alpha$ -1,4)-D-glucopiranosil (Vandeputte et al., 2003). A proporção entre as duas frações, amilose e amilopectina, o comprimento das cadeias e a distribuição espacial das moléculas dos polissacarídeos, influenciam profundamente as propriedades físico-químicas do amido e, por conseqüência, a qualidade de cocção e/ou palatabilidade (textura) do arroz cozido (Juliano, 1985; Ramesh et al., 1999).

Durante o cozimento, o teor de amilose determina a absorção de água, expansão do volume e o teor de sólidos solúveis. Após o cozimento, afeta a cor, o brilho, a coesividade e dureza do arroz. Grãos cozidos contendo amido com teores de amilose acima de 25% são secos e soltos, enquanto aqueles com amilose abaixo desse valor tendem a ser pegajosos e mais úmidos (Juliano, 1984). Como o teor de amilose é o principal fator que afeta a qualidade de cocção e sensorial do arroz polido, grande empenho vem sendo direcionado para o desenvolvimento de métodos de identificação e quantificação de amilose. Em geral, o amido de arroz contém desde teores muito baixos de amilose, 0-9%, baixos, 9-20%, intermediários, 20-25%, até altos níveis, 25-33%. Outras classificações dos amidos baseiam-se em apenas três níveis de amilose: ceroso, *waxy*: 0-9%, normal, 9-30% e alto, > 30%. O teor de amilose do grão longo de arroz varia de 23 a 26%, enquanto nos grãos médios varia de 15 a 20% e, nos curtos, de 18 a 20%.

O conteúdo de amilose parece influenciar também no índice glicêmico (IG) do alimento e, portanto, tem implicações na saúde humana. O IG é uma escala subjetiva que mede a velocidade com que o alimento aumenta a taxa de açúcar no sangue, quando comparado com a glicose



ou o pão branco, padrão para índice de 100. Por isso, é muitas vezes usado para formular dietas especiais para pessoas obesas e diabéticas (Kennedy & Burlingame, 2003).

A ausência de glúten na composição do arroz também é um fator de interesse nas formulações de produtos direcionados, por exemplo, a pessoas alérgicas a essa substância (celíacos).

Nas últimas décadas, tem crescido muito o interesse pelo estudo do conteúdo de fibra dos alimentos, bem como dos efeitos de sua ingestão pelo ser humano. Dietas pobres em fibras freqüentemente estão associadas a doenças coronarianas, diabetes, afecções diverticulares e câncer de cólon, assim como a uma série de outros distúrbios do trato gastrointestinal. Isso tem estimulado a comunidade científica a examinar o papel das fibras na nutrição e na saúde humanas.

Segundo o Institute of Medicine (2001), a fibra alimentar é constituída de carboidratos não-digeríveis e de lignina, que são intrínsecos a ela e se encontram intactos nas plantas. Já a fibra adicionada à dieta (extrínseca) consiste em carboidratos não-digeríveis que desempenham efeitos fisiológicos benéficos ao ser humano. Por sua vez, a fibra total é a soma da fibra alimentar com a adicionada. As fibras podem ser solúveis e insolúveis ou viscosas e não-viscosas ou, ainda, fermentáveis e não-fermentáveis. Em geral, as fibras estruturais, como celulose, lignina e algumas hemiceluloses, são insolúveis, não-viscosas e não-fermentáveis. Em contraste, pectinas, gomas, mucilagens e as demais hemiceluloses são solúveis, viscosas e fermentáveis. Entretanto, há exceção, como a goma-arábica, que é solúvel, porém não-viscosa. A fibra de farelo de arroz contém celulose, hemicelulose, pectina e, em menor proporção, lignina (Mendez et al., 1995).

Em alguns alimentos crus, como a batata, os grânulos de amido são de difícil digestão devido à conformação cristalina e ao fato de estarem incluídos na estrutura celular. Com o aquecimento, os cristais se rompem e se dissolvem em água, e é possível que sejam prontamente digeridos pelas amilases, enzimas hidrolíticas. Ao passarem por resfriamento, as moléculas de amido podem novamente se cristalizar (retrogradar), formando estruturas não-digeríveis. O amido não digerido no intestino delgado é chamado de amido resistente e entra na definição de fibra alimentar e, portanto, traz os mesmos efeitos funcionais. Pode ser formado durante alguns processamentos de alimentos e é encontrado no arroz parboilizado, dado o tratamento hidrotérmico a que foi submetido.



## PROTEÍNAS

Apesar das maiores variações no teor protéico serem ocasionadas por diferenças varietais (Kennedy & Burlingame, 2003), o conteúdo de proteína é grandemente influenciado pelo ambiente. Altos níveis de radiação solar, durante o período de maturação, diminuem o teor de proteína do grão e, sob condições tropicais, esse teor é geralmente menor na temporada seca que na temporada úmida (Gomez & De Datta, 1975; Nanda & Coffman, 1979). Da mesma forma, o manejo da cultura afeta o acúmulo de proteína na cariopse e a literatura disponível a esse respeito relata que a baixa densidade de semeadura, a maior disponibilidade de nitrogênio no solo, o controle adequado de doenças e um bom manejo de água contribuem para aumentar o teor protéico do arroz (De Datta et al., 1972; Gomez & De Datta, 1975; Gomez, 1979). O conteúdo protéico do arroz polido pode ser influenciado ainda pelo tipo e quantidade de fertilizante aplicado na lavoura, pelo estágio de maturação do grão e pelo grau de polimento do grão no beneficiamento (Simpson et al., 1965).

A proteína do arroz é constituída por diferentes frações protéicas, presentes no arroz polido nas seguintes proporções: 5% de albumina, solúvel em água; 10% de globulina, solúvel em soluções salinas; 5 a 8% de prolamina, solúvel em soluções alcoólicas; e 70 a 80% de glutelina, solúvel em soluções ácidas e alcalinas. O aumento no teor de proteína do arroz, por influência genética ou ambiental, resulta em aumento, sobretudo, da fração glutelina no grão. Como essa fração contém menores teores de lisina, aminoácido essencial, em relação à albumina (Tabela 2.1), o aumento da concentração protéica causa, em geral, uma redução na proporção de lisina na proteína do arroz (Taira, 1995; Sgarbieri, 1996).

As duas frações protéicas de reserva, prolaminas e glutelinas, perfazem a maior parte das proteínas em todos os cereais, exceto para aveia, em que as globulinas têm um importante papel. Em geral, proteínas de reserva constituem 85-90% das proteínas do arroz (principalmente glutelinas ou orizeínas). Arroz e aveia possuem a menor quantidade de prolamina entre os cereais como milho, trigo e cevada (Chung & Pomeranz, 1985), e essas prolaminas possuem os menores valores de prolina. Poucas variações nos padrões de glutelinas foram observados por Villareal & Juliano (1978) em diversas variedades de arroz polido. Damardjati et al. (1985) encontraram praticamente idênticos padrões eletroforéticos da proteína total extraída de um número limitado de arrozes da Indonésia. Entretanto, algumas diferenças foram observadas nos padrões eletroforéticos preparados com proteínas de arroz solúveis em soluções salinas (globulinas) (Sarkar & Bose, 1984).





**Tabela 2.1.** Composição de aminoácidos das frações protéicas solúveis de arroz.

Aminoácido (g/16 g N) <sup>(4)</sup>	Arroz Polido <sup>(1)</sup>				Arroz Integral <sup>(2)</sup>		
	Glutelina	Albumina	Globulina	Prolamina	Glutelina	Albumina e Globulina	Prolamina
Isoleucina	3,7	3,9	2,9	4,5	4,5	3,1	4,9
Leucina	7,7	7,5	6,3	10,8	7,5	6,3	11,8
Lisina	3,0	4,7	2,4	0,5	3,3	4,6	0,3
Metionina	1,5	2,4	2,2	0,5	1,3	2,3	0,8
Cisteína	1,0	2,8	0,0	0,3	1,2	3,1	1,8
Fenilalanina	5,3	2,9	3,1	6,0	5,9	3,6	6,0
Tirosina	5,2	3,7	4,8	8,3	4,9	4,0	8,4
Treonina	3,4	4,4	2,8	2,3	3,6	3,8	2,4
Triptofano	1,5	1,8 <sup>(3)</sup>	1,2 <sup>(3)</sup>	0,9 <sup>(3)</sup>	1,1 <sup>(3)</sup>	1,4	0,9
Valina	4,9	8,3	5,9	6,0	6,2	5,4	5,0
Total	37,2	42,4	31,6	40,8	39,5	37,6	42,3

<sup>(1)</sup> Segundo Tecson et al. (1971).

<sup>(2)</sup> Segundo Palmiano et al. (1968).

<sup>(3)</sup> Segundo Juliano (1972a).

<sup>(4)</sup> Equivalente a g/100g proteína.

Fonte: Adaptada de Lookhart (1991).

As frações de albumina e globulina definidas em gel de amido, bem como as glutelinas em eletroforese dissociante (SDS-PAGE), podem ser usadas na identificação varietal de arroz. Vários métodos têm sido desenvolvidos para a identificação de variedades de arroz com cada grupo de proteínas (Kim & Jo, 1983). É importante ressaltar que nenhum sistema ou fração protéica será suficiente para identificar todas as variedades.

A melhoria do valor nutricional de alimentos de origem vegetal tem sido objeto de programas de melhoramento de plantas há décadas, enfocando o aumento do teor de aminoácidos limitantes da utilização biológica de proteínas. As proteínas dos cereais são normalmente pobres em certos aminoácidos essenciais. No arroz, a lisina é o aminoácido mais limitante. A introdução de dois genes de bactérias que codificam enzimas no DNA de sementes de canola e milho, promoveu um aumento significativo de lisina (Datta & Bouis, 2000). Essa mesma abordagem pode ser adotada com o arroz. A manipulação genética terá um impacto enorme no melhoramento de alimentos para a saúde humana. A recente descoberta da seqüência do genoma do arroz poderá acelerar a identificação do gene correspondente à lisina e, conseqüentemente, o melhoramento da cultura.



Além dos aminoácidos, peptídeos provenientes de proteínas do arroz e de milho, gelatina, caseína bovina, sardinha e atum, igualmente têm sido investigados por conta de sua propriedade anti-hipertensiva, uma vez que inibem a conversão de angiotensina I em angiotensina II (Clare & Swaisgood, 2000). Esses peptídeos são formados naturalmente pela digestão das proteínas no trato gastrointestinal, como também podem derivar do processamento térmico, ácido ou alcalino das proteínas ou, ainda, da fermentação microbiana. Muitos desses peptídeos e aminoácidos exercem efeitos fisiológicos, quando ingeridos em grandes quantidades. Portanto, seu uso seria mais aplicável como suplemento ou nutracêutico (Goldberg, 1994). Vale esclarecer que há uma diferença de conceito entre alimento funcional e nutracêutico adotada atualmente em nosso meio. O alimento funcional inclui alimentos integrais, fortificados, enriquecidos ou melhorados que causam efeitos potencialmente benéficos à saúde, quando consumidos regularmente como parte de uma dieta variada e em níveis fisiológicos. Já os nutracêuticos têm sido recentemente reconhecidos como suplementos dietéticos que fornecem, de forma concentrada, um agente presumidamente bioativo de um alimento, presente na matriz não-alimentar e usado para melhorar a saúde, em dosagens que excedem aquelas que podem ser obtidas de um alimento normal (Costa, 2003).

## LIPÍDIOS

Os lipídios estão presentes em baixas concentrações nos grãos de cereais em relação aos demais macronutrientes. Entretanto, devem ser levados em consideração quando se discutir nutrição, armazenamento do grão, processamento, tais como, polimento seco ou úmido, fermentação, panificação, cozimento e extrusão.

A composição e o conteúdo lipídico do arroz podem variar de acordo com os procedimentos de extração e purificação, como o meio extrator, o tempo e a temperatura de extração, os equipamentos, a razão entre solvente e soluto e o método de purificação, entre outros. Em menor extensão, podem variar em função da amostra, do tamanho da partícula, do conteúdo de umidade, de diferenças varietais e de classes, de condições de maturação do grão, etc. Isso dificulta a comparação de dados do teor e tipos de lipídios do arroz relatados por diferentes pesquisadores.

Por definição, os lipídios livres são a porção facilmente extraída com solventes apolares como éter de petróleo, hexano, dietiléter e outros, por extrator de Soxhlet ou agitação. Os lipídios ligados são extraídos a partir do resíduo de lipídios livres removido à temperatura



ambiente com solventes mais polares, geralmente álcool isolado ou combinado com pequena porção de outro solvente, mais comumente a água. Butanol saturado com água é considerado o sistema solvente mais eficiente; a mistura de clorofórmio e metanol (2:1; 1:1; ou 1:2 v/v) também é bastante usada. A soma dos lipídios livres e ligados constitui os lipídios totais. Os lipídios normalmente são denominados como "gordura bruta" na literatura e são obtidos por extração com éter. Esses dados são equivalentes aos teores de lipídios livres. Os lipídios livres variam de 1,5 a 2% da massa dos grãos de arroz (Chung, 1991).

Os lipídios de amido são aqueles ligados ao amido e mais dificilmente extraídos. Como estão presentes dentro dos grânulos de amido, até mesmo solventes muito polares como o butanol saturado com água, não conseguem extrai-los à temperatura ambiente. Extrações eficientes requerem misturas de álcoois hidratados quentes em proporções otimizadas para gelatinização controlada dos grânulos de amido e solubilização de lipídios (Chung, 1991).

As classes de lipídios não-amídicos de grãos de cereais podem ainda ser divididas em: lipídios não polares primeiramente eluídos com clorofórmio em cromatografia ácida; glicolipídios, com acetona; e, finalmente, os fosfolipídios, com metanol. Todos os lipídios de grãos de cereais são mais ricos em lipídios não polares do que em outras classes: 77-87% no caso do arroz (Chung, 1991).

Os lipídios de grãos de cereais são ricos em ácidos graxos insaturados e, como todos os alimentos de origem vegetal, não contêm colesterol. O ácido palmítico (C16:0) é o ácido graxo saturado presente em maior concentração, e o ácido linoléico (C18:2), o maior ácido graxo insaturado para todos os cereais, exceto para o arroz integral, em que o ácido oléico (C18:1) se destaca como principal ácido graxo insaturado. A presença de ácido palmitoléico (C16:1) e ácido eicosenóico (C20:1) normalmente é reportada, mas usualmente em níveis abaixo de 1% da composição de ácidos graxos (Chung, 1991).

As composições de ácidos graxos de classes de lipídios não-amídicos em arroz integral e suas frações beneficiadas, germe, casca, farelo, polido, são similares, que por sua vez são substancialmente diferentes dos lipídios de amido. As classes de lipídios de amido apresentam composições de ácidos graxos semelhantes entre arroz integral e polido.

As doenças cardiovasculares constituem um grande problema do mundo moderno, sendo a principal causa de morte em homens e



mulheres. Níveis altos de colesterol estão associados a essas doenças, razão pela qual alimentos relacionados com tal condição têm sido amplamente estudados e manipulados na dieta. O desestímulo ao consumo de ácidos graxos saturados vem aumentando e dando ênfase ao consumo de ácidos graxos poliinsaturados e monoinsaturados. Dentre os ácidos graxos saturados, o ácido mirístico e o palmítico provocam o maior aumento de colesterol total e LDL, lipoproteína de baixa densidade, vulgarmente conhecida como “mau colesterol”, pois diminuem o número de receptores de LDLs no fígado, reduzindo seu catabolismo, alterando a composição das LDLs e formando partículas mais aterogênicas (Costa, 2003). A substituição de ácidos graxos saturados por monoinsaturados promove aumento das HDLs, lipoproteínas de alta densidade, ou “bom colesterol”, e diminuição dos níveis séricos de LDLs e de triacilgliceróis, além de tornar as LDLs menos suscetíveis à oxidação (Yu-Poth et al., 2000). Os monoinsaturados diminuem a agregação plaquetária e aumentam a fibrinólise e o tempo de coagulação, protegendo o organismo contra a trombogênese. Dentre os ácidos graxos poliinsaturados, encontram-se os essenciais, ácidos linolênico e linoléico, que não são sintetizados pelo organismo humano, destacando-se o ômega 3 ( $\omega$ -3), ou ácido linolênico com três insaturações. Os  $\omega$ -3 geram prostaglandinas e tromboxanos da série-3 e leucotrienos da série-5, que têm efeito antitrombótico, antivasoconstritor e antiinflamatório, podendo ser encontrados no óleo de arroz (Goffman et al., 2003), que a exemplo de outros óleos vegetais, é boa fonte de tocoferóis, antioxidantes lipossolúveis com atividade de vitamina E (Hirschberg, 1999). Evidências epidemiológicas indicam que a vitamina E auxilia a função imune e previne ou torna mais lentos os processos degenerativos relacionados com a idade, como a catarata, artrite e desordens do sistema nervoso, causados por danos cumulativos dos tecidos mediados pelas espécies reativas de oxigênio.

Altos conteúdos de ácidos graxos monoinsaturados, particularmente ácido oléico, são desejáveis, uma vez que promovem uma maior estabilidade dos óleos de cozinha. Os resultados de literatura indicam a possibilidade de aumentar as concentrações de ácido oléico e reduzir ácido linoléico por meio de técnicas convencionais de melhoramento genético do arroz (Goffman et al., 2003). Linhagens com baixo teor de ácido palmítico e alto teor de ácido oléico, como a IAC 201, por exemplo, são interessantes para elaboração de óleos de cozinha ou para salada, nos quais se deseja um baixo conteúdo de saturados e elevado teor de oléico. A variação observada no conteúdo lipídico e no perfil de ácidos graxos sugere a existência de material de melhoramento disponível para modificar o conteúdo de óleo e melhorar a qualidade lipídica no farelo de arroz (Goffman et al., 2003).



## VITAMINAS E SAIS MINERAIS

Durante o beneficiamento, mais precisamente no polimento, o efeito abrasivo causa a remoção do pericarpo, de camadas do aleurona e do germe, tendo como consequência a redução drástica dos teores de vitaminas e sais minerais presentes nessas camadas que compõem o arroz integral (Juliano, 1972b; Eggum, 1979).

O grão de arroz polido pode ser enriquecido nutricionalmente, com o objetivo de restabelecer os níveis de minerais e vitaminas perdidos durante o processo de polimento do produto. Dentre os métodos tradicionais para o enriquecimento do arroz no beneficiamento figura o arroz pré-cozido, utilizando um processo de encharcamento térmico com uma solução de ácido acético e vitaminas solúveis em água, como tiamina, riboflavina, niacina e ácido pantotênico. Adicionalmente, os grãos podem ser recobertos por capas distintas de vitamina E, cálcio, ferro e um corante alimentar natural para prevenir a perda dos nutrientes durante a lavagem do produto antes do cozimento (Misaki & Yasumatsu, 1985).

Nos Estados Unidos, o arroz é enriquecido por duas formas distintas. A primeira é uma mistura em pó de tiamina, riboflavina, niacina e ferro adicionada ao arroz, com a recomendação de não lavá-lo nem escorrê-lo, após o cozimento, para evitar perdas. Uma outra forma de enriquecimento nutricional, consiste num processo conhecido na indústria americana como “premix”, onde o grão de arroz é tratado com vitaminas e sais minerais que não são perdidos durante a lavagem ou na água de cocção. Esse produto é obtido pela aplicação de uma mistura concentrada de nutrientes nos grãos, recobrando-os adicionalmente com um material aprovado para consumo alimentar, insolúvel na água. Devido à alta concentração de nutrientes, apenas pequenas porções de grãos enriquecidos são misturadas ao arroz comum. Este processo pode ser utilizado em qualquer produto comercial, inclusive no arroz parboilizado (Hoffpauer, 1992).

Vale ressaltar que os grãos, especialmente suas farinhas, podem ser enriquecidos de minerais dentro de limites pré-estabelecidos pelos órgãos competentes. Normalmente, adiciona-se a quantidade que foi perdida pelo processamento do alimento, por exemplo, no beneficiamento.

O consumo de micronutrientes deve ser suficiente para prevenir deficiências e manter boa saúde. Em condições normais, uma dieta bem balanceada fornece as quantidades necessárias de todos os nutrientes para o funcionamento adequado do organismo. Em condições



fisiológicas específicas, no entanto, existe a possibilidade de a ingestão de nutrientes por meio de alimentos naturais ser inadequada. Em tais casos, suplementos, produtos fortificados e a biotecnologia podem corrigir esse problema.

## Vitaminas

Os conteúdos de vitaminas variam de uma parte para outra do mesmo grão. Isso explica porque a remoção de certos componentes durante o processo de beneficiamento resulta em perda de vitaminas.

Quando considerados como um todo, os cereais são naturalmente pobres em lipídios e, portanto, tendem a ser pobres em vitaminas lipossolúveis tais como A, presente como carotenóides precursores de retinóides, D e K, bem como a vitamina C (ácido ascórbico). Os grãos de cereais e derivados, especialmente os enriquecidos, são importantes fontes de vitaminas do complexo B, particularmente tiamina, riboflavina, niacina e piridoxina (B<sub>6</sub>) (Bock, 1991).

O arroz integral é considerado como fonte moderada de tiamina, provendo 100-1000 µg tiamina 100 g<sup>-1</sup> grão. Já o farelo de arroz é classificado como rica fonte de tiamina, provendo de 1.000 - 10.000 µg 100 g<sup>-1</sup> farelo (Kutsky, 1981).

Na Tabela 2.2, ilustram-se as diferenças no conteúdo vitamínico de um grão conforme suas frações. O germe de arroz contém o maior teor de tiamina, enquanto o arroz beneficiado, o menor.

**Tabela 2.2** Conteúdo vitamínico do grão de arroz integral, polido e de alguns de seus componentes (mg 100 g<sup>-1</sup>).

Vitamina	Arroz Integral	Arroz Polido	Farelo de Arroz	Germe de Arroz
Tiamina	0,34	0,07	2,26	6,5
Riboflavina	0,05	0,03	0,25	0,5
Niacina	4,7	1,6	29,8	3,3
Piridoxina	1,03	0,45	2,5	1,6
Ácido Pantotênico	1,5	0,75	2,8	3,0
Ácido Fólico	0,02	0,02	0,15	0,43

Fonte: Adaptada de Bock (1991).

A tiamina é a mais lábil dentre as diferentes vitaminas B encontradas ou adicionadas aos produtos de grãos de cereais. É estável sob condições ácidas, mas destruída em grandes porcentagens quando



exposta ao ar, especialmente a pH mais alto, sob autoclavagem, e durante exposição a sulfitos e álcalis.

O arroz é deficiente em riboflavina, mas o farelo contém teores moderados ( $100 - 1.000 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) (Watt & Merrill, 1975; Kutsky, 1981). Diferente da tiamina, a riboflavina varia muito pouco entre os componentes do arroz. É estável quando exposta ao calor seco ou em meio ácido. Entretanto, é muito sensível à luz, sendo mais destruída conforme o pH e a temperatura aumentam.

A niacina é encontrada em grãos de cereais nas formas ligada e livre. Considerando-se que a forma ligada é muito pouco utilizada pelos humanos, a niacina adicionada no processo de enriquecimento torna-se uma importante contribuição para atender as recomendações nutricionais dessa vitamina. Em geral, a niacina é considerada estável ao ar, luz, calor, ácidos e bases. O arroz integral é uma fonte moderada de niacina ( $1.000 - 10.000 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), enquanto o farelo de arroz é tido como alta fonte dessa vitamina (Watt & Merrill, 1975; Kutsky, 1981).

A vitamina B6 (piridoxina) é constituída por três compostos diferentes: piridoxina, piridoxal e piridoxamina, sendo o primeiro o mais abundante. O arroz contém a maior quantidade de vitamina B6 entre os cereais, sendo o integral considerado alta fonte ( $1.000 - 10.000 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). A vitamina B6 na forma de piridoxina é estável quando exposta ao calor, bases ou ácidos fortes, mas é sensível à luz, especialmente luz ultravioleta, na presença de álcali. Contrariamente, a piridoxal e a piridoxamina são afetadas pela exposição ao ar, calor e luz. Todas as formas dessa vitamina são destruídas a pH neutro quando expostas à luz ultravioleta.

Com relação às outras vitaminas em cereais, as informações são esparsas. Nas frações do grão de arroz, o ácido fólico tende a se concentrar no germe. Grandes perdas de ácido fólico são observadas sob temperatura de autoclavagem na presença de ácidos e álcalis. Essa destruição é aumentada pelo oxigênio e luz.

O arroz é considerado como moderada fonte de ácido pantotênico ( $0,5 - 2,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), mas boa parte é perdida no beneficiamento. Contém quantidades médias de biotina ( $10 - 100 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), vitamina relativamente estável quando exposta ao ar, oxigênio e luz ultravioleta (Kutsky, 1981).

A deficiência de vitamina A é um problema de saúde pública em mais de 70 países. Duzentos e cinquenta milhões de crianças são deficientes dessa vitamina e 3 milhões delas desenvolvem xerofthalmia



a cada ano (FAO, 2004). Essa vitamina é requerida para visão, crescimento, reprodução, proliferação, diferenciação celular e integridade do sistema imune. Alimentos de origem animal fornecem a vitamina A como retinol pré-formado, principalmente como ésteres de retinila, enquanto os vegetais, como carotenóides com atividade pró-vitáminica A (FAO, 2004).

A aplicação da biotecnologia em alimentos para aumentar o teor de  $\beta$ -caroteno tem sido considerada uma opção válida para o combate à deficiência de vitamina A nas populações carentes (Winter & Rodriguez, 1997).

A engenharia genética foi usada para produzir grãos de arroz ricos em  $\beta$ -caroteno. O endosperma de arroz imaturo pode sintetizar o composto intermediário geranylgeranyl difosfato, uma molécula isoprenóide de 20 carbonos. A condensação de duas moléculas de geranylgeranyl difosfato produz o fitoeno, que tem 40 carbonos e é o primeiro carotenóide precursor da produção de  $\beta$ -caroteno na via biossintética, pela expressão da enzima fitoeno sintase. A síntese de  $\beta$ -caroteno no fitoeno requer complementação com três enzimas: a dessaturase fitoeno, a dessaturase  $\beta$ -caroteno e a licopeno  $\beta$ -ciclase (Zimmermann & Hurrell, 2002). O fitoeno age como precursor do licopeno, que é convertido em carotenos (Dunwell, 1999).

A introdução simultânea desses genes no arroz foi um dos maiores avanços tecnológicos, o que resultou em 1,6 a 2  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno/g do alimento fresco (Zimmermann & Hurrell, 2002). O *Golden rice*, o arroz-dourado e geneticamente modificado para expressar alto conteúdo de carotenos, tem recebido atenção da mídia pelo seu potencial para suprir pró-vitamina A a milhões de indivíduos. Desenvolvido em 1990 por pesquisadores alemães e suíços, com financiamento da Fundação Rockefeller, apresenta potencial para participar de cruzamentos genéticos com variedades locais de arroz. Três genes tirados do narciso-silvestre e da bactéria *Erwinia* sp. foram inseridos no arroz para gerar um grão amarelo, com altos níveis de  $\beta$ -caroteno, que é convertido em vitamina A no organismo. Esforços iniciais com o *Golden rice* têm-se concentrado na Índia, mas essa tecnologia deverá se estender a outros países da Ásia, África e América do Sul.

O *Golden rice*, mesmo apresentando ainda baixos níveis de  $\beta$ -caroteno, pode ser indicado como importante alternativa no combate à cegueira em países de grande consumo de arroz e cuja dieta é deficiente em carotenóides, diferentemente de países onde a diversidade de frutas, especialmente as amarelo-alaranjadas, e hortaliças, principalmente folhas verde-escuro, é grande.





## Minerais

O conteúdo médio do mineral de um certo grão varia significativamente de acordo com a região de origem. Fatores como tipo de grão, variedade, condições de crescimento e aplicação de fertilizante podem influenciar esse teor.

Com relação ao teor de ferro, o arroz apresenta baixos níveis (0,1 - 1,0 mg 100 g<sup>-1</sup>), porém o farelo de arroz e o farelo e germe de trigo são fontes de ferro (5 - 18 mg 100 g<sup>-1</sup>). O arroz integral possui níveis moderados desse mineral (Kutsky, 1981).

As informações a respeito do conteúdo de zinco em grãos de cereais são limitadas. Com base nos dados disponíveis, o teor de zinco é maior em trigo e menor em arroz. O arroz integral possui quantidades moderadas (0,4 - 4 mg 100 g<sup>-1</sup>) em detrimento da pobre fonte do arroz polido (Underwood, 1977; Kutsky, 1981).

Aproximadamente 95% de toda a matéria mineral de grãos de cereais consistem de fitatos, fosfatos e sulfatos de cálcio, magnésio e potássio (Hazell, 1985). Comparado com outros minerais, o fósforo é encontrado em grandes quantidades nesses grãos. Na maior parte das vezes, está associado com o ácido fítico (ácido hexafosfórico mioinositol) e seus sais. Em arroz, 80% ou mais do fósforo total estão presentes na forma de fitato, forma não absorvida pelo organismo. Mais de 80% do fitato está localizado no pericarpo do arroz. Comparado com outros cereais, o grão de arroz polido apresenta os menores níveis de fósforo, em torno de 285 mg 100 g<sup>-1</sup>, sendo considerado uma fonte moderada desse elemento numa dieta básica (100 - 200 mg 100 g<sup>-1</sup>). Já o arroz integral e o farelo de arroz são classificados como fontes ricas de fósforo (200 - 1.200 mg 100 g<sup>-1</sup>).

O fitato, uma molécula de açúcar/álcool ligada a seis grupos de fosfato, é uma fonte de fósforo para a semente, necessária para a germinação (Raboy, 2001). Altos conteúdos de fitato estão associados com elevados teores de ferro e zinco (Graham et al., 1999). Entretanto, o fitato é um fator antinutricional na alimentação porque quela ferro, cálcio, zinco e outros íons divalentes, tornando-os indisponíveis para absorção. Tal efeito negativo do ácido fítico causa maior impacto em países em desenvolvimento, onde grande parte da população tem, como principal fonte desses minerais, cereais, tubérculos e leguminosas, bem como acesso limitado a alimentos de origem animal.

Apesar do fitato ser considerado um fator antinutricional presente especialmente no arroz integral e no farelo de arroz, importante se faz



ressaltar que o cozimento doméstico do alimento reduz o conteúdo de ácido fítico em, aproximadamente, dois terços, fato atribuído especialmente à aplicação de calor (Oberleas, 1973; Toma & Tabekhia, 1979).

Além do hexafosfato de inositol (IP<sub>6</sub>), forma predominante de ácido fítico encontrada nos grãos crus de cereais, dietas ou alimentos à base de grãos processados contêm quantidades apreciáveis de ésteres de ácido fítico parcialmente fosforilados, tais como mono (IP1), di (IP2) e tri (IP3) fosfatos de inositol (IP), que por sua vez, não apresentam ação inibidora como as formas hexa e penta (Persson et al., 1998; Agte et al., 1999).

Por outro lado, sabe-se que o ácido fítico é um potente antioxidante que pode inibir peroxidações lipídicas *in vivo* (Galey, 1997). Os efeitos benéficos do mioinositol na saúde, como o de agente antioxidante, são mais evidentes nos países desenvolvidos, onde a maior preocupação recai sobre patologias relacionadas com o envelhecimento por dano oxidativo (Brinch-Pedersen et al., 2002).

A extensão de hidrólise de IP<sub>6</sub> pode variar conforme o tipo de refeição ou de método de cozimento, que, por sua vez, afetará a biodisponibilidade de ferro e zinco. As propriedades antioxidantes do ácido fítico podem variar também com o número de grupos fosfato ligados ao anel inositol. Portanto, o efeito real do ácido fítico sobre a biodisponibilidade do mineral traço e a função antioxidante dependerá da distribuição percentual de cada forma individual. Desse modo, é sensato e desejável considerar-se o ácido fítico não como um fator isolado, mas como uma série de formas, e estudar a cinética de suas interconversões. Isso pode também indicar se a degradação do fitato é específica para a composição de ingredientes da dieta ou para o método de cozimento (Agte et al., 1999).

A deficiência de micronutriente é um grande problema de saúde pública, particularmente a deficiência de ferro que atinge um terço da população mundial (Unicef, 2002). Uma das dificuldades de solucionar o problema está no fato de os alimentos mais ricos em ferro biodisponível, serem, em geral, de origem animal e, por isso, pouco acessíveis a camadas da população de menor poder aquisitivo, cuja dieta consiste, primariamente, de cereais. Muitos desses alimentos básicos não só são pobres em micronutrientes, como também apresentam fatores antinutricionais, reduzindo a biodisponibilidade de minerais (Bouis, 1999; Lucca et al., 2002).



Estratégias como a suplementação de ferro e a fortificação de alimentos vêm sendo propostas. Embora tenha suas aplicações, a suplementação medicamentosa geralmente causa efeitos colaterais, enquanto a fortificação pode provocar alterações da cor e do sabor do produto ou baixa biodisponibilidade do mineral. O enriquecimento dos alimentos com ferro, por meio do melhoramento genético ou da biotecnologia, é uma alternativa com perspectivas sustentáveis para produtos que fazem parte da dieta básica de populações, substituindo os suplementos dietéticos ou a fortificação convencional. Oferece ainda a possibilidade de aumentar a produtividade, geralmente limitada pela deficiência mineral das plantas (Grotz & Guerinot, 2002). O conteúdo de ferro nos tecidos vegetais pode crescer pela sua maior captação do solo. Culturas como milho, trigo e arroz, usam a quelação com compostos de baixo peso molecular como estratégia para obter ferro do solo. Da família dos fitossideróforos, tais compostos são liberados no solo, onde se ligam ao  $\text{Fe}^{3+}$ , transportando-o para o vegetal. Para que a manipulação transgênica possa tornar maior o conteúdo de mineral em algum tecido específico dos vegetais, é necessário não somente elevar sua absorção pela raiz, mas também conduzi-lo aos diversos órgãos da planta (Grusak, 2002). A superexpressão da fitoferritina, por exemplo, proteína de reserva de ferro, pode ativar o sistema de transporte do mineral.

Com o objetivo de elevar o teor de ferro do arroz polido, esse alimento recebeu genes que expressam três proteínas em seu endosperma central: a fitoferrina de *Phaseolus*, uma proteína semelhante à metalotioneína, rica em cisteína endógena, e uma fitase de *Aspergillus fumigatus* termorresistente. Sendo expressa em maior quantidade no arroz, a proteína semelhante à metalotioneína aumentou, nos grãos, o conteúdo de resíduos de cisteína em sete vezes e o nível de fitase em 130 vezes. Isso possibilita uma atividade da fitase suficiente para degradar completamente o ácido fítico. Entretanto, a proteína fitase do fungo perde a ação após a cocção do arroz. A expressão de fitoferrina pode dobrar o conteúdo de ferro no endosperma de arroz, variando de 1,15 a 2,21 mg 100 g<sup>-1</sup>, em comparação com o arroz-controle, que apresenta de 1,0 a 1,1 mg de ferro 100 g<sup>-1</sup>, e aproximando-se do conteúdo do arroz integral, com a vantagem daquele apresentar menor teor de fitato e, portanto, maior biodisponibilidade de ferro. Os peptídeos ricos em cisteína melhoram a absorção de ferro no intestino, pois formam quelatos estáveis e absorvíveis. Outra opção para aumentar o conteúdo do mineral em plantas é a introdução de ácido ascórbico, de hemoglobina e de peptídeos contendo cisteína em seu tecido vegetal (Zimmermann & Hurrell, 2002).



No caso do zinco, as estratégias do melhoramento genético incluem o aumento de sua concentração, a redução da quantidade de ácido fítico e a elevação do teor de aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína) nos vegetais, já que eles aumentam a absorção desse mineral pelas plantas. Para que a incorporação de zinco proporcione aumento na quantidade absorvida, o mineral deve estar em alta concentração e numa forma em que possa ser absorvido. Além disso, sua biodisponibilidade precisa ser igual ou superior a de variedades com baixas concentrações de zinco (Ruel & Bouis, 1998). Um aumento de 75% no conteúdo do mineral foi associado à elevação de 40% na quantidade de zinco total absorvida (Zimmermann & Hurrell, 2002).

## REFERÊNCIAS

- AGTE, V. V.; TARWADI, K. V.; CHIPLONKAR, S. A. Phytate degradation during traditional cooking: significance of the phytic acid profile in cereal-based vegetarian meals. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 12, n. 3, p. 161-167, Sept. 1999.
- BOCK, M. A. Minor constituents of cereals. In: LORENZ, K. J.; KULP, K. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 555-594. (Food Science and Technology, 41).
- BOUIS, H. E. Economics of enhanced micronutrient density in food staples. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, n. 1/2, p. 165-173, Jan. 1999.
- BRINCH-PEDERSEN, H.; SORENSEN, L. D.; HOLM, P. B. Engineering crop plants: getting a handle on phosphate. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 7, n. 3, p. 118-125, Mar. 2002.
- CHUNG, O. K. Cereal lipids. In: LORENZ, K. J.; KULP, K. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 497-554. (Food Science and Technology, 41).
- CHUNG, O. K.; POMERANZ, Y. Amino acids in cereal proteins and protein fractions. In: FINLEY, J. W.; HOPKINS, D. T. (Ed.). **Digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 65-107.
- CLARE, D. E.; SWAISGOOD, H. E. Bioactive milk peptides : a prospectus. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 6, p. 1187-1195, June 2000.
- COSTA, N. M. B. Alimentos: componentes nutricionais e funcionais. In: COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. (Coord.). **Biotecnologia e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer a qualidade dos alimentos**. São Paulo: Nobel, 2003. p. 31-69.
- COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. (Coord.). **Biotecnologia e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer a qualidade dos alimentos**. São Paulo: Nobel, 2003. 214 p.
- COSTA, N. M. B.; LIBERATO, S. C. Biotecnologia na nutrição e saúde. In: COSTA, N. M. B.; BORÉM, A. (Coord.). **Biotecnologia e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer a qualidade dos alimentos**. São Paulo: Nobel, 2003. p. 71-127.



DAMARDJATI, D. S.; SOEKARTA, S. T.; NUR, A.; SIWI, B. H. Evaluation of protein quality and properties on 6 varieties of Indonesian rice. **Indonesian Journal of Crop Science**, Jakarta, v. 1, n. 1, p. 1-20, 1985.

DATTA, S.; BOUIS, H. E. Application of biotechnology to improving the nutritional quality of rice. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 21, n. 4, p. 451-456, 2000.

DE DATTA, S. K.; OBCEMEA, W. N.; JANA, R. K. Protein content of rice grain as affected by nitrogen fertilizer and some triazines and substituted ureas. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 6, p. 785-788, Nov./Dec. 1972.

DUNWELL, J. M. Transgenic crops: the next generation, or an example of 2020 vision. **Annals of Botany**, London, v. 84, n. 3, p. 269-277, Sept. 1999.

EGGUM, B. O. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979. p. 91-111.

FAO. **Human vitamin and mineral requirements**: report of a joint FAO/WHO expert consultation. Rome: FAO: WHO, 2002. Disponível em: <[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/004/Y2809E/Y2809E00.HTM](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/Y2809E/Y2809E00.HTM)>. Acesso em: 01 dez. 2004.

GALEY, J. P. Potential use of iron chelators against oxidative damage. **Advances in Pharmacology**, San Diego, v. 38, p. 167-203, 1997.

GOFFMAN, F. D.; PINSON, S. R.; BERGMAN, C. J. Genetic diversity for lipid content and fatty acid profile in rice bran. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 80, n. 5, p. 485-490, May 2003.

GOLDBERG, I. **Functional foods, designer foods, pharmafoods, nutraceuticals**. New York: Chapman & Hall, 1994. 571 p.

GOMEZ, K. A. Effect of environment on protein and amylose content of rice. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979. p. 59-68.

GOMEZ, K. A.; DE DATTA, S. K. Influence of environment on protein content of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, n. 4, p. 565-568, July/Aug. 1975.

GRAHAN, R.; SENADHIRA, D.; BEEBE, S.; IGLESIAS, C.; MONASTERIO, I. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 60, n. 1/2, p. 57-80, Jan. 1999.

GROTZ, N.; GUERINOT, M. L. Limiting nutrients: an old problem with new solutions? **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 5, n. 2, p. 158-163, Apr. 2002.

GRUSAK, M. A. Enhancing mineral content in plant food products. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 21, n. 3, p. 178S-183S, June 2002. Suplemento.



HAZELL, T. Minerals in foods: dietary sources, chemical forms, interactions, bioavailability. **World Review of Nutrition and Dietetics**, Basel, v. 46, p. 1-123, 1985.

HIRSCHBERG, J. Production of high-value compounds: carotenoids and vitamin E. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 10, n. 2, p. 186-191, Apr. 1999.

HOFFPAUER, D. W. Rice enrichment for today. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 37, n. 10, p. 757-759, Oct. 1992.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes**: proposed definition of dietary fiber. Washington: National Academy Press, 2001. 74 p.

JULIANO, B. O. Criteria and tests for rice grain qualities. In: JULIANO, B. O. (Ed.) **Rice**: chemistry and technology. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 443-524.

JULIANO, B. O. Rice starch: production, properties and uses. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. (Ed.). **Starch**: chemistry and technology. 2. ed. Orlando: Academic Press, 1984. p. 507-528.

JULIANO, B. O. Rice bran and polish. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). **Rice**: chemistry and technology. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972a. p. 272-300.

JULIANO, B. O. The rice caryopsis and its composition. In: HOUSTON, D.F. (Ed.). **Rice**: chemistry and technology. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972b. p. 16-74.

JULIANO, B. O.; GODDARD, M. S. Cause of varietal difference in insulin and glucose responses to ingested rice. **Qualitas Plantarum - Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 35-41, 1986.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data of rice from a plant genetic resource perspective. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n. 4, p. 589-596, Apr. 2003.

KIM, S. I.; JO, D. H. Fractionation and electrophoretic patterns of rice proteins. **Journal of Korean Agricultural and Chemistry Society**, v. 26, n. 1, p. 65-72, Mar. 1983.

KUTSKY, R. J. **Handbook of vitamins, minerals and hormones**. 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1981. 492 p.

LOOKHART, G. L. Cereal proteins: composition of their major fractions and methods for identification. In: LORENZ, K. J.; KULP, K. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 441-468. (Food Science and Technology, 41).

LUCCA, P.; HURRELL, R.; POTRYKUS, I. Fighting iron deficiency anemia with iron-rich rice. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 21, n. 3, p. 184S-190S, June 2002. Suplemento.

MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R.; FERNANDES, M. L **Tabela de composição de alimentos**. Niterói: EDUFF, 1995. 41 p.

MISAKI, M.; YASUMATSU, K. Rice enrichment and fortification. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice**: chemistry and technology. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 389-401.



NANDA, J. S.; COFFMAN, W. R. IRRI's efforts to improve the protein content of rice. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979. p. 33-47.

OBERLEAS, D. P. **Toxicants occurring naturally in foods**. Washington: National Academy of Science, 1973. 363 p.

PALMIANO, E. P.; ALMAZAN, A. M.; JULIANO, B. O. Physicochemical properties of protein of developing and mature rice grain. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 45, n. 1, p. 1-12, Jan. 1968.

PERSSON, H.; TURK, M.; NYMAN, M.; SANDBERG, A. S. Binding of Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> to inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, n. 8, p. 3194-3200, Aug. 1998.

RABOY, V. Seeds for a better future: 'low phytate' grains help to overcome malnutrition and reduce pollution. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 10, p. 458-462, Oct. 2001.

RAMESH, M.; ZAKIYUDDIN, A.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, K. R. Structure of rice starch and its relation to cooked-rice texture. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 38, n. 4, p. 337-347, Apr. 1999.

RUEL, M. T.; BOUIS, H. E. Plant breeding: a long-term strategy for the control of zinc deficiency in vulnerable populations. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 68, n. 2S, p. 488S-494S, Aug. 1998.

SARKAR, R.; BOSE, S. Electrophoretic characterization of rice varieties using single seed (salt soluble) proteins. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 68, n. 5, p. 415-419, Aug. 1984.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações-modificações**. São Paulo: Varela, 1996. p. 139-257.

SIMPSON, J. E.; ADAIR, C. R.; KHOLER, G. O.; DAWSON, E. H.; DEOBALD, H. J.; KESTER, E. B.; HOGAN, J. T.; BATCHER, O. M.; HALICK, J. V. **Quality evaluation studies of foreign and domestic rices**. Washington: USDA, 1965. 183 p. (USDA. Technical Bulletin, 1331).

TAIRA, H. Grain quality: physicochemical properties and quality of rice grains. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center, 1995. v. 2, p. 1063-1089.

TECSON, E. M.; ESMANA, B. V.; LONTOK, L. P.; JULIANO, B. O. Studies on the extraction and composition of rice endosperm glutelin and prolamin. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 48, n. 2, p. 168-181, Apr. 1971.

TOMA, R. B.; TABEKHIA, M. M. Changes in mineral elements and phytic acid contents during cooking of three California rice varieties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 2, p. 619-621, Mar./Apr. 1979.



UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 4. ed. New York: Academic Press, 1977. 545 p.

UNICEF. **Nutrition**: 18 nations fortify foods. Disponível em: <<http://www.unicef.org/pon96/nufortif.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2002.

VANDEPUTTE, G. E.; VERMENLEY, R.; GEEROMS, J.; DELCOUR, J. A. Rice starches. I. Structural aspects provide insight into crystallinity characteristics and gelatinization behaviour of granular starch. **Journal of Cereal Science**, London, v. 38, n. 1, p. 43-52, Jul. 2003.

VILLAREAL, R. M.; JULIANO, B. O. Properties of glutelin from mature and developing rice grain. **Phytochemistry**, New York, v. 17, n. 2, p. 177-182, 1978.

WATT, B. K.; MERRILL, A. L. **Composition of foods**: raw, processed, prepared. Washington: USDA, 1975. 147 p. (USDA. Agriculture Handbook, 8).

WINTER, K.; RODRIGUEZ, G. Consumers' views on nutrition and public health. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 56, p. 879-888, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva, 2003. 149 p. (WHO. Technical Report Series, 916).

YU-POTH, S.; ETHERTON, T. D.; REDDY, C. C.; PEARSON, T. A.; REED, R.; ZHAO, G.; JONNALAGADDA, S.; WAN, Y.; KRIS-ETHERTON, P. M. Lowering dietary saturated fat and total fat reduces the oxidative susceptibility of LDL in healthy men and women. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, n. 9, p. 2228-2237, Sept. 2000.

ZIMMERMANN, M. B.; HURRELL, R.F. Improving iron, zinc and vitamin A nutrition through plant biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 13, n. 2, p. 142-145, Apr. 2002.







# SISTEMAS DE CULTIVO

CLEBER MORAIS GUIMARÃES; ALBERTO BAÊTA DOS SANTOS;  
ARIANO MARTINS DE MAGALHÃES JÚNIOR; LUÍS FERNANDO STONE

**RESUMO** - São considerados no Brasil dois grandes ecossistemas para a cultura do arroz, o várzeas, irrigado por inundação controlada, e o terras altas, englobando o de sequeiro e o com irrigação suplementar por aspersão. A maior parcela da produção de arroz do país é proveniente do ecossistema várzeas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 69% da produção nacional, sendo considerada um estabilizador da safra nacional. No Brasil, há um imenso potencial de várzeas ainda não explorado que, devido à topografia e disponibilidade de água, apresenta condições propícias à produção de alimentos. O cultivo do arroz irrigado está presente em todas as regiões brasileiras, com destaque para a Região Sul que é responsável, atualmente, por 88,3% da produção de arroz irrigado e 62,8% da produção total deste cereal. O Rio Grande do Sul contribui com 75,9% da produção brasileira de arroz no ecossistema de várzeas. A orizicultura gaúcha caracteriza-se pela predominância do cultivo irrigado extensivo, dentro de um sistema empresarial, exercido principalmente por grandes e médios produtores, onde é tradicionalmente conduzida em rotação com pastagem. Além do sistema tradicional de cultivo, são empregados o cultivo mínimo, o plantio direto e o pré-germinado. Em Santa Catarina, o cultivo de arroz é realizado 98% no sistema pré-germinado, onde são alcançadas as mais altas produtividades, ocupando o estado o segundo lugar na produção de arroz irrigado. A região tropical é considerada uma das mais promissoras para a expansão da cultura do arroz irrigado, especialmente na Região Norte, devido à disponibilidade de várzeas, cujas características dos solos e condições de hidromorfismo as torna aptas à orizicultura irrigada. O ecossistema terras altas é caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta. Nesse ecossistema, o arroz pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, ou seja, a disponibilidade de água para a cultura é totalmente dependente da precipitação pluvial. O desenvolvimento de cultivares de arroz mais produtivas e de melhor qualidade de grão, associado à utilização de técnicas adequadas de manejo, poderá permitir ao país atingir a auto-suficiência e até exportar arroz dentro de um prazo relativamente curto.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma espécie hidrófila, cujo processo evolutivo tem levado a sua adaptação às mais variadas condições ambientais. São considerados dois grandes ecossistemas para a cultura, que são o várzeas, irrigado por inundação controlada, e o terras altas, englobando o sem irrigação e o com irrigação suplementar por



aspersão. As diferenças entre ambientes destes ecossistemas têm ocasionado variações nas características da planta de arroz, conferindo adaptação aos genótipos.

Aproximadamente 90% de todo o arroz do mundo é cultivado e consumido na Ásia, cujo sistema básico de cultivo é o irrigado por inundação. Neste continente, o arroz é cultivado em mais de 250 milhões de pequenas propriedades, onde a maioria da população alimenta-se de arroz duas a três vezes ao dia.

O arroz é alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas no mundo e, segundo estimativas, até 2050, a produção mundial deverá ser dobrada para atender a demanda da população. O crescimento acelerado da população está aumentando a demanda do produto em proporções não compatíveis com o crescimento da produção, ou seja, a produção mundial de arroz não vem acompanhando o crescimento do consumo. Nos últimos seis anos, a produção mundial aumentou cerca de 1,09% ao ano, enquanto a população cresceu 1,32% e o consumo 1,27%, havendo grande preocupação em relação à estabilização da produção mundial. No entanto, a América Latina tem elevado sua produção em 4,34% ao ano e a produtividade de grãos em 3,22%. Para se atender a demanda, deverão ser adicionadas ao mercado mundial de arroz cerca de dez milhões de toneladas por ano. Segundo Pingali (1995), somente metade desse total será produzida no continente asiático, devendo a outra parte originar-se fora dessa macrorregião. Isto se deve à possibilidade de redução de área de cultivo de arroz em alguns países da Ásia em virtude das principais razões: competição da água empregada na cultura com outros fins, como usos doméstico e industrial; alta taxa de urbanização, onde áreas anteriormente cultivadas com arroz passam a ser utilizadas para habitações; e redução da disponibilidade de mão-de-obra no campo, devido ao crescente processo de industrialização e ao deslocamento da produção agrícola para áreas marginais. Com isso, a América Latina e a África destacam-se no cenário mundial como as duas únicas regiões com grande potencial, quase inexplorado, para produção de arroz e com capacidade para atender a essa demanda. Detendo 12% das terras agrícolas e 13,2% dos recursos renováveis de água, a América Latina pode, futuramente, se tornar o grande fornecedor desse cereal.

O arroz de terras altas é encontrado predominantemente no Brasil e, em menor proporção, no continente africano. É caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta, ao passo que, sob condições de solo inundado, a conseqüente criação de uma condição anaeróbica implica uma série de transformações que



influenciam, não só o desenvolvimento da planta de arroz, como também a absorção de nutrientes e o manejo do solo.

## **ECOSSISTEMA VÁRZEAS**

### **Sistema de cultivo irrigado por inundação**

A maior parcela da produção de arroz do país é proveniente do ecossistema várzeas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 69% da produção nacional, sendo considerada um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de terras altas. No Brasil, há 33 milhões de hectares de várzeas, com topografia e disponibilidade de água propícias à produção de alimentos, entretanto, apenas 3,7% dessa área são utilizados para a orizicultura.

Nesse ecossistema, a cultura do arroz pode ser encontrada sob cultivo em várzeas sistematizadas, com controle da lâmina de água, onde o agricultor coloca e retira a água quando é conveniente ao cultivo, até lavouras onde um nivelamento inadequado impede o controle da lâmina de água e a má drenagem não permite o manejo eficiente do sistema, haja vista as várzeas úmidas, não sistematizadas, irrigadas pela água da chuva ou pela elevação do lençol freático. O cultivo do arroz no sistema de várzeas úmidas caracteriza-se pelo baixo nível de insumos. Em geral, esse tipo de exploração utiliza alto índice de mão-de-obra familiar, pequenas áreas e máquinas de pequeno porte, não existindo a preocupação com a construção de sistemas de controle e eliminação de água. As cultivares normalmente usadas são tradicionais e o plantio é feito por meio de semeadura direta ou do transplante de mudas. A época de plantio é limitada pela capacidade de manejar o solo, ou seja, uma vez iniciadas as chuvas, nos meses de outubro ou novembro, inicia-se de imediato o preparo do solo e a semeadura. Este sistema, devido à pouca expressão no país, não será abordado no contexto deste livro.

Por suas características especiais, o sistema de várzeas requer solos planos e com pouca drenagem vertical a fim de garantir a manutenção de uma lâmina de água sobre a sua superfície durante todo ou parte do ciclo da cultura. Para a obtenção de êxito na implantação de um projeto de produção de arroz neste sistema, é essencial que se escolham áreas que possuam água em abundância, de fácil acesso e de baixo custo. Com isso, os cultivos de arroz irrigado por inundação são feitos em várzeas que apresentam solos planos, comumente formados em condições de excesso



de umidade ou sujeitos a inundações periódicas, o que confere condições diferentes das dos solos de terras altas, com relação aos atributos físicos, químicos, morfológicos, mineralógicos e biológicos. Por possuírem horizontes argilosos, com baixa condutividade hidráulica, são também de difícil drenagem.

As várzeas da região subtropical estão presentes nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. No Rio Grande do Sul, são encontrados cerca de 5,4 milhões de hectares de várzeas e em Santa Catarina aproximadamente 684 mil hectares. No Paraná, estima-se que existem cerca de 400 mil hectares, o que totaliza uma área de cerca de 6,5 milhões de hectares de várzeas na Região Sul do Brasil. Nessas várzeas, anualmente, são cultivados com arroz irrigado cerca de 1,1 milhão de hectares, cuja produção supre mais de 62,8% da demanda nacional (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2002).

Uma significativa parcela da produção de arroz no ecossistema várzeas, no Brasil, é procedente do Rio Grande do Sul, que contribui com 75,9%, seguindo-se Santa Catarina 12,7%, Tocantins 3,9% e Mato Grosso do Sul 2,5%. Em escala reduzida, e de forma pulverizada, os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí, Roraima, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Maranhão, Alagoas e Sergipe, totalizam cerca de 5,0% da produção nacional neste ecossistema.

A produção total de arroz no Rio Grande do Sul oscilou entre 3,5 milhões de toneladas, em 1997/98, e 6,3 milhões de toneladas, em 2003/2004, com uma média das últimas três safras de 5,6 milhões de toneladas, sendo considerada estabilizadora da safra nacional, responsável por cerca de 52,3% da produção brasileira, a maior entre os estados da Federação. Esta produção representa 3,1% do Produto Interno Bruto (PIB) e gera R\$ 175 milhões em Imposto para Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e 250 mil empregos no estado. A produtividade média é em torno de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>, próxima das obtidas em países tradicionais no cultivo de arroz irrigado, ficando pouco abaixo das obtidas na Califórnia, nos EUA, Austrália e Japão. Contudo, problemas como o alto custo de implantação da lavoura, a crescente infestação de arroz vermelho ou preto, a ocorrência de fatores abióticos, principalmente de frio na fase de floração na região subtropical, e calor, na região tropical, que restringem a exploração do potencial produtivo das cultivares atualmente utilizadas, que é em torno de 10.000 kg ha<sup>-1</sup>, indicam que os sistemas de produção interferem diretamente na resposta dos genótipos.

Segundo Azambuja et al. (2004), a orizicultura gaúcha caracteriza-se pela predominância do cultivo irrigado extensivo, dentro de um



sistema empresarial, exercido principalmente por grandes e médios produtores, com elevada utilização de mão-de-obra assalariada, mecanização, terras arrendadas, uso de alta tecnologia e uma forte organização político-setorial. A área média cultivada com arroz foi de 108 ha, em 2000/01, e, quanto à estrutura fundiária da lavoura, cerca de 58% dos produtores cultivam em terras arrendadas, e 40% arrendam também a água. O sistema de cultivo convencional é utilizado em aproximadamente 41,4% da área, o cultivo mínimo e o plantio direto, juntos, ocupam cerca de 47,5%, e o restante da área, 11,1%, é cultivada sob outras formas, principalmente o sistema de cultivo de arroz pré-germinada e o sistema mix.

No Rio Grande do Sul, o arroz irrigado é cultivado nas seguintes regiões: Fronteira Oeste, Depressão Central, Campanha, Sul, Costa Externa da Lagoa dos Patos e Costa Interna da Lagoa dos Patos (Azambuja et al., 2004). Essas regiões apresentam diferenças quanto à topografia, ao clima, ao solos, a disponibilidade de água para irrigação, ao tamanho de lavouras, entre outros, determinando variações em termos de produção e produtividade média.

Na Fronteira Oeste, o clima e a topografia favorecem a antecipação da semeadura; as barragens são as principais fontes de água para irrigação; as lavouras são de médio e grande porte. Nessa região, lavouras com bom manejo atingem produtividades de acima de 9.000 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a principal produtora de arroz no Rio Grande do Sul, responsável pela produção de 32,68% do total, na safra 2001/02.

Na Campanha, as lavouras utilizam os rios e barragens como principais fontes para irrigação. Essa região produziu 17,65% do total do estado, na safra 2001/02.

Na Depressão Central, as lavouras são de pequeno e médio porte, com uso intensivo dos solos, localizando-se principalmente nas várzeas dos rios, sendo estes as fontes de irrigação. Os solos apresentam fertilidade de média à baixa e a produtividade é elevada devido as práticas peculiares de manejo empregadas na região. A produção desta região representou 16,31% do total, na safra 2001/02.

A Região Sul, responsável por cerca de 13% da produção estadual, se caracteriza por apresentar uma grande disponibilidade de água para irrigação, já que se encontra entre as Lagoas dos Patos e Mirim. No entanto, a água geralmente tem de ser conduzida a grandes



distâncias, encarecendo assim o custo de irrigação. A semeadura e colheita são realizadas em períodos curtos e bem definidos, requerendo maior investimento em máquinas e equipamentos. A produtividade média muitas vezes se encontra comprometida por problemas de frio na fase reprodutiva da cultura, devido a ocorrência de temperaturas abaixo de 15°C.

Na Costa Externa da Lagoa dos Patos o sistema pré-germinado está em franco desenvolvimento, devido à forte influência da orizicultura catarinense. A média de produtividade na região é de 5.500 kg ha<sup>-1</sup>. Na Costa Interna da Lagoa dos Patos, as lavouras são de porte médio a pequeno, os solos de fertilidade média, apresenta elevada infestação de arroz vermelho.

Em relação à áreas de plantio, na safra 2003/04 a Fronteira Oeste foi a que mais contribuiu, com cerca de 27,14% do total do Estado do Rio Grande do Sul, sendo seguida pelas regiões Sul, com 16,73%, e pela Campanha, com 16,65%. A Depressão Central, caracterizada por pequenas propriedades, sendo 80% destas até 10 ha, contribuiu, com cerca de 15,46% da área semeada do RS. Essa região, devido às peculiaridades locais, tem como principal produto agrícola o arroz irrigado, seguido pelo fumo, milho, feijão e morango. Encontra-se na Fig. 3.1 um panorama geral da topografia da Depressão Central, sendo o arroz cultivado nos vales entre os morros da região.

Foto: José Francisco da Silva Martins



**Fig. 3.1.** Vista geral de lavouras de arroz irrigado, na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, município de Agudo.

As áreas da Planície Costeira Externa e Interna, contribuíram com cerca de 12,25 e 11,77% do total da área cultivada no RS, na safra 2003/04.

Tradicionalmente, após a colheita do arroz, é colocado gado na área para aproveitamento da palhada do arroz e da flora de sucessão. Os animais permanecem na área até o momento de preparação do solo para o próximo cultivo de arroz, o que pode acontecer no ano seguinte ou até três anos mais tarde (Guimarães & Sant'Ana, 1999).

Com relação aos itens que compõem o custo de produção da lavoura de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, destacam-se, em ordem decrescente, a irrigação, o preparo do solo, a terra de cultivo, o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, e a adubação (Azambuja et al., 2004).

O sistema tradicional de cultivo tem contribuído para a degradação das condições físicas e químicas dos solos hidromórficos, além de facilitar a disseminação de plantas daninhas, principalmente do arroz vermelho e preto, que representam um dos principais problemas da cultura. O cultivo mínimo, o plantio direto e, principalmente, o pré-germinado ajudam no controle das plantas daninhas e permitem maior integração lavoura e pecuária (Guimarães & Sant'Ana, 1999).

Para possibilitar a coincidência das fases críticas da planta de arroz com períodos em que a temperatura e luminosidade sejam as mais favoráveis para a cultura, os períodos recomendados de semeadura de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul variam de 21 de setembro a 20 de novembro para as cultivares de ciclo médio e de 11 de outubro a 10 de dezembro para as cultivares de ciclo curto, dependendo das sub-regiões agroecológicas (Desenvolvimento..., 2003).

Com a monocultura contínua nas várzeas surgem problemas com pragas, doenças e plantas daninhas, comprometendo a segurança ambiental do ecossistema, afetando a economicidade da atividade. Com isso, a rotação do arroz com outras espécies é uma alternativa para tornar intensivo o aproveitamento das várzeas, auxiliando no controle desses fatores bióticos. No Rio Grande do Sul o sistema de cultivo de arroz é caracterizado pelo binômio arroz X pecuária.

A geração de tecnologias para a recuperação e melhoria produtiva de solos do ecossistema várzeas, visa minimizar os problemas hoje enfrentados no sistema produtivo da cultura do arroz irrigado. Dentre alguns problemas, pode-se citar como o mais importante a presença





do arroz vermelho e preto nas lavouras. Atualmente é a planta daninha mais importante economicamente, tendo inviabilizado áreas de várzea para o cultivo do arroz irrigado. No Rio Grande do Sul, por exemplo, estima-se uma perda de 20% na produção do arroz, ocasionando um prejuízo anual de 800 mil toneladas de arroz. Considerando-se o valor comercial médio de R\$ 35,00 por saco de 50 kg, este prejuízo equivale a R\$ 560 milhões.

O cultivo de arroz no Estado de Santa Catarina concentra-se no baixo e médio vale do Itajaí e no litoral norte. As épocas recomendadas de semeadura no estado variam de 21 de agosto a 10 de janeiro para as cultivares de ciclo curto, de 11 de agosto a 20 de dezembro para as de ciclo médio e de 11 de agosto a 10 de dezembro para as de ciclo longo, dependendo das sub-regiões agroecológicas (Desenvolvimento..., 2003). O cultivo de arroz é realizado 98% no sistema pré-germinado, alcançando uma produtividade ao redor de 7.000 kg ha<sup>-1</sup>, em uma área de 128 mil hectares. O estado ocupa o segundo lugar na produção de arroz irrigado, com cerca de 900 mil toneladas em 2002.

O sistema de plantio com sementes pré-germinadas foi introduzido pelos imigrantes italianos no vale do Itajaí, no começo do século XX, e surgiu, provavelmente, em decorrência do próprio ambiente da região, caracterizado pela predominância de solos argilosos mal drenados e pela inexistência de uma estação seca, dificultando o preparo convencional do solo (Epagri, 2002). Contrária à orizicultura gaúcha, a catarinense caracteriza-se pela presença de pequenas propriedades, além do sistema de plantio com sementes pré-germinadas, que apresenta como vantagens: preparo do solo e a semeadura mesmo em dias chuvosos; controle do arroz vermelho; menor requerimento de herbicidas devido ao melhor controle das plantas daninhas; maior eficiência no uso de máquinas; e redução dos tratos culturais pela sistematização e nivelamento do solo. Quase que na totalidade das áreas, cultiva-se arroz após arroz.

A quase totalidade do arroz produzido no Rio Grande do Sul e Santa Catarina apresenta tipo de grão longo-fino de alta qualidade de cocção, características exigidas no mercado brasileiro, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste. Cerca de 12% do arroz produzido no Rio Grande do Sul e 30% da produção de Santa Catarina são consumidos nos respectivos estados, sendo o restante exportado para os demais centros consumidores.

No Paraná, a área de cultivo é de 14,4 mil hectares, produz cerca de 65 mil toneladas e apresenta uma produtividade de 4.200 kg ha<sup>-1</sup>.



Na região tropical, a área cultivada com arroz irrigado é ao redor de 13% apenas, proporcionando cerca de 11% da produção total brasileira nesse ecossistema. No entanto, esta região é considerada uma das mais promissoras para a expansão da cultura do arroz irrigado, devido à disponibilidade de várzeas, cujas características dos solos e condições de hidromorfismo as torna aptas à orizicultura irrigada. No Estado do Tocantins, na Região Norte, a presença de um período seco com a possibilidade de manejo da água dos canais e do lençol freático por subirrigação viabilizou, na entressafra do arroz irrigado, o cultivo de soja, sorgo, algodão, melancia, milho, feijão, melão e abóbora, superando a expressão econômica do arroz. Portanto, em regiões tropicais, a utilização das várzeas pode ser feita de forma sustentável, pois permite o cultivo de duas a três safras por ano na mesma área. Conseqüentemente, uma segunda colheita de arroz, mediante o cultivo da soca, pode ser uma das primeiras alternativas viáveis para aumentar a produtividade de grãos (Santos, 1999, 2001). Devido à menor incidência de doenças nas espécies cultivadas na entressafra de arroz, nas várzeas da região tropical, a produção de grãos, como o feijão, por exemplo, é obtida com menor uso de defensivos, portanto, considerados cultivos pouco poluentes. Isto possibilita a produção de sementes com menor incidência de patógenos, por conseguinte, com valor agregado, para abastecimento das regiões produtoras tradicionais. Esta utilização intensiva das várzeas favorece o cultivo do arroz irrigado.

Tem-se verificado que a produtividade de grãos da cultura de arroz irrigado na região tropical é menor que a obtida na região temperada. Isto normalmente é resultante dos efeitos prejudiciais de determinados fatores bióticos e abióticos sobre a cultura. Como fatores bióticos, consideram-se as incidências extremamente elevadas de doenças, como a brusone causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, e de pragas, como o percevejo-das-panículas – *Oebalus* spp. Como fatores abióticos, os estresses térmicos podem estar afetando negativamente a produtividade do arroz, devido à elevação da temperatura da água de irrigação que em determinadas épocas atinge valores extremamente altos. Ademais, a menor produtividade de grãos em condições tropicais também pode ser atribuída à redução do ciclo da cultura e menor resposta aos fertilizantes, especialmente, ao nitrogênio. Com isso, é necessário desenvolver sistemas de produção que possibilitam minimizar estes efeitos e fazer com que a planta de arroz possa conviver de forma sustentada com esta situação, com danos mínimos ao ecossistema várzeas. Por outro lado, as condições climáticas das várzeas da região tropical permitem o seu cultivo durante todo ano com o arroz, o cultivo da soca ou arroz seguido



de outras espécies, tendo, portanto, maior produção anual de fitomassa que nas várzeas da região subtropical.

O cultivo da soca, que é a capacidade das plantas de arroz em regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos na colheita, tem se mostrado como uma alternativa viável para aumentar a produtividade de grãos na região tropical (Santos, 1999, 2001). Mais recentemente esta prática de cultivo tem sido usada em várzeas tropicais, onde tem despertado grande interesse em decorrência da obtenção de relação benefício:custo mais favorável; em áreas melhor conduzidas têm-se obtido produtividade ao redor de 1.500 kg ha<sup>-1</sup>, com custo de produção equivalente a cinco sacas. No entanto, resultados de pesquisa têm mostrado que com o uso de tecnologia é possível obter produtividades mais expressivas, o que tem estimulado o uso desta prática em áreas extensivas. Assim, o cultivo da soca possibilita aumentar a produtividade das várzeas tropicais com qualidade de produção, reduzir a sazonalidade do uso de máquinas e implementos, aumentar a ocupação da mão-de-obra rural e incrementar a renda líquida dos produtores.

A soca é obtida com menor uso de defensivos, comparativamente ao cultivo principal, pois não se empregam herbicidas e raramente é necessário o uso de fungicidas, com isso pode ser considerada um cultivo pouco poluente, de baixo impacto ambiental, o que contribui para o equilíbrio ecológico.

Outra alternativa que tem se mostrado interessante na região tropical é a utilização de cultivares de arroz de terras altas, especialmente, em áreas novas, ainda não sistematizadas ou de mais difícil manejo da lâmina de água de irrigação. Essas cultivares possibilitam o plantio e a colheita mais cedo, não necessitam da lâmina de água para o seu cultivo, apenas banhos ou a umidade natural. Outras vantagens dessas cultivares são: a excelente qualidade dos grãos, que atendem a exigência do mercado consumidor de arroz; a possibilidade de venda imediata do produto, pois não necessitam de longo período de maturação pós colheita; e a possibilidade de obtenção de melhor preço na comercialização em virtude de serem colhidas antes das cultivares de arroz irrigado, portanto antes da queda dos preços do arroz com a maior concentração da colheita nas principais regiões produtoras.

Nas Regiões Norte e Centro-Oeste, região dos Cerrados, há cerca de 12 milhões de ha de várzeas, sendo a maior parte ainda sob mata ou pastagem nativa (Rassini et al., 1984). A planície sedimentar da Bacia do



Araguaia, no Tocantins, ocupa cerca de 1,2 milhão de hectares e, atualmente, a área cultivada com arroz irrigado é de apenas 72 mil hectares, evidenciando o grande potencial para a expansão da cultura irrigada no estado, compreendendo os municípios de Cristalândia, Dueré, Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium. Como exemplo da região tropical com potencial produtivo para a cultura, tem-se o vale do Javaés, uma imensa área de várzea entre os rios Araguaia e seus afluentes, Urubu, Javaés e Formoso, com mais de 500 mil hectares, considerada a maior área contínua para irrigação por gravidade do mundo (Vale do Javaés..., 2003). Nesta área, estão instalados os projetos Rio Formoso, no Formoso do Araguaia, e o projeto Javaés, na Lagoa da Confusão. Ambos os projetos ocupam apenas 50 mil hectares com a cultura do arroz, no período chuvoso, e outras espécies, na entressafra do arroz. A altitude da área está em torno de 200 m e o relevo com inclinação menor que 0,05%, o que favorece as inundações periódicas, dando origem a solos mal drenados (Aidar et al., 1992).

Além do Estado do Tocantins, o cultivo de arroz irrigado é importante em vários estados da Região Norte, como Amapá, Roraima e, mais recentemente, no Pará. Tomando os dados do Amapá, veremos que existem aproximadamente 680 mil hectares de áreas de várzeas passíveis de aproveitamento, sendo boa opção para o estado tornar-se auto-suficiente na produção de cereais, como milho e arroz, cuja importação representa 90%. O Estado de Roraima possui 250 mil hectares de várzeas inundáveis que podem ser incorporadas ao sistema produtivo. Deste potencial, apenas 6% da área estão sendo cultivados com arroz irrigado, ou seja, cerca de 15 mil hectares. Medeiros et al. (1995) mencionam que a cultura do arroz irrigado é uma das mais importantes atividades econômicas do estado. A região orizícola de Roraima tem acesso tanto ao mercado nacional como internacional, pois está ligada ao eixo de integração Arco Norte com saídas para a Venezuela, Guiana Inglesa, Manaus e para o corredor de exportação Madeira-Amazonas. O cultivo de arroz na região caracteriza-se pela semeadura em condições de várzea com irrigação contínua, por meio de bombeamento da água com moto-bomba. O sistema de semeadura é a lanço, com semente e solo secos. As inundações ocorrem na época chuvosa, que vai de maio a setembro, quando são plantados 30% da área total; o restante da área é cultivado com irrigação, no período que vai de outubro a março. As várzeas altas, que não inundam no período chuvoso, permitem o cultivo de arroz nos períodos das chuvas e seco, com produtividade média de grãos de 12 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A cultura do arroz é de ciclo curto, de alta qualidade



de grãos e é colhida no período de entressafra das principais regiões produtoras do Brasil.

Na Região Centro-Oeste, a área e a produção de arroz irrigado representam 3,6% e 3,2% do total, respectivamente, e no Estado do Mato Grosso do Sul concentram 77% e 79% da área cultivada e da produção da região. Nesse Estado, a maioria dos agricultores é oriunda do Sul e, naturalmente, utilizam a mesma tecnologia e cultivares recomendados para a Região Sul do país. No Estado de Goiás, dois empreendimentos de irrigação em várzeas encontram-se em implantação para incorporação ao sistema produtivo de áreas com potencial agrícola: os projetos Luís Alves e Flores de Goiás. O projeto Luís Alves encontra-se na planície do médio Araguaia, na divisa de Goiás com o Mato Grosso. Previsto para ocupar 30 mil ha, sendo a metade como reserva ambiental, de um total de três etapas, a primeira, com 2 mil ha sistematizados, já foi concluída, com estrutura de diques, sistema de captação de água por bombas adutoras e canais de irrigação e de drenagem. O projeto Flores de Goiás localizado no nordeste do Estado irá alcançar uma área total de irrigação de 25 mil ha, compreendendo a faixa que vai do rio Paranã até o rio Macacão, passando por várias propriedades, entre elas, quatro assentamentos.

A Região Sudeste participa com apenas 1,1% da produção brasileira de arroz, sendo cultivado em pequenas áreas em todos os estados, principalmente no vale do Paraíba, no Estado de São Paulo. Na década de 80, o estado plantava cerca de 21.000 ha de arroz irrigado, utilizando a semeadura direta com semente e solo secos e o transplântio, para contornar um fator limitante que era o arroz vermelho. Embora as produtividades fossem altas, ao redor de 5.000 kg ha<sup>-1</sup>, os custos de produção e da terra, a baixa qualidade de grão das cultivares disponíveis, a contaminação da água de irrigação e o problema das plantas daninhas, além do arroz vermelho, causaram a redução da área cultivada que atualmente está ao redor de 15 mil ha. Situação similar à paulista ocorreu no Estado do Espírito Santo que, em 1986, a área plantada com arroz atingiu cerca de 40 mil ha, e hoje não aparece nas estatísticas de arroz irrigado.

Como exemplos da Região Nordeste com potencial produtivo para a cultura, têm-se o Ceará, Pernambuco, os perímetros irrigados em Sergipe e Alagoas e os Estados do Maranhão e Piauí. A área de cultivo de arroz irrigado no Ceará é de 21 mil ha, sendo a área média ao redor de 3 ha e Iguatu, Ico e Quixelô os principais municípios produtores. Empregam-se a semeadura com semente seca, pré-germinada e o transplântio (Fig. 3.2).





**Fig. 3.2.** Cultivo de arroz irrigado por transplântio na vazante do Açude de Orós, no Ceará.

A lavoura orizícola encontra na região do vale do São Francisco, no Estado de Pernambuco, condições edafoclimáticas propícias ao seu desenvolvimento. O potencial agrícola dos solos aluviais da região do submédio São Francisco, compreendendo os municípios de Cabrobó, Santa Maria da Boa Vista, Belém do São Francisco e Orocó, pode alcançar 40 mil ha, com possibilidade de cultivo intensivo durante todo o ano. Os sistemas de plantio de arroz mais empregados nesta região são a semeadura direta com semente seca em solo seco, a lanço ou em linha, e o transplântio. É comum a sucessão da cultura de cebola com o arroz irrigado. A importância econômica, social e alimentar do arroz para a região do baixo São Francisco, nos Estados de Sergipe e Alagoas, é extremamente relevante, em virtude de ser cultivado em pequenas áreas, em média 4 ha, com mão-de-obra familiar, visando principalmente a subsistência do agricultor e sua família. O potencial para o cultivo de arroz nesta região é de 20 mil ha, apenas para arroz irrigado não se considerando o sistema de vazantes. Deste total, apenas 8.300 ha acham-se incorporados ao processo produtivo, em áreas da Coordenadoria de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF). Atualmente, a produção de arroz na região não atende a demanda local. Segundo Fonseca et al. (1988), no final da década de 80, havia 8.348 ha irrigados nos perímetros da CODEVASF, distribuídos entre 2.071 irrigantes. Ademais, o arroz era cultivado na região pelo sistema de vazante e de irrigação privada em cerca de 3 mil hectares. O cultivo de vazante consiste no aproveitamento das áreas inundadas temporariamente



pelo rio São Francisco e seus afluentes. Antes das cheias, que se iniciam normalmente em novembro ou dezembro, a área é lavrada e gradeada. Após a inundação, em meados de abril, inicia-se o transplântio, cujas sementeiras são feitas nas partes mais altas, e à medida que as águas vão baixando, as mudas vão sendo transplantadas na lama.

O Maranhão, reconhecido produtor de arroz de terras altas, tem um potencial de cerca de 3,5 milhões de hectares de terras irrigáveis. A microrregião Baixada Maranhense tem relevante importância para a cultura, possuindo cerca de 2.000 ha de arroz irrigado, principalmente nos municípios de Arari e São Mateus, no centro do estado. Nesta microrregião, predominam associações de produtores que utilizam mão-de-obra familiar em pequenas áreas, de 1,5 a 4 ha, e também a presença de médios produtores com lavouras particulares em áreas de 40 ha que atingem produtividade de até 7.200 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando, assim, a potencialidade para a cultura (Méndez del Villar et al., 2001). O preparo do solo e a construção das taipas para irrigação e o plantio são feitos por tração motora com tratores pertencentes às associações. Já no caso dos médios produtores, estas operações são feitas por maquinaria própria. A exploração é feita na maioria por arrendatários ou posseiros. O custo de produção do arroz irrigado é maior que o de outros sistemas praticados no estado, entretanto é colhido em janeiro, na entressafra, ao passo que na maioria dos outros sistemas a colheita é realizada em março. Com isso, nesta época em que a oferta é mais baixa, os preços são os mais altos. Nos sistema irrigado, as etapas mais caras são preparo do solo e aplicação de defensivos e colheita (Méndez del Villar et al., 2001). Na Baixada Maranhense encontram-se condições favoráveis de solo, topografia, disponibilidade de água e assistência técnica que está proporcionando aos produtores alta produtividade e boa qualidade de grãos, quando comparados a outras regiões do Maranhão.

Ademais, no Piauí, no baixo Parnaíba, existem mais de 77 mil ha de várzeas, sendo a área cultivada de apenas 10% do potencial das terras disponíveis. É grande a importância econômica e alimentar da cultura do arroz para a Região Nordeste, que assume maior relevância pelas condições excepcionais que o clima apresenta para esse cultivo, possibilitando duas colheitas anuais, mediante a irrigação.

## **ECOSSISTEMA TERRAS ALTAS**

### **Sistema de cultivo de sequeiro**

Em terras altas, o arroz pode ser cultivado com irrigação suplementar por aspersão ou sem irrigação, ou seja, a disponibilidade de água para a cultura é totalmente dependente da precipitação pluvial.



Esse sistema de cultivo predomina nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Bahia, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Quando a irrigação suplementar é utilizada no arroz plantado sob condições de Cerrados, o aumento da produtividade de grãos é da ordem de 70 % (Manzan, 1984; Pinheiro et al., 1985; Sant'Ana, 1989).

O sistema de cultivo de arroz com irrigação por aspersão caracteriza-se pelo intenso uso do solo, com rotação de culturas e elevado uso de tecnologia. Os plantios feitos na estação chuvosa, durante os meses de outubro a maio, fazem uso da irrigação de forma suplementar. No início do período "da águas", a ocorrência de precipitações pluviais é errática e em janeiro e fevereiro podem acontecer períodos de estiagem, denominados veranicos, principalmente no sul da Região Centro-Oeste.

De um modo geral, o agricultor que usa irrigação pelo sistema de pivô central cultiva, durante o inverno, o feijoeiro ou o trigo, em sucessão com o milho, arroz ou soja, durante o verão. O milho representa cerca de 80% da rotação de culturas nas áreas sob pivô. O arroz, embora pouco utilizado, é a cultura de maior potencial. Sob essas condições, as cultivares de arroz utilizadas no sistema produzem entre 3.500 e 5.000 kg ha<sup>-1</sup>. Contudo, para que o arroz seja um componente rentável nesse sistema, a cultivar deve apresentar tipo de planta intermediário entre o sequeiro tradicional e o irrigado (Pinheiro et al., 1985), e possuir características, como: ciclo curto; resistência ao acamamento; elevado potencial produtivo; e boa qualidade de grão.

Em curto prazo, as expectativas para o incremento da área com irrigação utilizando o pivô central são limitadas, visto ser este um sistema que requer elevado investimento inicial para sua implantação. Considerando a área hoje disponível no país para a prática de agricultura sob pivô central, é possível antever a possibilidade de crescimento da área plantada com arroz dentro desse sistema, já que a cultura, nos últimos anos, vem apresentando vantagens comparativa com outras culturas.

A Região Centro-Oeste é a mais importante no cultivo de arroz de terras altas. Nessa região, predominam os Latossolos, que apresentam boas características físicas, mas de baixa fertilidade natural. A precipitação pluvial anual está ao redor dos 1.500 mm, distribuídos ao longo dos meses de outubro e maio.

Na região dos Cerrados, as propriedades agrícolas caracterizam-se por serem bastante extensas. Uma amostragem feita por Teixeira





et al. (1987) em 200 fazendas da Região Centro-Oeste, indicou que, no Mato Grosso do Sul, 50% das propriedades possuíam área maior que 1.000 ha e, no Estado de Goiás, existiam 31% nesse grupo e 33% entre 500 e 1.000 ha. Ainda que exista um significativo número de pequenos produtores de arroz, como apontado por Martiniano et al. (1996) e Santos et al. (1996), sua importância, em termos de produção total, é pouco relevante.

O sistema tradicional de cultivo do arroz de sequeiro vem sendo utilizado desde o início da década de 70, quando as políticas governamentais, por meio de créditos diferenciados e assistência técnica, estimularam a utilização dos Cerrados para a produção de alimentos. O arroz, por sua rusticidade e tolerância à acidez (Sarkarung, 1986), foi utilizado nessa região como elemento de abertura de áreas para a implantação de pastagens e outras culturas como o milho e a soja (Embrapa, 1981).

Nessa região, o sistema de produção do arroz de sequeiro caracteriza-se pela utilização de máquinas em todas as operações agrícolas. Portanto, a utilização de mão-de-obra é baixa e requer especialização.

A instabilidade climática durante o período de cultivo e a ocorrência de doenças, especialmente brusone, e de pragas, como cupins, contribuem para a sua baixa produtividade e o rótulo de "cultura de alto risco". Por outro lado, quando manejada adequadamente é capaz de apresentar produtividades de grãos de até 5.000 kg ha<sup>-1</sup> (Guimarães et al., 2001).

Na década dos anos 80, devido à importância crescente da cultura da soja, à necessidade de abertura de áreas nas regiões climaticamente mais favoráveis, à rotação de culturas e à presença de agricultores mais tecnificados, o arroz passou a ser visto como uma alternativa economicamente rentável para o sistema agrícola da região.

Como a condição básica para a existência desse sistema é a disponibilidade de água de chuva, o cultivo é feito no período de verão, entre os meses de outubro e abril. Há casos em que o período de plantio se estende até o início de fevereiro, aumentando assim os riscos de ocorrência de veranicos na fase reprodutiva da cultura, levando a decréscimos significativos da produtividade.

Como regiões climaticamente favorecidas, destacam-se parte do Maranhão e do Mato Grosso, Rondônia e Pará.



No Estado do Maranhão, segundo maior produtor do país, o arroz é cultivado geralmente em consórcio com milho e mandioca. O sistema baseia-se na utilização de áreas que estão em pousio por vários anos. Teixeira et al. (1991) descreveram as operações utilizadas no cultivo do arroz como: roçada; retirada de tocos e raízes; queimada; limpeza e plantio. Quase que na totalidade, essa estrutura de produção utiliza a participação de mão-de-obra familiar, com práticas culturais e de colheita tradicionais. O uso de insumos é baixo. Maluf (1977) ressalta ainda que as condições climáticas contribuíram de maneira decisiva para que o arroz fosse escolhido como a cultura principal do sistema consorciado. A crescente presença da pecuária substituindo as áreas de lavoura fez com que, cada vez mais, a produção de grãos fosse deslocada para áreas marginais e deixada na mão de pequenos agricultores. A evolução da cultura do arroz criou, no Estado do Maranhão, uma estrutura única de produção dessa gramínea no país. Ainda hoje, o consórcio e a participação de um grande número de pequenos produtores são as principais características do cultivo de arroz nesse estado.

Recentemente, vem ocorrendo uma evolução rápida nos sistemas agrícolas, acompanhada de uma demanda crescente por tecnologias mais eficientes. No sul do Maranhão, todavia, encontram-se propriedades que cultivam o arroz de maneira empresarial. Essa região apresenta um grande potencial agrícola para o estado, principalmente pela presença de agricultores imigrantes de regiões com tradição e experiência em agricultura empresarial. Além disso, apresenta possibilidades de escoar a safra pelo porto de São Luís, utilizando o transporte ferroviário para levar o produto até o terminal marítimo.

Na Região Sudeste do país, destacam-se o sudeste de Minas Gerais e o nordeste de São Paulo, ambas as regiões apresentando boa disponibilidade total de chuvas, entre 1.200 e 1.500 mm ano<sup>-1</sup>, entretanto com distribuição irregular. Condições climáticas desfavoráveis, como a distribuição irregular de chuvas, associadas à baixa adoção de tecnologias, especialmente no que se refere ao manejo do solo, ao uso de insumos e à adoção da monocultura contínua, têm contribuído para a baixa produtividade do arroz de terras altas, desestimulando a produção e, conseqüentemente, provocando decréscimos na área plantada com arroz nesses estados.

A qualidade de grão é uma característica capaz de fazer com que a cultura do arroz de terras altas se torne economicamente mais atrativa ao agricultor e participe de maneira significativa nos sistemas de produção atuais.



## FATORES QUE AFETAM A CULTURA NO ECOSISTEMA TERRAS ALTAS

### Monocultura contínua

A monocultura contínua reduz a capacidade do solo em manter a produtividade de várias culturas, dentre elas o arroz, milho, trigo, algodão e o feijoeiro (Chou & Lin, 1976; Crookston & Kurle, 1989; Hicks et al., 1989; Hedge & Miller, 1990).

No caso específico do arroz de terras altas tem sido observado que a sua produtividade decresce à medida que são feitos plantios sucessivos na mesma área a partir do segundo ano (Guimarães et al., 2001). Dessa forma os agricultores procuram novas áreas para implantar a cultura a cada dois ou três anos. Esse fato acarreta, na maioria das vezes, um ciclo que envolve o desmatamento, a queimada e o plantio de arroz, em operações que se repetem com grave agressão à natureza.

A redução da produtividade, muitas vezes pela metade, é conseqüência de diversos fatores isolados ou em conjunto. Atualmente, sabe-se que um desses fatores diz respeito a produtos excretados pelas raízes do arroz que permanecem no solo, prejudicando o seu próprio desenvolvimento. A associação entre exsudatos das raízes e microrganismos causa efeitos inibitórios ao crescimento do arroz de terras altas. Tais efeitos autotóxicos, designados genericamente como alelopáticos, são específicos, porque desaparecem após a rotação de culturas, e duradouros, porque permanecem no solo durante o período de entressafra (Nishio & Kusano, 1977).

### Efeitos alelopáticos

A autoxicidade, segundo Crookston (1984), decorre do acúmulo de microrganismos antagônicos, os quais são responsáveis pelas reduções do sistema radicular e, conseqüentemente, pelo decréscimo da produtividade de uma determinada espécie cultivada sucessivamente na mesma área. Os compostos tóxicos, no caso particular do arroz, são liberados para o ambiente tanto pela decomposição dos restos culturais (Chou et al., 1992), como pela exsudação das raízes (Fujii, 1993).

Os sintomas dos efeitos autotóxicos do arroz mais citados na literatura são: redução na germinação; falta de vigor vegetativo ou morte das plântulas; amarelecimento ou clorose das folhas; redução do perfilhamento; atrofiamento ou deformação das raízes e da parte aérea;



raiz de coloração marrom; redução do crescimento; e decréscimo da produtividade (Almeida, 1988; Yamazadi 1957, citado por Nishio & Kusano, 1977). Estes efeitos tem sido atribuídos a algumas fitotoxinas. Por meio de cromatografia, essas toxinas foram identificadas como sendo ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico, ácido vanílico, ácido *p*-hidróxidobenzoico, ácido *o*-hidróxidofenilacético e muitos outros compostos desconhecidos. Segundo Blum (1995), para atingir níveis inibitórios, os ácidos fenólicos devem ser continuamente liberados durante um certo período de tempo e na presença de um determinado volume radicular. Se o período de tempo ou a proporção do sistema radicular em contato não forem suficientes, as plântulas não serão afetadas ou terão oportunidade de restabelecerem-se plenamente, uma vez que os ácidos fenólicos tornam-se suficientemente esgotados na rizosfera. Este esgotamento ocorre via absorção e fixação do solo e atividade microbiológica. Ademais, a planta deve apresentar sensibilidade à ação dos ácidos fenólicos.

Apesar dos anos de pesquisa sobre alelopatia em arroz e também em outras culturas, existem dúvidas nesta área. Não se pode afirmar ainda quais são os compostos químicos envolvidos nesse processo. Muitos são os entraves que dificultam a pesquisa em alelopatia, podendo-se citar, por exemplo, a dificuldade de reproduzir em laboratório o que acontece no campo.

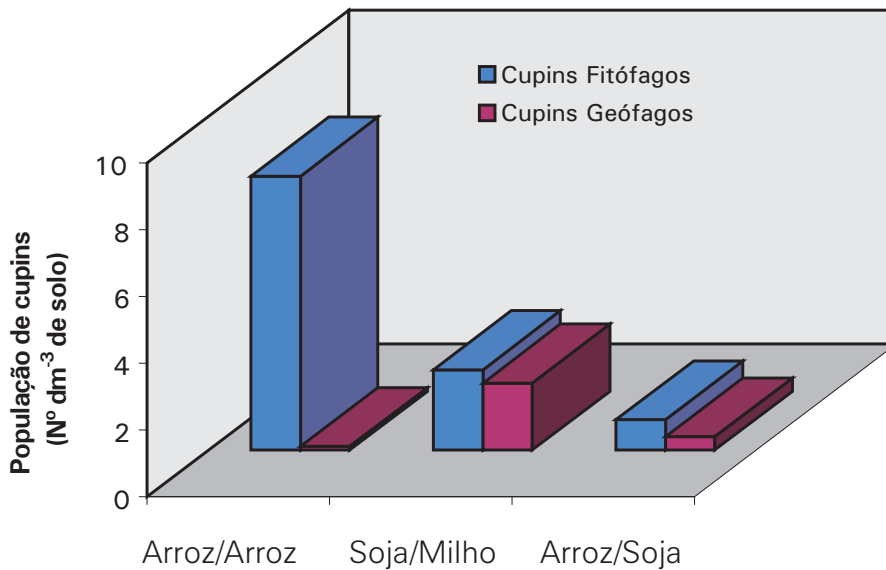
### Incidência de cupins

Tem sido observado aumento da incidência de cupins em áreas exploradas com arroz, principalmente nas monoculturas contínuas. Moraes (1990) verificou forte ataque de *Syntermes* spp. no segundo ano de condução de experimentos na mesma área, resultando em redução da produtividade do arroz. Segundo o autor, o ataque intensificou-se ainda mais no terceiro ano de cultivo.

Levantamentos efetuados por Czepak (1995), em áreas experimentais utilizadas com a cultura de arroz, indicaram que a incidência de cupins fitófagos foi praticamente duas vezes maior que a de cupins geófagos. Esta é uma situação perfeitamente previsível, uma vez que o arroz cultivado anteriormente na área serve como forte atrativo para cupins fitófagos. Dentre as espécies fitófagas presentes na área destacam-se a *Aparatermes* spp., *Procornitermes triacifer* e *Syntermes* sp., num total respectivo de 124, 101 e 8 espécimes coletados. As espécies geófagas identificadas pertencem aos gêneros *Anoplotermes*, *Grigiotermes*, e *Ruptitermes*, num total respectivo de 79, 33 e 1 espécimes coletados.



A ocorrência de cupins geófagos e fitófagos na monocultura contínua arroz/arroz e nas rotações soja/milho e arroz/soja conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão, é apresentada na Fig. 3.3. Observa-se maior incidência das espécies fitófagas no sistema arroz/arroz em relação aos demais e também em relação às espécies geófagas que, por sinal, estiveram ausentes na monocultura contínua de arroz. Isto demonstra que o plantio sucessivo de arroz na mesma área favorece a colonização de cupins de hábitos fitófagos, ao mesmo tempo em que limita os geófagos. Czepak (1995) sugere também que, com o passar dos anos, a população dessas espécies danosas tende a aumentar ainda mais e com maior prejuízo para o solo, já que as espécies geófagas responsáveis pela destruição dos restos culturais provavelmente estariam ausentes ou em número reduzido em situações de monocultura contínua.



**Fig. 3.3.** Incidência de cupins geófagos e fitófagos em diferentes sistemas de rotação de culturas. A primeira cultura foi conduzida no verão de 1993 e a segunda no verão de 1994.

Fonte: Adaptada de Czepak (1995).

A determinação de sistemas agrícolas adequados para diferentes condições edafoclimáticas regionais é, sem dúvida,



importante para a manutenção da capacidade produtiva dos solos e para a redução do uso de fertilizantes minerais, com a consequente redução dos custos de produção. O uso de leguminosas nos sistemas de rotação de culturas é indispensável, principalmente aquelas que apresentam sistema radicular profundo (Tisdale et al., 1985). Moraes (1990) verificou que a cultura do arroz após arroz produziu 2.472 kg ha<sup>-1</sup> com uma adubação de manutenção com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15 aplicados no sulco, enquanto, sob as mesmas condições de adubação, porém cultivada após o guandú (*Cajanus cajan* L.), a produtividade do arroz atingiu 4.332 kg ha<sup>-1</sup>, representando um aumento de 75,2%.

### Doenças e pragas

A rotação de culturas é um dos métodos mais antigos e eficientes usados para o controle de pragas do solo, principalmente os nematóides (Barker, 1991), tendo, porém, pouca importância no controle de doenças provocadas por vírus e bactérias.

Tem sido observado que a prática da monocultura contínua de trigo ou cevada, em áreas livres de doenças do sistema radicular, tem causado decréscimos de produtividade, especialmente a partir do terceiro ou quarto anos de cultivo, mesmo em plantio direto. Isto se deve ao aumento gradativo das doenças que atacam o sistema radicular desses cereais (Santos et al., 1991; Windels & Wiersma, 1992).

A rotação de culturas pode diminuir a população de alguns fungos que atacam a parte aérea dos cereais de inverno (Shaner, 1981). Reis et al. (1983) indicam que os efeitos positivos da rotação de culturas sobre o controle de doenças tornam-se mais evidentes em anos de altas precipitações pluviais. Nos períodos de baixa precipitação, Santos et al. (1991) observaram maior incidência de doenças no sistema radicular da cevada em monocultura contínua, em comparação com as rotações.

No sistema de rotação soja-arroz, uma importante contribuição do arroz refere-se à redução da ocorrência do cisto da soja, provocado pelo nematóide, *Heterodera glycines*. Edwards et al. (1988) e Weaver et al. (1988) verificaram que a ocorrência deste nematóide na cultura da soja é também menor quando a cultura do milho é utilizada em rotação (Tabela 3.1).



**Tabela 3.1.** Efeitos da cultura anterior sobre a produtividade da soja e o número de larvas do nematóide (*Heterodera glycines*) causador do cisto da soja.

Cultura anterior	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Larvas (nº 100 cm <sup>-1</sup> de solo)
Milho	2.359 a	23 b
Soja	1.764 b	94 a

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de F, a 5% de probabilidade.  
Fonte: Weaver et al. (1988).

### Características físicas e químicas do solo

A introdução de leguminosas na rotação de culturas determina o aumento total de nitrogênio no solo, registrando-se incrementos de alguns compostos aminados, como o ácido aspártico, e redução de outros, como a arginina e a leucina (Campbell et al., 1991). Tem sido também observado que existe variabilidade entre as culturas quanto ao efeito sobre a estruturação do solo. Raimbault & Vyn (1991) verificaram efeitos positivos de leguminosas na estabilidade dos agregados, sob base úmida, quando presentes em sistemas de produção do milho. Por outro lado, Alberts & Wendt (1985) observaram que a soja diminuiu o tamanho dos agregados e sua estabilidade ao fim de quatro anos em monocultura contínua, comparativamente ao milho. A estabilidade dos agregados do solo é associada, freqüentemente, com o aumento dos teores de matéria orgânica causado pelos restos de culturas (Reid & Goss, 1981), o que explica o comportamento residual diferenciado da soja e do milho sobre o solo (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** Efeitos das culturas da soja e do milho sobre a estabilidade dos agregados, avaliada pelo diâmetro médio ponderado (DMP), após quatro anos de monocultura contínua .

Profundidade do solo (cm)	DMP (mm)	
	Soja	Milho
0 - 2,5	2,35	2,03
10 - 12,5	1,38	2,34

Textura do solo: areia: 52%; silte: 28%; argila: 20%.  
Fonte: Alberts & Wendt (1985).

Barber & Martin (1976) relataram a importância do sistema radicular das plantas na agregação do solo, pois verificaram que os compostos orgânicos liberados pelas raízes podem representar 40 - 70% da sua



matéria seca e, portanto, uma grande parte dos materiais orgânicos responsáveis pela estabilização do solo pode ter origem a partir da rizosfera.

A rotação de culturas favorece o comportamento das plantas e, conseqüentemente, a produção da matéria seca total. A melhor eficiência produtiva das plantas, por sua vez, tem resultado em aumento dos restos culturais incorporados no solo, tanto da parte aérea das plantas como das raízes.

A monocultura contínua da soja, seja em solo preparado com arado de aiveca ou grade, tem resultado em baixo teor de matéria orgânica no solo, quando comparado com sistemas de rotação de culturas. A rotação soja-arroz resulta em melhor produção de matéria orgânica no solo comparativa à rotação soja-milho, quando as culturas são conduzidas em solo preparado com arado de aiveca. O sistema de rotação soja-arroz somente foi inferior ao sistema soja-milho, cultivado sob plantio direto (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3.** Efeitos do preparo do solo e da rotação de culturas sobre o teor de matéria orgânica no solo.

Sistema de cultivo	Preparo do solo	Profundidade (cm)		
		0 - 10	10 - 20	20 - 30
		M.O. (%)		
Monocultura contínua de soja	Gradagem	1,0	1,0	1,0
Monocultura contínua de soja	Aração	1,0	0,9	0,7
Rotação soja-milho	Aração	1,5	1,3	1,3
Rotação soja-arroz	Aração	1,7	1,3	1,3
Rotação soja-milho	Plantio direto	2,0	3,4	3,8

Fonte: Seguy et al. (1993).

As diferentes espécies de plantas apresentam capacidade diferenciada no suprimento de resíduos culturais ao solo. O milho, por exemplo, pode fornecer até 17.000 kg ha<sup>-1</sup> de restos de cultura provenientes da parte aérea e 5.000 kg ha<sup>-1</sup> das raízes. Espécies diferentes determinam também o teor de nitrogênio nos resíduos e, por conseguinte, o acúmulo deste nutriente no solo (Tisdale et al., 1985). Em regiões com temperatura média anual alta, a decomposição da





matéria orgânica é contínua durante a maior parte do ano, tornando difícil a manutenção da matéria orgânica nos solos.

A palhada do arroz tem apresentado resultados promissores como cobertura protetora do solo. Lal et al. (1980) verificaram que a cobertura morta, resultante de 6 a 12 t ha<sup>-1</sup> por época de produção, diminuiu a taxa de degradação física e química do solo desmatado. O efeito benéfico da cobertura morta na movimentação da água no perfil e na estrutura do solo deve-se ao aumento da atividade biológica e à proteção contra o impacto das gotículas da chuva, que causam a pulverização da camada superficial. O decréscimo da densidade volumétrica e o aumento da condutividade hidráulica saturada relacionam-se diretamente com a quantidade de cobertura morta (Tabela 3.4) e com o aumento da atividade de minhocas.

**Tabela 3.4.** Condutividade hidráulica e densidade volumétrica do solo a 0 - 5 cm de profundidade em função da quantidade de palha de arroz aplicada na superfície do solo, como camada de proteção, em diferentes períodos após o desmatamento.

Palha de arroz (t ha <sup>-1</sup> )	Meses após o desmatamento		
	6	12	18
	Condutividade hidráulica saturada (cm h <sup>-1</sup> )		
0	55a	54a	30a
2	57a	72b	45a
4	128b	96c	70b
6	122b	130c	132c
12	167d	182d	129c
	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )		
0	1,22a	1,32a	1,31a
2	1,21a	1,20b	1,27ab
4	1,19ab	1,17bc	1,18bc
6	1,13ab	1,09cd	1,20bc
12	1,05b	1,04d	1,13c

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente.

Fonte: Lal et al. (1980).

A ação protetora da palha de arroz determina, também, a redução da temperatura do solo (Fig. 3.4). Com a aplicação de 2, 4, 6 e 12 t ha<sup>-1</sup> de cobertura morta, a redução da temperatura máxima foi, respectivamente, de 3,3, 4,1, 4,5, e 5,4°C, em comparação com os valores verificados na testemunha sem cobertura (Lal et al., 1980).



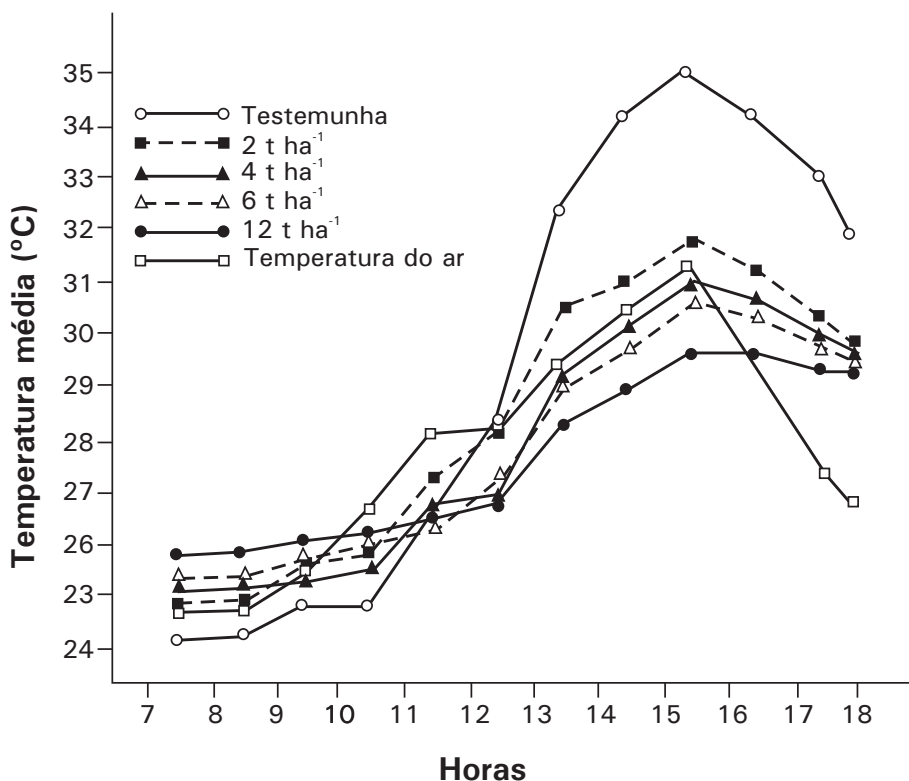


Fig. 3.4. Efeito da cobertura morta sobre a temperatura do solo.

Fonte: Adaptada de Lal et al. (1980).

### Plantio convencional de arroz após soja

Em virtude das altas aplicações de calcário para a cultura da soja, não são raras as vezes que os solos apresentam saturações por bases acima do recomendado para a cultura do arroz. Nestas circunstâncias, é comum ocorrências de deficiências de micronutrientes, como Zn e Fe. Esta situação pode ser contornada pelo preparo do solo, trazendo à superfície o horizonte mais profundo, geralmente mais ácido em comparação ao superficial, ou pela adubação com micronutrientes. Trabalhos conduzidos com arroz após soja confirmam parcialmente tais sugestões, pois as aplicações de macro e micronutrientes não resultaram em aumento significativo da produtividade do arroz em rotação com soja (Tabela 3.5). Entretanto, verificou-se que os sistemas de preparo do solo usados afetaram significativamente a produtividade do arroz. O preparo do solo com arado de aiveca proporcionou produtividade de 3.077 kg ha<sup>-1</sup> (Fig. 3.5), superior significativamente em 8,6 e 26%, às obtidas com arado escarificador e com grade aradora, respectivamente (Tabela 3.5).



Foto: Cleber Moraes Guimarães



**Fig. 3.5.** Arroz após soja, no Sistema Plantio Convencional. Rondonópolis, MT. Fazenda São Carlos.

As arações com arado de aiveca e com arado escarificador, por romper o solo a maiores profundidades, provavelmente, influenciaram os fatores ambientais associados ao comportamento radicular que resultaram no aumento da produtividade. O preparo efetuado com grade aradora foi superficial, e não favoreceu o crescimento radicular. A superioridade da aração com arado de aiveca em relação à escarificação certamente se deve à melhor incorporação dos restos de cultura pelo mesmo. Entretanto, o preparo excessivo do solo pode degradar intensivamente a matéria orgânica e induzir balanço negativo de carbono no solo, causando degradação da sua estrutura, aumento da erosão e finalmente perda da sua capacidade produtiva. Por outro lado, quando o solo se apresenta compactado, as plantas podem desenvolver sistemas radiculares menores, incapazes de suprir adequadamente as plantas com água durante períodos de veranicos ou mesmo durante as horas do dia com maior demanda atmosférica, em solo com boa disponibilidade hídrica (Kramer, 1969). Entretanto, Stone & Moreira (1996) observaram maiores produtividades de arroz, quando o preparo do solo foi efetuado na camada do solo de 0 - 15 cm de profundidade. Os autores atribuíram esta resposta à ausência de estresse hídrico, à maior disponibilidade de nutrientes nessa camada do solo, área de atuação da grade aradora, de maior concentração de nutrientes, e à inexistência de camadas de compactação que oferecessem resistência ao crescimento radicular.



**Tabela 3.5.** Produtividade do arroz de terras altas, cv. Caiapó, após soja, submetido a doses de macro e micronutrientes e a três sistemas de preparo do solo.

Macronutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )			Sistemas de preparo do solo		
			Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Arado de aiveca	Arado escarificador	Grade aradora
0	0	0	2.935a	2.786a	2.370a
4	30	16	3.230a	2.984a	2.442a
12	90	48	3.066a	2.700a	2.506a
<b>Micronutrientes</b>					
Com			3.090a	2.870a	2.493a
Sem			3.065a	2.776a	2.387a
Médias			3.077A	2.823B	2.440C
CV (%)				14,29	

**Observações:** (1) Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; letras minúsculas para comparação na mesma coluna, por tratamento, e maiúsculas para comparação entre colunas; (2) Análise química do solo: pH 5,6; Ca<sup>++</sup> 3,2\*; Mg<sup>++</sup> 1,7\*; Al<sup>+++</sup> 0,1\*; P 8,2\*\*; K 106\*\*; Cu 0,8\*\*; Zn 1,9\*\*; Fe 80\*\*; Mn 11\*\*; 24\*\*\*(\*cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, \*\* mg dm<sup>-3</sup>, g dm<sup>-3</sup>); e (3) Os tratamentos com micronutrientes receberam, no plantio, 20 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, 50 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR12 e 50 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato ferroso.  
Fonte: Guimarães & Stone (2004).

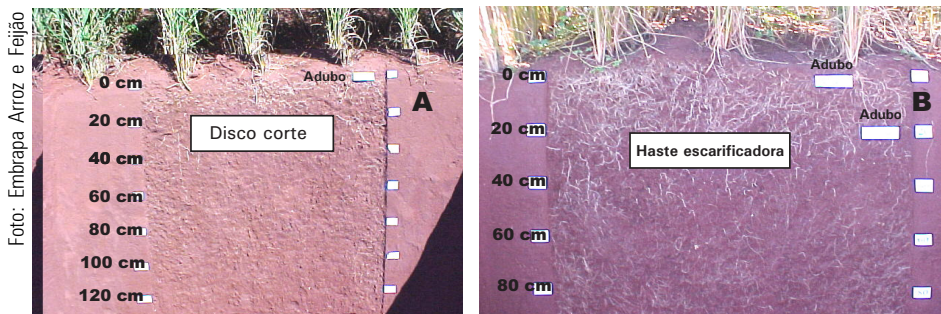
### Sistema plantio direto de arroz após soja

Os adensamentos geralmente observados nas áreas de Sistema Plantio Direto (SPD), em virtude do não revolvimento do solo e da movimentação das máquinas e implementos agrícolas usados nas várias etapas do processo produtivo (Derpsch et al., 1991; Urchei, 1996; Stone & Silveira, 2001), podem comprometer o desenvolvimento do arroz. Não são raras as citações relatando produtividades inferiores do arroz no SPD, quando comparado aos sistemas de preparo que revolvem o solo (Kluthcouski et al., 2000; Bastos et al., 2002; Lima et al., 2002; Guimarães et al., 2003c). O arroz cultivado nesse ambiente, se por um lado é favorecido pelo nitrogênio fixado pela leguminosa e armazenado no solo, por outro tem que conviver com uma camada de solo mais compactada. Isto tem sido decisivo na adaptação do arroz de terras altas ao SPD, por ser uma planta com sistema radicular muito sensível à compactação do solo (Guimarães & Moreira, 2001). Nesse ambiente, suas raízes são menos profundas, o que não acarreta grandes problemas à planta quando há boa disponibilidade hídrica no solo, porém, pode agravar os efeitos dos veranicos, pela menor capacidade da planta em absorver água. Por outro lado, um sistema radicular superficial não absorve os



nutrientes que se movimentam para as camadas mais profundas do solo. Isso é particularmente importante nas regiões com alta precipitação pluvial e em solos arenosos, como na pré-amazônia.

Semeadoras de SPD equipadas com dispositivos para romper mais eficientemente as camadas compactadas têm apresentado resultados positivos na indução do aprofundamento do sistema radicular do arroz de terras altas, constituindo-se, ao lado da própria capacidade de adaptação das cultivares, numa ferramenta importante para o cultivo do arroz em áreas de plantio direto de soja. A adoção dessa semeadora, equipada com disco de corte e haste escarificadora, induz aumento considerável das raízes, tanto na camada superficial quanto nas mais profundas comparativamente ao sistema onde se adotou a mesma semeadora porém equipada com apenas disco de corte (Fig. 3.6). Este último dispositivo, portanto, é eficiente em aprofundar a zona efetiva do sistema radicular. A produtividade, entretanto, pode não ser afetada significativamente pelo sistema de semeadura. Observou-se  $3.977 \text{ kg ha}^{-1}$  no plantio direto efetuado com a semeadora equipada com disco de corte e haste escarificadora e de  $3.860 \text{ kg ha}^{-1}$  no efetuado com a semeadora equipada com disco de corte apenas, um aumento não significativo de 3%.



**Fig. 3.6.** Sistema radicular do arroz de terras altas, cv. Canastra, no plantio direto com semeadora equipada com apenas disco de corte (A) e com disco de corte e haste escarificadora (B).

Quando a disponibilidade hídrica é adequada e a fertilidade do solo é satisfatória, o uso da semeadora equipada com haste escarificadora não apresenta vantagem em relação ao uso da equipada apenas com disco de corte, que é a normalmente usada no SPD. A haste escarificadora, entretanto, pode amenizar os efeitos da deficiência hídrica sobre a produtividade quando a cultura é submetida a períodos de distribuição irregular de chuvas, por propiciar o aprofundamento da zona efetiva do sistema radicular. Isto confere à planta maior capacidade de absorção da água mais profunda no solo, melhorando, conseqüentemente, sua condição hídrica durante os períodos de falta de chuvas.

## Adubação nitrogenada no planto direto do arroz de terras altas

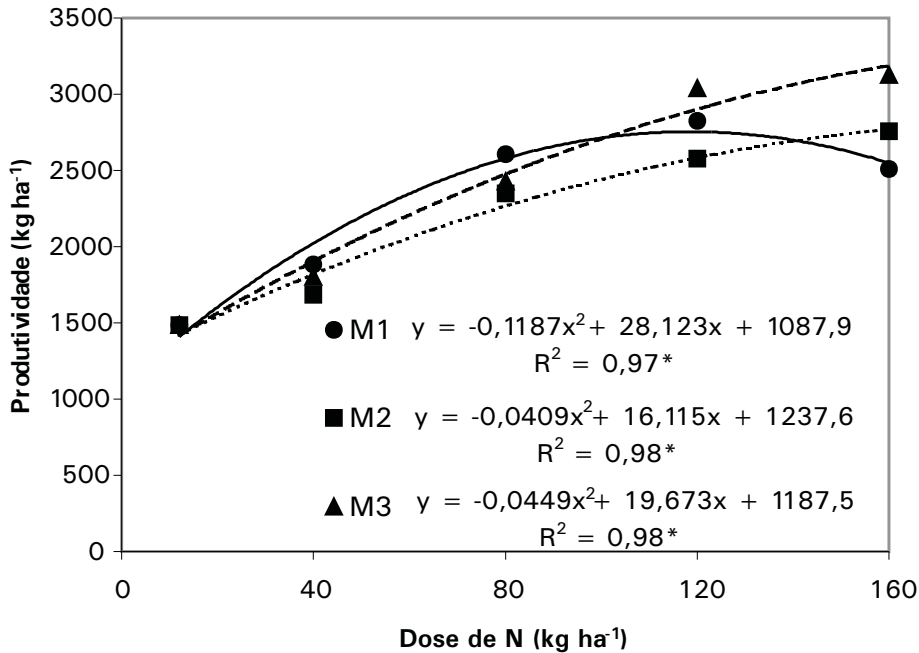
A maior consequência da adoção do SPD é a modificação do comportamento do solo pela alteração da dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica do solo, principalmente em decorrência da manutenção do solo coberto pela palhada. A taxa de decomposição dos resíduos é menor quando eles são mantidos na superfície do solo do que quando são incorporados (Bortoluzzi & Eltz, 2000). Em solos sob SPD pode ocorrer menor disponibilidade de nitrogênio para as plantas, devido à maior imobilização microbiana deste nutriente (Kitur et al., 1984; Heinrichs et al., 2001).

A recomendação atual de adubação nitrogenada para o arroz de terras altas, no Sistema Plantio Convencional (SPC), varia de 15 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (Fageria, 1998; Stone & Silva, 1998). Entretanto, como a magnitude em que a imobilização afeta a disponibilidade do N depende da relação C:N, da composição e da quantidade de resíduos produzidos pela cultura anterior, a resposta do arroz de terras altas à adubação nitrogenada no SPD é, geralmente, diferente à do SPC e deverá ser diferente após uma leguminosa ou uma gramínea.

Observou-se que a aplicação total do nitrogênio no arroz de terras altas após pastagem induziu aumento de produtividade até a dose de 118 kg ha<sup>-1</sup> de N, obtendo-se 2.754 kg ha<sup>-1</sup>, superior em 153% à produtividade estimada no tratamento sem N. Entretanto, quando as doses de N foram parceladas não foi observado ponto de máxima produtividade, dentro da amplitude de variabilidade das doses de N usadas (Fig. 3.7). Quando se fez a aplicação total de N na semeadura, obteve-se a máxima eficiência econômica com 100 kg ha<sup>-1</sup> de N para uma produtividade de 2.713 kg ha<sup>-1</sup>, situando-se acima da faixa de valores recomendados para o SPC (Fageria, 1998; Stone & Silva, 1998).

Ehlers & Claupein (1992) observaram que nos anos iniciais do SPD foi necessário aplicar mais N para atingir os níveis de produtividade do sistema convencional de preparo do solo. Entretanto, após alguns anos de SPD, com adubações extras de N ou com a introdução de leguminosas no sistema, a demanda e a eficiência da adubação nitrogenada nos dois sistemas aproximavam-se. Isto é devido à maior demanda de N na fase de implantação da cultura no SPD, em função da imobilização microbiana do nitrogênio (Kitur et al., 1984; Heinrichs et al., 2001).





**Fig. 3.7.** Produtividade do arroz de terras altas sob plantio direto após pastagem, em função de doses de N aplicadas totalmente na sementeira (M1), 1/2 na sementeira e 1/2 em cobertura (M2) e 2/3 na sementeira e 1/3 em cobertura (M3).

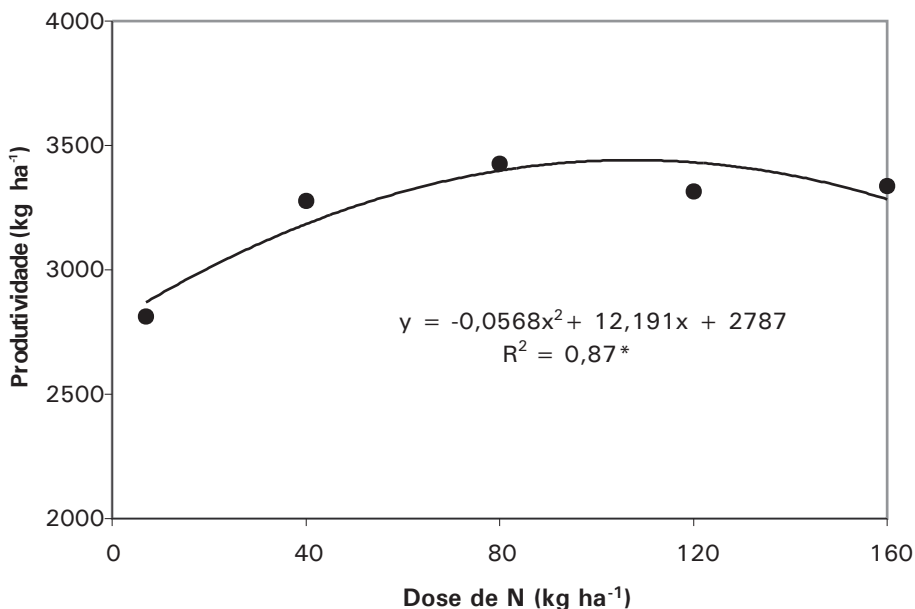
Fonte: Guimarães & Stone (2003).

Observou-se também que a esterilidade de espiguetas apresentou resposta linear positiva às doses de N, segundo a equação  $Y = 16,8 + 0,048X$ ,  $r^2 = 0,74^*$ . Isto foi devido à maior ocorrência de brusone nas panículas. As infecções ocasionadas pela doença geralmente ocorrem no primeiro nó abaixo da panícula, necrosando os tecidos e estrangulando o fluxo de carboidratos, o que compromete o enchimento dos grãos (Prabhu et al., 1986). O nitrogênio em doses elevadas intensifica a severidade da brusone (Santos et al., 1986). Estes autores afirmam também que a aplicação da totalidade do N no sulco, por ocasião da sementeira, aumenta a severidade da brusone quando comparada com a aplicação parcelada. Entretanto, no trabalho de Guimarães & Stone (2003) foi observado que a aplicação de todo o N na sementeira resultou em menor severidade da doença, comparativamente com as aplicações parceladas na sementeira e em cobertura. A aplicação de todo o N na sementeira propiciou menor esterilidade de espiguetas, 18,2%, em relação aos outros métodos de aplicação (M2 e M3), 22,5% e 21,4%, respectivamente.



A maior imobilização microbiana de N em solos com resíduos de alta relação C:N na superfície, como na área de SPD após pastagem de *Brachiaria*, C:N  $\geq 70$  (Rezende et al., 1999), pode ter contribuído para a redução na esterilidade de espiguetas, uma vez que a reciclagem de nutrientes é mais vagarosa (Fernandes et al., 1999). Isto pode explicar a menor ocorrência de brusone quando a adubação nitrogenada foi aplicada totalmente na semeadura.

O arroz cultivado após soja apresenta maiores produtividade que após pastagem, entretanto responde com menor intensidade à adubação nitrogenada. Para esta condição, a produtividade máxima foi de 3.441 kg ha<sup>-1</sup>, para uma dose de 107 kg ha<sup>-1</sup> de N (Fig. 3.8), um aumento de produtividade de apenas 23% em relação à estimada para a dose zero de N. O máximo econômico foi de 68 kg ha<sup>-1</sup> de N para uma produtividade de 3.353 kg ha<sup>-1</sup>. A demanda por N foi menor em virtude do cultivo ter sido conduzido em área de soja, em que ocorre maior mineralização do nitrogênio. Segundo Wienhold & Halvorson (1999), o aumento na taxa de mineralização de N representa um aumento do estoque deste nutriente no solo na fórmula orgânica lábil. Solos com grande estoque de N lábil são capazes de suprir a maior parte da demanda da planta por N. Além do mais, este N não se perde por lixiviação, o que explica a maior resposta da adubação aplicada totalmente na semeadura.



**Fig. 3.8.** Produtividade do arroz de terras altas sob Sistema Plantio Direto após soja, em função de doses de N.

Fonte: Guimarães & Stone (2003).





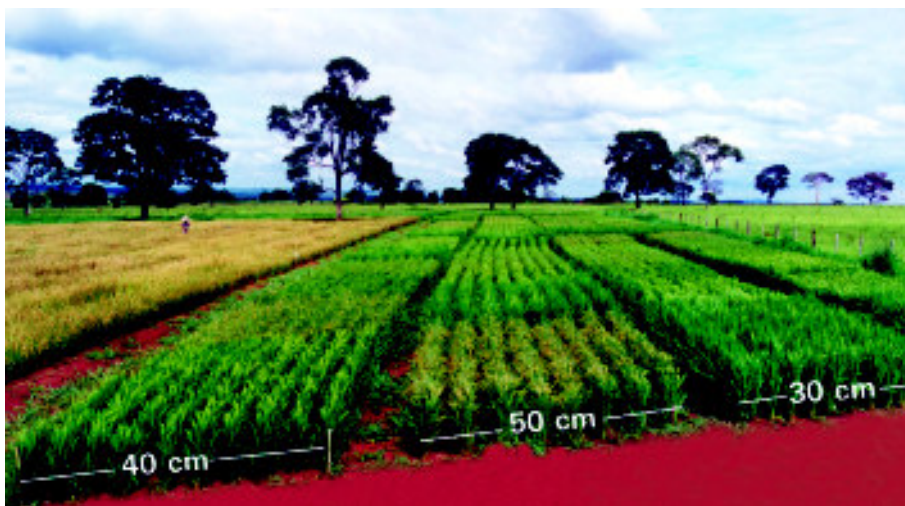
## Espaçamento entre linhas e densidade de semeadura

O plantio do arroz, empregando-se populações adequadas de plantas, dentro da época mais favorável ao seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, constitui medida indispensável à maximização de sua produtividade (Yoshida, 1977; Morais et al., 1989). Esta aumenta com o número de plantas por unidade de área até o ponto em que a competição intraespecífica por nutrientes, água, luz e outros fatores de produção limitam o processo produtivo (Galvão et al., 1969; Andrade et al., 1971; Yoshida, 1977). O maior número de plantas por unidade de área também aumenta a competitividade com as plantas daninhas. As cultivares tradicionais, por apresentarem folhas decumbentes, demandavam espaçamentos de 40 a 60 cm entrelinhas. Entretanto, Santos (1990) observou que a 'Guarani', com arquitetura tradicional, maximizou sua produtividade com uma densidade de 40 sementes  $m^{-1}$  em linhas espaçadas de 30 cm, enquanto que a 'Araguaia', também de arquitetura tradicional, no espaçamento de 40 cm, não respondeu às densidades de semeadura.

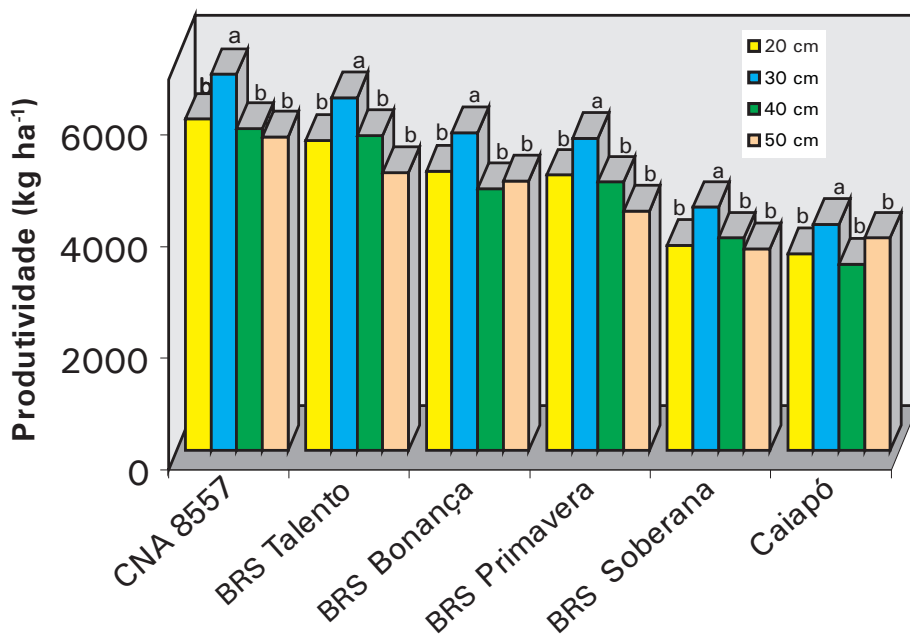
Desconsiderando-se o aspecto fitossanitário associado à susceptibilidade diferenciada às doenças, as cultivares menos perfilhadoras requerem mais sementes no plantio, enquanto que as mais perfilhadoras demandam menos sementes. Maior população de plantas acarreta maior auto-sobreamento, induzindo a um menor aproveitamento da luz solar, maior possibilidade de acamamento e susceptibilidade às doenças (Gastal, 1974; Mendes, 1978). Por outro lado, as populações aquém da adequada induzem também o subaproveitamento do solo e a emissão de perfilhos tardios e improdutivos, portanto indesejáveis na lavoura (Gastal, 1974; Soares et al., 1979). Populações mais elevadas propiciam microclima mais úmido, que favorece o desenvolvimento de doenças, como brusone (Silva et al., 2003), o aumento da demanda da cultura por água (Soares et al., 1979) e o risco de perda pela ocorrência de veranicos.

Em estudos conduzidos em Santo Antônio de Goiás, GO, na Fazenda Lorena, no ano agrícola 2002-2003, no SPC após pastagem (Fig. 3.9), observou-se que os genótipos de arroz de terras altas, com arquitetura moderna, CNA 8557, BRS Talento, BRS Bonança, BRS Primavera e BRS Soberana foram mais produtivos no espaçamento de 30 cm entrelinhas, comparativamente aos espaçamentos de 20, 40 e 50 cm. A cultivar Caiapó, com arquitetura tradicional, lançada no início da década de 90, além de ter apresentado potencial produtivo menor, comparativamente à média dos demais genótipos desenvolvidos mais recentemente, não foi influenciada significativamente pelos espaçamentos (Fig. 3.10).





**Fig. 3.9.** Comportamento do arroz de terras altas aos espaçamentos entrelinhas. Fazenda Lorena, Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2002-2003.



**Fig. 3.10.** Produtividade do arroz de terras altas no SPC após pastagem, nos espaçamentos de 20, 30, 40 e 50 cm entrelinhas. Fazenda Lorena, Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2002-2003.

Fonte: Guimarães et al. (2003a, 2003b).

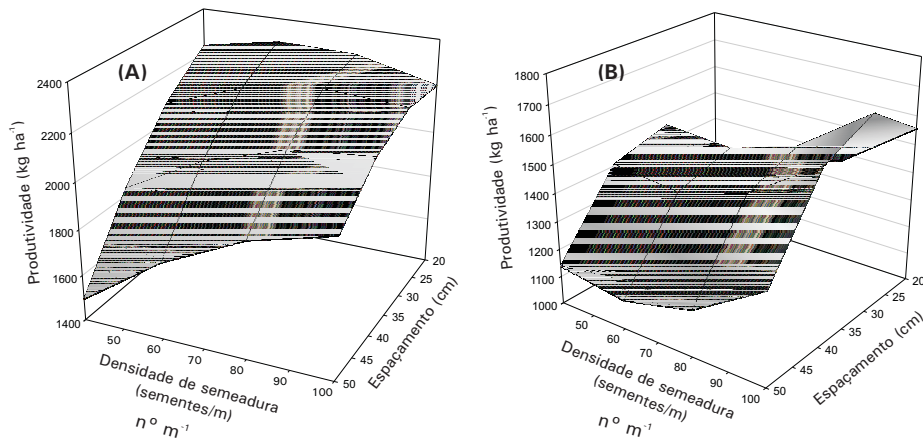


Guimarães et al. (2003a) confirmaram o melhor comportamento das cultivares de arroz de terras altas BRS Bonança e BRS Primavera, com arquitetura moderna, nos espaçamentos mais estreitos. Observaram também que a densidade de semeadura afeta a produtividade das cultivares, diferindo do comportamento das cultivares tradicionais que, na maioria das vezes, não respondem a esta variável.

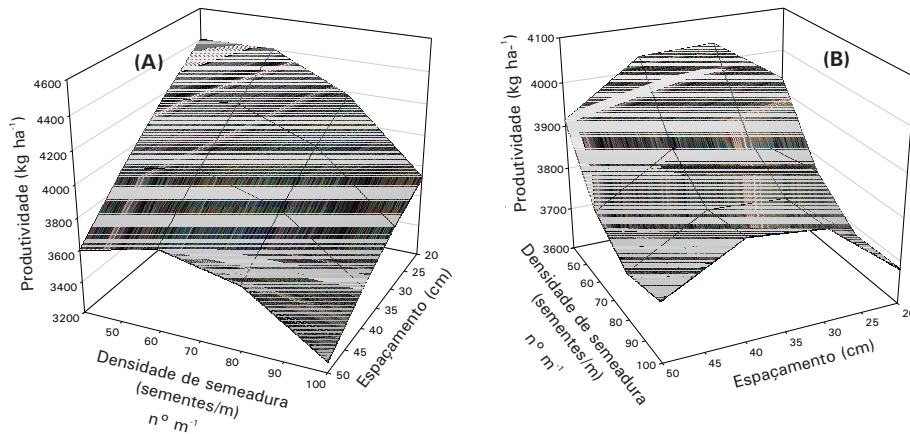
Em Santo Antônio de Goiás, GO, a produtividade da cultivar BRS Bonança aumentou com a redução do espaçamento, registrando-se produtividades máximas quando foram utilizadas 60 a 80 sementes  $m^{-1}$ , nos espaçamentos de 20 a 30 cm entrelinhas (Fig. 3.11). Esta mesma cultivar, em Barra do Corda, MA, alcançou as maiores produtividades no mesmo espaçamento, mesmo com menor quantidade de sementes (Fig. 3.12), provavelmente por perfilhar mais naquela região, que apresenta intensidade luminosa maior. A cultivar BRS Primavera, em Santo Antônio de Goiás, também aumentou sua produtividade com a redução do espaçamento até 30 cm, porém a reduziu com a diminuição da densidade de semeadura. Esta cultivar, em ambiente climático que limita a expressão do seu potencial de produtividade, pelo menor crescimento das plantas, ou pelo menor perfilhamento, requer maiores densidades de semeadura. Para as condições climáticas que prevaleceram em Santo Antônio de Goiás durante o período de condução do experimento, a produtividade da cultivar BRS Primavera foi maximizada com a adoção de 80-100 sementes  $m^{-1}$ , no espaçamento de 30-40 cm entrelinhas (Fig. 3.11). Esta mesma cultivar, em Barra do Corda, MA, que apresentou condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das plantas, aumentou também sua produtividade com a redução do espaçamento até 30 cm, porém demandou menor densidade de semeadura, pelos mesmos motivos descritos para a 'BRS Bonança'. A quantidade demandada de sementes para maximizar a produtividade desta cultivar foi de 40 - 60 sementes  $m^{-1}$  (Fig. 3.12).

Os resultados sugerem que a 'BRS Bonança' comportou-se melhor no espaçamento de 20 - 30 cm. Se as condições de clima e solo forem favoráveis ao desenvolvimento da planta, recomenda-se a densidade de semeadura de 40 - 60 sementes  $m^{-1}$ , se não, 60 - 80 sementes  $m^{-1}$ . Por outro lado, a BRS Primavera comportou-se melhor no espaçamento de 30 - 40 cm. Assim como para a 'BRS Bonança', recomenda-se de 40 - 60 sementes  $m^{-1}$  se as condições de clima e solo forem favoráveis, se não, pelo menos, 80 sementes  $m^{-1}$ . Entretanto, é importante acrescentar que os espaçamentos muito próximos limitam as operações de controle de plantas daninhas, sejam elas manuais ou tracionadas por animais e tratores.





**Fig. 3.11.** Produtividade do arroz de terras altas, cvs. BRS Bonança (A) e BRS Primavera (B), no Sistema Plantio Convencional, nos espaçamentos de 20, 30, 40 e 50 cm entrelinhas, com 40, 60, 80 e 100 sementes  $m^{-1}$ . Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2000-2001. Fonte: Guimarães et al. (2003a).



**Fig. 3.12.** Produtividade do arroz de terras altas, cvs. BRS Bonança (A) e BRS Primavera (B), no SPC, nos espaçamentos de 20, 30, 40 e 50 cm entrelinhas, com 40, 60, 80 e 100 sementes  $m^{-1}$ . Barra do Corda, MA. Ano agrícola 2000-2001. Fonte: Guimarães et al. (2003a).

Para as condições que não propiciam alto potencial de produtividade das cultivares, por limitações de disponibilidade de água ou nutrientes, é recomendável que não sejam adotadas altas populações de plantas, pois acirram a competitividade intraespecífica das cultivares por aqueles fatores, ou mesmo intensificam os efeitos do microclima sobre as plantas, criando condições favoráveis para o desenvolvimento de doenças. Finalmente pode-se concluir que as cultivares com arquitetura moderna, em ambientes



favoráveis de clima e solo, maximizam suas produtividades em espaçamentos ao redor de 30 cm, com 40 - 60 sementes  $m^{-1}$ . Em condições não favoráveis, deve-se aumentar o espaçamento, especialmente quando se tratar da 'BRS Primavera', por ser esta mais sensível à brusone. A densidade de semeadura, de modo geral, nessas condições, deve ser de 60-80 sementes  $m^{-1}$ , entretanto para a 'BRS Primavera', por ser pouco perfilhadora, deve ser de, pelo menos, 80 sementes  $m^{-1}$ .

### Sistemas de plantio de arroz após pastagem

Um dos primeiros sistemas de plantio consorciado de arroz e capim foi divulgado pela Embrapa Arroz e Feijão e recebeu o nome de Sistema Barreirão. Este sistema tem-se mostrado eficiente, entretanto, para algumas situações, tem surgido a necessidade de procedimentos alternativos para torná-lo de uso mais abrangente. Algumas dessas situações seriam: produtores que não dispõem de equipamentos adequados ao sistema, como arado de aiveca, trator com capacidade de tração necessária, semeadoras capazes de colocar o adubo a 10 cm de profundidade; dificuldades na colheita; evolução do Sistema Plantio Direto (SPD); gramíneas forrageiras alternativas, como é o caso de cultivares do gênero *Panicum*, entre outras. Portanto, tem-se buscado novas alternativas de integração lavoura-pecuária, como a semeadura do capim após a emergência ou a colheita do arroz. Estas técnicas permitem que as cultivares de arroz expressem seu potencial produtivo (Fig. 3.13). Além do mais, diminuem o risco do sistema produtivo do arroz e tornam-se de uso mais abrangente, pois adotam a maquinaria agrícola geralmente disponível na propriedade agrícola.

Avaliações destas técnicas foram conduzidas tanto em ambiente com características favoráveis, como desfavoráveis, de solo e clima. Em Porangatu, GO, com distribuição irregular de chuvas, pH ( $H_2O$ ) 5,3; Ca 0,2\*; Mg 0,4\*; Al 0,6\*; P 0,6\*\*; K 55\*\*; Cu 1,1\*\*; Zn 5,0\*\*; Fe 110\*\* e Mn 9\*\* ( $cmol_c dm^{-3}$ ,  $mg dm^{-3}$ ), onde se usou o arado de aiveca no preparo do solo, não se obteve diferenças significativas nas produtividades de grãos de arroz, quando o plantio das forrageiras foi efetuado aos 30 DAE e na safrinha, produzindo plantio das forrageiras aos 30 DAE, produzindo, em média, 3.147  $kg ha^{-1}$  (Tabela 3.6). O Sistema Barreirão, que também adota o arado de aiveca no preparo do solo, produziu 36,9% a menos que a média dos demais tratamentos onde se adotou o arado no preparo do solo, porém não diferiu estatisticamente do sistema de preparo com grade aradora. O SPD foi o menos produtivo, com apenas 1.225  $kg ha^{-1}$ . Em Santo Antônio de Goiás, com distribuição regular de chuvas, pH ( $H_2O$ ) 5,8; Ca 1,1\*; Mg 1,1\*; Al 0,2\*; P 0,5\*\*; K 172\*\*; Cu 3,4\*\*; Zn 1,4\*\*; Fe 82\*\* e Mn 50\*\*



( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3*}$ ,  $\text{mg dm}^{-3**}$ ) além da similaridade das produtividades dos tratamentos onde se adotaram o arado no preparo do solo, inclusive o Sistema Barreirão, o mesmo comportamento ocorreu com relação à produtividade do tratamento onde se adotou a grade aradora no preparo do solo. O SPD, assim como em Porangatu, GO, foi o tratamento menos produtivo. A produtividade média do experimento de Santo Antônio de Goiás, GO, foi mais alta que a de Porangatu, GO. As maiores diferenças entre os dois locais foram observadas nos tratamentos onde se adotou o plantio direto e a grade aradora, pois são sistemas que têm induzido, geralmente, menores crescimentos radiculares. Esta situação não é limitante, quando as condições hídricas e químicas do solo são adequadas, o que não ocorreu em Porangatu, GO.

Foto: Cleber Morais Guimarães



**Fig. 3.13.** *Brachiaria brizantha*, cv. Marandú, semeado 15 DAE do arroz. Fazenda Alto da Glória, Santo Antônio de Goiás, GO. Ano agrícola 2000-2001.



**Tabela 3.6** Produtividades do arroz e análise econômica dos sete sistemas de produção implantados em áreas de pastagens degradada.

Sistema de produção	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Santo Antônio de Goiás, GO	Porangatu, GO
A.aiveca X Tanzânia 30 DAE	4.070a	3.303a
A.aiveca X Tanzânia safrinha	3.999ab	3.232a
A.aiveca X braquiarião safrinha	3.660ab	3.079a
A.aiveca X braquiarião 30 DAE	3.863ab	2.975a
Sistema Barreirão	3.569bc	1.986b
G. aradora X braquiarião safrinha	3.764ab	1.794b
S.P. D. X braquiarião safrinha	2.569d	1.225c
CV (%)	8,83	15,14%

Fonte: Guimarães et al. (2003c).

Nas condições de solo em que existam camadas com limitação física ao crescimento radicular, como na camada superficial das áreas de pastagens, o preparo do solo com arado é indispensável, principalmente nas regiões onde ocorre distribuição irregular das chuvas. O arado rompe estas compactações, incorpora corretivos de acidez e melhora o ambiente para o crescimento radicular e, portanto, a capacidade da planta em absorver água das camadas mais profundas do solo e conviver com os períodos de veranicos, como o observado em Porangatu, GO. Em Santo Antônio de Goiás, GO, apesar do preparo do solo com arado permitir também melhor crescimento radicular, este não foi exigido em função da boa disponibilidade hídrica oferecida pelas constantes chuvas que ocorreram durante todo o ciclo da cultura. A baixa produtividade do SPD do arroz, mesmo em Santo Antônio de Goiás se deve à baixa quantidade de N oferecido, 12 + 30 kg ha<sup>-1</sup>, no plantio e cobertura, respectivamente, considerando-se a alta demanda por N deste sistema de produção, conforme discutido no item “Adubação nitrogenada no plantio direto do arroz de terras altas”.

## REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; YOKOYAMA, M.; SILVEIRA, P. M. da; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, C. C. da; PEREIRA, P. A. A.; LOPES, M. de A.; BALDAN FILHO, W. **Avanços da pesquisa com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em várzeas no Projeto Formoso**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1992. 20 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 38).

ALBERTS, E. E.; WENDT, R. C. Influence of soybean and corn cropping on soil aggregate size and stability. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 49, n. 6, p. 1534-1537, Nov./Dec. 1985.



ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. (IAPAR. Circular, 53).

ANDRADE, D. de; GALVÃO, J. D.; BRANDÃO, S. S.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento entre fileiras e densidade de plantio sobre a produção do arroz "de sequeiro". **Experientiae**, Viçosa, v. 11, n. 3, p. 135-161, fev. 1971.

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JUNIOR, F. de J.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44.

BARBER, D. A.; MARTIN, J. K. The release of organic substances by cereal roots into soil. **New Phytologist**, Cambridge, v. 76, n. 1, p. 69-80, Jan. 1976.

BARKER, K. P. Rotation and cropping systems for nematode control: the North Caroline experience-introduction. **Journal of Nematology**, Lake Alfred, v. 23, n. 3, p. 342-343, Jul. 1991.

BASTOS, J. C. H. A. G.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; SOUZA, D. V.; AGUIAR, E. C.; COSTA, F. J. Preparo do solo, plantio direto e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 394-397. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

BLUM, U. The value of model plant-microbe-soil systems for understanding processes associated with allelopathic interaction: one example. In: INDERJIT; DARKSHINI, K. M. M.; EINHELLIG, F. A. (Ed.). **Allelopathy: organisms, processes and applications**. Washington: American Chemical Society, 1995. p. 127-131. (ACS. Symposium Series, 582).

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 449-457, abr./jun. 2000.

CAMPBELL, C. A.; SHNITZER, M.; LAFOND, G. P.; ZENTNER, R. P.; KNIPFEL, J. E. Thirty-year crop rotations and management practices effects on soil and amino nitrogen. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 3, p. 739-745, May/June 1991.

CHOU, C. H.; LIN, H. J. Autointoxication mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 2, n. 3, p. 353-367, July/Sept. 1976.

CHOU, C. H.; RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. Allelopathy in relation to agricultural productivity in Taiwan: problems and prospects. In: RIZVI, S. J. H.; RIZVI, V. (Ed.). **Allelopathy: basic and applied aspects**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 179-203.

CROOKSTON, R. K. The rotation effect: what causes it to boost yields? **Crops and Soils Magazine**, Madison, v. 36, n. 6, p. 12-14, Mar. 1984.

CROOKSTON, R. K.; KURLE, J. E. Corn residue effect on the yield of corn and soybean grown in rotation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 2, p. 229-232, Mar./Apr. 1989.





CZEPACK, C. **Determinação e caracterização das rotações de culturas mais eficientes, em termos técnicos e econômicos, dos sistemas de produção de arroz de sequeiro e feijão.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 7 p. (EMBRAPA. Programa 04 – Sistemas de Produção de Grãos. Subprojeto 04.0.94.421.07). Projeto concluído.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DESENVOLVIMENTO da planta de arroz e clima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 11-34.

EDWARDS, J. H.; THURLOW, D. L.; EASON, J. T. Influence of tillage and crop rotation on yields of corn, soybean, and wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 1, p. 76-80, Jan./Feb. 1988.

EHLERS, W.; CLAUPEIN, W. Approaches toward conservation tillage in Germany. In. CARTE, M. R. (Ed.). **Conservation tillage in temperate agroecosystems.** Boca Raton: Lewis, 1992. p. 141-165.

EMBRAPA. Departamento Técnico Científico. **Programa nacional de pesquisa de arroz.** Brasília, DF, 1981. 69 p.

EPAGRI. **Arroz irrigado:** sistema pré-germinado. Florianópolis, 2002. 273 p.

FAGERIA, N. K. Manejo da calagem e da adubação do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 67-78.

FERNANDES, L. A.; NASCENTE, C. M.; SILVA, M. L. N.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELOS, C. A. Sistemas de preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 51, p. 15-16, maio/jun. 1999.

FONSECA, L.; BARBOSA FILHO, M. P.; ESPINOSA, W. **Arroz irrigado:** sistema de produção para a região do Baixo São Francisco: recomendações técnicas. Brasília, DF: PROINE, 1988. 118 p.

FUJII, Y. **The allelopathic effects to some varieties.** Taipei: Food & Fertilizer Technology Center, 1993. p. 1-6. (ASPAC. Technical Bulletin, 134).

GALVÃO, J. D.; BRANDÃO, S. S.; GOMES, F. R. Efeito da população de plantas e níveis de nitrogênio sobre a produção de grãos e sobre o peso médio das espigas de milho. **Experientiae**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 39-82, maio 1969.

GASTAL, F. L. C. Densidade de semeadura experimental em arroz. **A Granja**, Porto Alegre, v. 30, n. 318, p. 27-28, jul. 1974.

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4, p. 703-707, abr. 2001.

GUIMARÃES, E. P.; SANT'ANA, E. P. Sistemas de cultivo. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 17-35.



GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 210-214, maio/ago. 2003.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Arroz de terras altas em rotação com soja, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 127-132, set./dez. 2004.

GUIMARÃES, C. M.; PRABHU, A. S.; CASTRO, E. da M. de; FERREIRA, E.; COBUCCI, T.; YOKOYAMA, L. P. **Cultivo do arroz em rotação com soja**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 7 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 41).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRESEGHELLO, F.; PEREIRA, J. A.; CASTRO, E. da M. de. **Arroz de terras altas**: espaçamento e densidade de semeadura. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003a. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 61).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, F. X. **Cultivares de arroz de terras altas com arquitetura moderna**: crescimento e eficiência produtiva. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003b. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 61).

GUIMARÃES, C. M.; OLIVEIRA, I. P. de; YOKOYAMA, L. P. Sistemas alternativos de produção de arroz após pastagem. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003c. p. 331-343.

HEDGE, R. S.; MILLER, D. A. Allelopathy and autotoxicity in alfafa: characterization and effects of preceding crops and residue incorporation. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 6, p. 1255-1259, Nov./Dec. 1990.

HEINRICHS, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaça: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-340, abr./jun. 2001.

HICKS, S. K.; WENDT, C. W.; GANNAWAY, J. R.; BAKER, R. B. Allelopathic effects of wheat straw on cotton germination, emergence, and yield. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 4, p. 1057-1061, July/Aug. 1989.

KITUR, B. K.; SMITH, M. S.; BLEVINS, R. L.; FRYE, W. W. Fate of <sup>15</sup>N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage and conventional tillage corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 76, n. 2, p. 240-242, Mar./Apr. 1984.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. F.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan./mar. 2000.

KRAMER, P. J. **Plant and soil water relationships**: a modern synthesis. New York: McGraw-Hill, 1969. 482 p.

LAL, R.; VLEESCHAUWER, D. de; NGAMJE, R. M. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 827-833, July/Aug. 1980.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE, 1986-2002.

LIMA, L. M.; SOUZA, M. A. S.; SANTOS, P. G.; MELO, L. C. Desempenho de cultivares e linhagens de arroz de terras altas sob sistema de semeadura direta e convencional. In: CONGRESSO DA CADEIRA PRODUTIVA DE ARROZ. 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 141-143. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).



MALUF, R. S. J. **A expansão do capitalismo no campo**: o arroz no Maranhão. 1977. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MANZAN, R. J. Irrigação por aspersão na cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p. 38-40, jun. 1984.

MARTINIANO, A. M. S.; YOKOYAMA, L. P.; IGREJA, A. C.M.; ROCHA, M. B. Diagnóstico do perfil do produtor de arroz do Estado de Mato Grosso. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 2, p. 217. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 62).

MEDEIROS, R. D. de; HOLANDA, J. S. de; COSTA, M. da C. Manejo de água em arroz irrigado no Estado de Roraima. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 420, p. 12-14, mar./abr. 1995.

MENDES, M. C. **Espaçamento e densidades de semeadura para a cultura do arroz de sequeiro no sul do estado de Mato Grosso**. Dourados: EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1978. 26 p. (EMBRAPA-UEPAE Dourados. Comunicado Técnico, 2).

MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; DUCOS, A.; FERREIRA, N. L. S.; PEREIRA, J. A.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz no Estado do Maranhão**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. 136 p.

MORAES, J. F. V. Manejo dos solos dos cerrados: I. produção de feijão, trigo e arroz em cultivos sucessivos em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 4, p. 633-640, abr. 1990.

MORAIS, O. P. de; SILVA, J. G. da; SILVA, S. C. da. Método, espaçamento, densidade, profundidade e época de plantio. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 25-31, 1989.

NISHIO, M.; KUSANO, S. Problems in upland rice soil sickness. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOIL ENVIRONMENT AND FERTILITY MANAGEMENT IN INTENSIVE AGRICULTURE, 1977, Tokyo, Japan. **Proceedings...** Tokyo: Japan Central Agricultural Experiment Station, 1977. p. 744-749.

PINGALI, P. L. GATT and rice: do we have our research priorities right? In: INTERNACIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE, 1995, Los Baños, Philippines. **Fragile lives in fragile ecosystems**: proceedings. Manila: IRRI, 1995. p. 25-38.

PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, E. P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 87-95, jan. 1985.

PRABHU, A. S.; FARIA, J. C. de; CARVALHO, J. R. P. de. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 5, p. 495-500, maio 1986.

RAIMBAULT, B. A.; VYN, T. J. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 6, p. 979-985, Nov./Dec. 1991.

RASSINI, J. B.; REIS, A. E. G. dos; MACEDO, J.; LEITE, J. C. **Caracterização de várzeas na região dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1984. 16 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 22).



REID, J. B.; GOSS, M. J. Effect of living roots of different plant species on the aggregate stability of two arable soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 521-541, Dec. 1981.

REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rotação de culturas. I. efeito sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 431-437, out. 1983.

REZENDE, C. D.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRE, R.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URGUAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 54, n. 2, p. 99-112, June 1999.

SANT'ANA, E. P. Cultivo do arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 71-75, 1989.

SANTOS, A. B. dos. **Comportamento de variedades de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar**. 1990. 94 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, A. B. dos. Aproveitamento da soca. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 463-492.

SANTOS, A. B. dos. **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 40).

SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S.; AQUINO, A. R. L. de; CARVALHO, J. R. P. de. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produção de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 7, p. 697-707, jul. 1986.

SANTOS, E. de O.; YOKOYAMA, L. P.; IGREJA, A. C. M.; ROCHA, M. B. Diagnóstico do perfil do produtor de arroz do Estado do Tocantins. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 2, p. 219. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 62).

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; WOBETO, C. Rotação de culturas em Guarapuava. IX. efeitos no rendimento de grãos e nas doenças do sistema radicular da cevada, em plantio direto de 1984 a 1988. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 6, p. 901-906, jun. 1991.

SARKARUNG, S. Screening upland rice for aluminum tolerance and blast resistance. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta, Indonesia. **Progress in upland rice research: proceedings**. Manila: IRRI, 1986. p. 271-281.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A. **Os sistemas de culturas para a região do médio norte do Mato Grosso: recomendações técnicas** 1993. [S.l.]: CIRAD, 1993. 58 p.

SHANER, G. Effect of environment on fungal leaf blights of small grains. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, p. 273-296, 1981.



SILVA, G. B. da; PRABHU, A. S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Manejo integrado da brusone em arroz no plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 4, p. 481-487, abr. 2003.

SOARES, P. C.; MORAIS, O. P. de; SOUZA, A. F. de; GIUDICE, R. M. Del. Preparo do solo, época e densidade de plantio. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 55, p. 33-39, jul. 1979.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação potássica e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 12, p. 885-895, dez. 1996.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. da. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, abr./jun. 2001.

TEIXEIRA, S. M.; LUZ BARBOSA, M. M. T. L.; SOARES, D. M. Tecnologia na produção de arroz por uma amostra de produtores da região Centro-Oeste. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 92. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 19).

TEIXEIRA, S. M.; ROBISON, D.; ALBUQUERQUE, J. M. **Agricultura de subsistência na produção de arroz: experiência no Maranhão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. 36 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 34).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan, 1985. 754 p.

URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação**. 1996. 131 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VALE do Javaés/Formoso: a mesopotâmia tocantinense. **Centro-Norte Agronegócios**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 42-43, ago. 2003.

WEAVER, D. B.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; ROBERTSON, D. G.; AKRIDGE, R. L.; CARDEN, E. L. Effect of crop rotation on soybean in a field infested with *Meloidogyne arenaria* and *Heterodera glycines*. **Annals of Applied Nematology**, Lawrence, v. 2, p. 106-109, Oct. 1988.

WIENHOLD, B. J.; HALVORSON, A. D. Nitrogen mineralization responses to cropping, tillage, and nitrogen rate in the Northern Great Plains. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 1, p. 192-196, Jan./Feb. 1999.

WINDELS, C. E.; WIERSMA, J. V. Incidence of *Bipolaris* and *Fusarium* on subcrown internodes of spring barley and wheat grown in continuous conservation tillage. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 6, p. 699-705, Jun. 1992.

YOSHIDA, S. Rice. In: ALVIN, P. T.; KOZLWSKI, T. T. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 57-87.



# Produção e Aspectos Econômicos

*Carlos Magri Ferreira; Evely Gischkow Rucatti;  
Patricio Méndez del Villar*

**RESUMO** - Até a década de 70, as produções de arroz de terras altas e de arroz irrigado eram complementares no abastecimento nacional, em que este último tinha o importante papel de suprir o mercado interno devido às constantes quebras de safras do de terras altas. Os rizicultores do produto irrigado visavam ao mercado internacional e a concorrência entre eles era baixa. Esta situação se inverteu em meados dos anos 70, quando o arroz irrigado passou a dominar a preferência nacional e obter maiores cotações no mercado. Desde o início da década de 80, a produtividade média nacional apresentou crescimento. Um dos fatores que contribuiu para esse acontecimento foi a mudança do perfil do produtor de arroz de terras altas, principalmente no Estado do Mato Grosso, que utilizou sistemas produtivos mais eficientes e aproveitou o potencial produtivo e de qualidade das novas cultivares de arroz de terras altas. A evolução da área, produção e produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, no período de 1980/81 a 2001/02, mostra crescimento nesses três indicadores, sendo o mais expressivo na produção. A área cultivada aumentou 63,64%, a produção 127,98% e a produtividade 39,32%, respectivamente. Portanto, o nível de exigência do consumidor de certa forma determinou os rumos do processo produtivo. Outro componente importante foi a menor participação do governo na produção e comercialização. A área de cultivo com arroz de terras altas foi reduzida, mas, como a qualidade melhorou, esta cultura recuperou parte do prestígio que havia perdido nos anos 70. O Rio Grande do Sul elevou consistentemente a sua participação na produção nacional a partir dos anos 80, quando já contribuía com 30% da produção e, a partir dos anos 90, sua participação tem variado de 43% até mais de 50%, nas safras 2000/01 e 2001/02. A perspectiva é que as produções dos diferentes ecossistemas continuem desempenhando um papel de complementaridade, mas com uma certa concorrência. Porém essa concorrência não deve ser acirrada, pois, num curto prazo, nenhum sistema sozinho é capaz de atender à demanda interna. No entanto, a competitividade do arroz não está circunscrita à concorrência entre o arroz de terras altas e o arroz irrigado, mas à disputa com outras culturas. A estabilização e consolidação da rizicultura nacional necessariamente passa pela organização da produção.

## INTRODUÇÃO

Devido à importância do arroz na alimentação das populações de vários países, a Organização das Nações Unidas para Agricultura



e Alimentação – FAO - comemorou em 2004 o ano internacional do arroz, como já fora comemorado em 1996. Naquela época, o principal objetivo era encorajar os governos e as indústrias a concretizarem esforços para promover a produção, consumo, consolidação e abertura de mercados, pois vislumbrava-se a possibilidade de desabastecimento. Agora, a maior preocupação é com o aumento da fome e do nível de desnutrição no mundo. O arroz recebe atenção especial pelo fato de fornecer 21% das necessidades em calorias e 14% em proteínas para cerca de seis bilhões de pessoas no mundo. Portanto, o arroz é um alimento básico não só para a população brasileira. Cálculos da FAO indicam que, para atender à demanda mundial de arroz nos próximos 50 anos, a produção deve dobrar.

A situação do arroz no mundo, em 2003, pode ser sintetizada da seguinte forma: produção de 591 milhões de toneladas em base casca; produtividade de 3.950 kg ha<sup>-1</sup>; consumo de 605 milhões de toneladas. Os estoques de segurança eram 112 milhões de toneladas. Parte desse montante foi utilizado para cobrir o déficit, assim, a porção armazenada em 2004 caiu para 102 milhões de toneladas. A exemplo do que ocorreu antes da Revolução Verde, atualmente existem problemas de fome e desnutrição em vários países. Uma estratégia usada foi a geração de cultivares modernas, ou seja, plantas com menor porte e maior produtividade, que exigem a utilização de mais insumos. Atualmente, para superar o problema, a estratégia deve ser outra, pois a produtividade no mundo aumenta, em média, 1% ao ano, enquanto nos anos 1970 e 1980 crescia 2,5% ao ano e dificilmente novas cultivares conseguirão obter grandes ganhos de produtividade.

Pelo lado social, o arroz, juntamente com o milho e trigo, tem um papel significativo para populações de várias regiões, não só por ser um alimento básico para mais da metade da humanidade, mas também pela ocupação da mão-de-obra. Por outro lado, a economia mundial está mais competitiva, inclusive no mercado de produtos primários, pois há excesso de alimentos em países ricos, que buscam a abertura de novos mercados para os seus excedentes. Surge, então, uma questão polêmica, principalmente no Brasil, se o governo deixa o mercado atuar livremente ou se investe e incentiva a produção de alimentos em regiões carentes.

O problema é complexo e a resposta depende da estratégia que o governo deseja implementar a curto e longo prazos. Baseando-



se no atual contexto socioeconômico, qualquer proposta para aumentar ou melhorar a oferta de qualquer alimento deve atender, de forma equilibrada, a questões ambientais, sociais e econômicas. Ou seja, os sistemas de produção devem obedecer a critérios de sustentabilidade. Entende-se como atividade sustentável aquela que melhora a alimentação humana, a qualidade do meio ambiente, além de ser economicamente viável, propiciando a melhoria da qualidade de vida dos produtores e da sociedade a longo prazo (Decision..., 1989).

Dessa forma, mesmo em se tratando de comunidades carentes cujo principal objetivo seja o consumo local, é fundamental que apresente competitividade econômica, que, por sua vez, depende da adaptação do sistema produtivo às condições locais, tanto sob os aspectos edafoclimáticos como culturais, e à qualidade do grão, que deve apresentar defeitos e impurezas dentro de limites toleráveis e com características físicas e químicas em consonância com a demanda. Destaca-se o assunto qualidade, desprezado na maioria das vezes nos projetos de desenvolvimento regionais. Contudo, observa-se que as grandes indústrias têm atingido até os lugares mais isolados com produtos selecionados e embalados com preços competitivos, recorrendo a produtos locais. Assim, se este último não tiver qualidade, certamente não resistirá à concorrência.

Dos argumentos apresentados, depreende-se que cada local e realidade exige soluções diferentes e que a preocupação com a sustentabilidade e qualidade do grão é essencial. Isso não inviabiliza a estruturação de redes de pesquisa, ao contrário, reforça a necessidade de se fortalecer o intercâmbio entre países e instituições envolvidas com a cultura.

## PANORAMA MUNDIAL

Cultiva-se arroz nos cinco continentes, tanto em regiões tropicais como temperadas. Cerca de 90% da produção e do consumo mundial está concentrada na Ásia. Visualizam-se, na Tabela 4.1, os principais países produtores: China, Índia e Indonésia, que respondem respectivamente por cerca de 28%, 23% e 9% da produção mundial. Em alguns países da Ásia está prevista a diminuição das áreas de arroz em virtude da maior disputa pelo uso da água e da redução da mão-de-obra no campo, devido à alta taxa de urbanização. Por outro lado, projeções indicam que no próximo





decênio a produção asiática poderá crescer somente 1% ao ano, o que não será suficiente para atender a demanda. Na América do Sul e na África, nos últimos decênios, a produção de arroz cresceu, respectivamente, a uma taxa média de 3,2% e 3,6% a.a. A expectativa é que na próxima década a taxa não ultrapasse a 2,5% a.a. Neste caso, o desafio é aumentar a produção por meio da obtenção de ganhos de produtividade.

**Tabela 4.1.** Área e produção mundial de arroz em casca em 2003.

Ordem	País	Área (milhões ha)	Produção (milhões t)	% em relação à produção mundial
1	China	28,5	167,5	28,3
2	Índia	45,0	133,5	22,5
3	Indonésia	11,5	51,8	8,7
4	Bangladesh	11,0	39,6	6,7
5	Vietnã	7,5	34,7	5,3
6	Tailândia	10,0	27,0	4,5
7	Myanmar	6,5	24,6	4,1
8	Filipinas	4,2	13,5	2,3
9	Brasil	4,2	10,4	1,7
10	Japão	1,7	9,8	1,6
11	Estados Unidos	1,2	8,9	1,5
-	Mundo	149,6	591,0	100

Fonte: FAO (2003).

Visualiza-se, na Tabela 4.2, que a oferta de arroz é dominada por poucos países; os cinco principais exportadores respondem por 80,1% do volume total comercializado. Estes países competem duramente entre si para conquistarem novos mercados. Em 2003, somente 5,2% da produção do arroz foi transacionada no comércio mundial, enquanto a da soja foi quase 25% e a de trigo 20%. Além disso, os maiores países produtores nem sempre são os principais países exportadores. De fato, eles produzem principalmente para os mercados domésticos.



**Tabela 4.2.** Principais países exportadores de arroz polido em 2003, em milhões de toneladas.

Ordem	Local	Volume	% em relação ao total
1	Tailândia	7,5	26,8
2	Vietnã	3,9	13,9
3	Índia	3,8	13,6
4	Estados Unidos	3,7	13,2
5	China	2,7	9,6
-	Total	27,9	100

Fonte: FAO (2003).

Atualmente, os principais mercados importadores encontram-se no Extremo Oriente, África e Oriente Médio. Nestes dois últimos, devido ao grande crescimento do consumo e ao pequeno crescimento da produção, o déficit aumenta cada vez mais. O sudeste Asiático é o principal pólo de importação de arroz, absorvendo mais de 50% das importações mundiais. Na África e Oriente Médio, o consumo e a quantidade importada têm aumentado. Em 2003, as importações africanas ultrapassaram 7,5 milhões de toneladas. O Oriente Médio manteve um volume de importação em torno de 4 milhões de toneladas, enquanto a América Latina estabilizou suas importações em torno de 2,5 milhões de toneladas. Observa-se na Tabela 4.3 que os seis principais países importadores absorvem cerca de 33,4% do volume transacionado no mundo.

**Tabela 4.3.** Principais países importadores de arroz em 2003, em milhões de toneladas.

Ordem	Local	Volume	% em relação ao total
1	Indonésia	3,3	11,8
2	Nigéria	1,5	5,3
3	Brasil	1,2	4,3
4	Bangladesh	1,2	4,2
5	Filipinas	1,1	3,9
6	Costa do Marfim	1,1	3,9
-	Total	27,9	100

Fonte: FAO (2003).



Na década de 90, sobretudo nos cinco últimos anos, os preços tiveram uma queda importante. A principal causa foi o excesso da oferta, que gerou uma competição entre exportadores asiáticos (Fig. 4.1). Esta situação torna mais difícil a participação do Brasil no mercado externo. A formação dos preços internacionais do arroz tem uma estreita correlação com a produção dos países asiáticos, que, em anos de produção deficitária, importam arroz e, em anos de excedentes, tornam-se oferecedores.

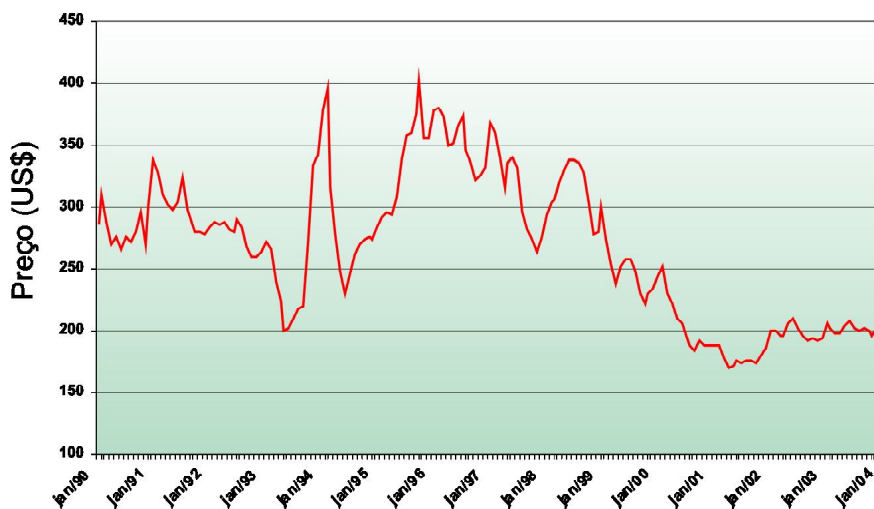


Fig. 4.1. Evolução mensal do preço da tonelada do arroz tailandês, período de janeiro de 1990 a janeiro de 2004.  
 Fonte: InterArroz (2004).

## PANORAMA NACIONAL

A arroz é um produto com importância econômica e social no Brasil, ocupando a terceira posição em termos de produção de grãos, sendo antecedido pela soja e milho (IBGE, 2004). Em relação à produção mundial ocupa a nona posição. Considerando os dados nacionais dos anos de 2001, 2002 e 2003, o Brasil apresentou uma média de 3.180.154 ha cultivados com arroz, produção média de 10.337.367 toneladas e produtividade de 3.251 kg ha<sup>-1</sup>, frente a um consumo médio de 12.313.766 toneladas, atendendo aproximadamente 84% da demanda total.



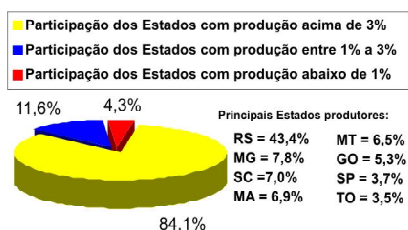
Analisando a produção de arroz no Brasil a partir da década de 1990, verifica-se que ocorreram mudanças na matriz de produção. A média da produção nacional de 1990 a 1992 foi de 8.975,8 milhões de toneladas, e a média nacional, de 2000 a 2002, foi de 10.592,7 milhões de toneladas. Houve um crescimento de cerca de 18%. Nesta mudança, alguns estados aumentaram a produção e outros a reduziram (Tabela 4.4). Os dados das Fig. 4.2a e 4.2b complementam informações sobre a situação e observa-se que, considerando faixas de participação percentual, não houve alteração entre os dois períodos, mas, corroborando os dados da Tabela 4.4, nota-se alteração na participação dos estados. Destacam-se o Rio Grande do Sul, que alcançou a metade da produção nacional, o Mato Grosso, que dobrou sua participação, o Pará, que passou a figurar entre os maiores produtores, e Goiás, que, após décadas, deixa de ser um expoente na produção nacional.

**Tabela 4.4** Variação da quantidade produzida de arroz em casca nos estados, considerando as médias de produção dos triênios 1990 a 1992 e 2000 a 2002.

Estados que reduziram a produção			Estados que aumentaram a produção		
Estado	(t)	Redução (%)	Estado	(t)	Aumento (%)
MG	477.219	37,6	RS	1.383.331	47,9
GO	241.146	19,0	MT	819.496	28,4
SP	218.920	17,2	SC	253.570	8,8
ES	77.444	6,1	PA	225.910	7,8
PI	48.433	3,8	MA	47.956	1,6
CE	45.110	3,5	TO	42.883	1,5
RJ	44.984	3,5	RR	39.647	1,3
RO	29.026	2,3	AM	31.462	1,1
PR	29.024	2,3	MS	18.125	0,6
BA	18.545	1,4	SE	14.199	0,5
AC	12.942	1,0	AL	6.853	0,2
PB	12.438	0,9	AP	1.377	0,04
PE	7.236	0,5			
DF	4.974	0,4			
RN	411	0,03			
Total	1.267.857	100,0	Total	2.884.812	100,0

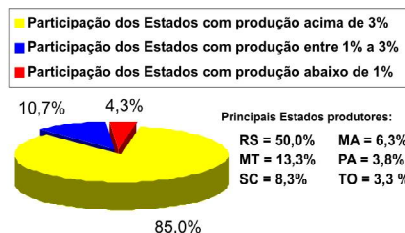
Fonte: Adaptada de IBGE (2004).





**Fig. 4.2.a.** Participação na produção total de arroz no Brasil por faixas de importância, obtida pela média dos anos de 1990 a 1992.

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).



**Fig. 4.2.b.** Participação na produção total de arroz no Brasil por faixas de importância, obtida pela média dos anos de 2000 a 2002.

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).

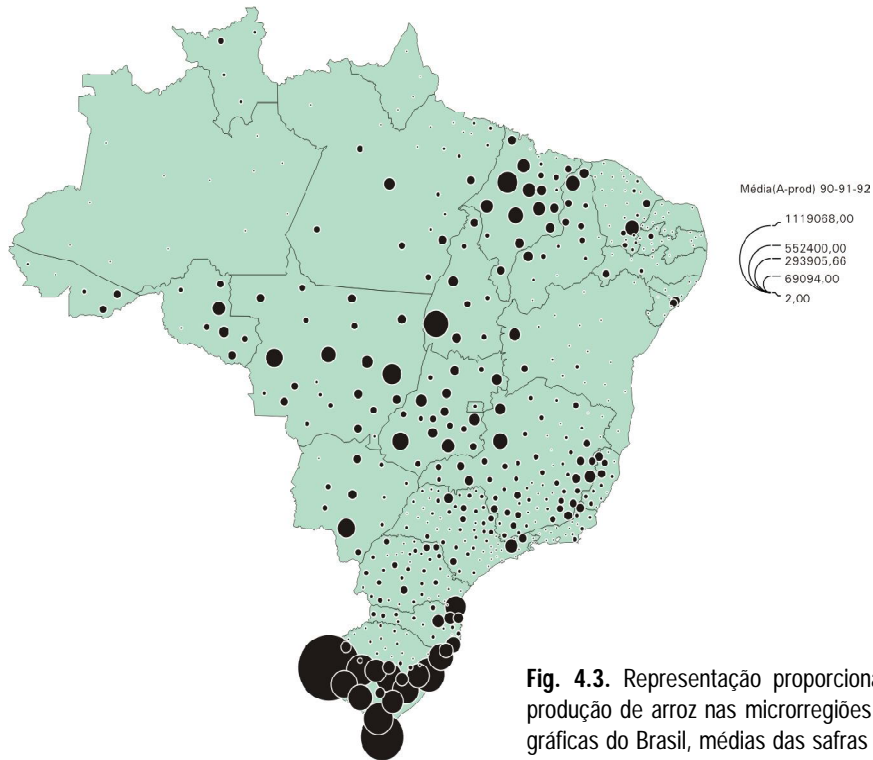
Na média das safras de 1990 a 1992, a região da Campanha, no Rio Grande do Sul, produziu acima de um milhão de toneladas, e outra, entre 500 mil a um milhão de toneladas de arroz em casca, o Litoral Lagunar. Juntas produziram 1,67 milhão de toneladas, que correspondiam a 19% do total produzido no país. Quinze microrregiões produziram na faixa entre 100 a 500 mil toneladas, sendo cinco delas fora do Rio Grande do Sul. A soma total destas microrregiões foi 2,709 milhões de toneladas, 30,1% do total. Existiam 136 microrregiões na faixa de produção entre 10 mil a 100 mil toneladas, espalhadas nos Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Mato Grosso, Maranhão e Pará, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Na faixa entre mil a dez mil toneladas existiam 219 microrregiões, de ocorrência dispersa. Na faixa entre zero e mil toneladas existiam 159 microrregiões, com concentração nas regiões Nordeste e Amazônica. Apenas 66 microrregiões não produziram arroz (Tabela 4.5 e Fig. 4.3).

**Tabela 4.5.** Número de microrregiões geográficas, produção e participação percentual na produção de arroz em casca no Brasil. Médias dos anos 1990 a 1992.

Faixas de produção (t)	Microrregiões (nº)	Produção (mil t)	Participação (%)	Participação Acumulada (%)
Acima de 1.000.000	1	1.119	12,4	12,4
500.000 a 1.000.000	1	552	6,1	18,5
100.000 a 500.000	15	2.708	30,1	48,6
10.000 a 100.000	136	3.526	40,0	88,6
1.000 a 10.000	219	984	11,0	99,6
1 a 1.000	186	39	0,4	100,0

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).





**Fig. 4.3.** Representação proporcional da produção de arroz nas microrregiões geográficas do Brasil, médias das safras 1990 a 1992.

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).

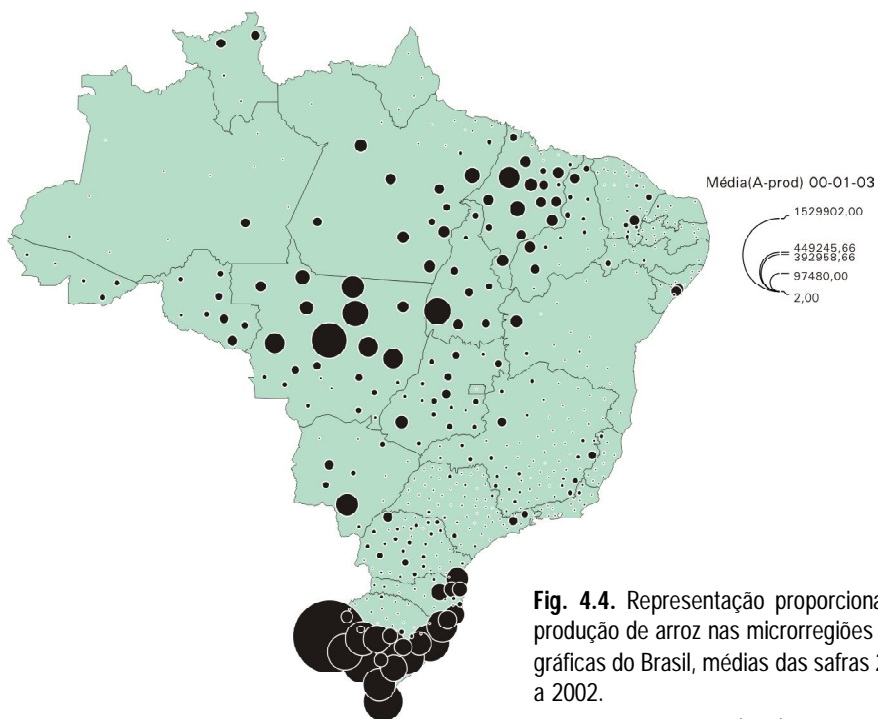
Na média das safras de 2000 a 2002, somente uma microrregião, a da Campanha Ocidental no Rio Grande do Sul, produziu acima de um milhão de toneladas de arroz em casca, 1.529.903 t, correspondendo a 14,4% do total produzido no país. Nenhuma microrregião produziu entre 500 e um milhão de toneladas. O número de microrregiões que produziram na faixa entre 100 a 500 mil toneladas subiu para 23 (5.526.000 t), 52,2% do total, sendo onze microrregiões no Rio Grande do Sul (3.424.200 t). As outras 12 microrregiões produziram 2.101.800 t, sendo seis em Mato Grosso (1.073.000 t), três em Santa Catarina (531.500 t), uma no Maranhão (135.800 t), uma no Tocantins (212.900 t), e uma no Mato Grosso do Sul (148.600 t). O número de microrregiões situadas na faixa de 10 mil a 100 mil t aumentou para 188, porém a produção diminuiu para 704.800 t e a participação reduziu-se para 6,6%. Finalmente, 173 microrregiões produziram na faixa de zero a mil toneladas, a produção foi de 60.800 t, correspondendo a 0,6% da produção total (Tabela 4.6 e Fig. 4.4). O número de microrregiões que não cultivaram arroz aumentou para 84.



**Tabela 4.6.** Número de microrregiões geográficas, produção e participação percentual na produção de arroz em casca no Brasil. Médias dos anos 2000 a 2002.

Faixas de produção (t)	Microrregiões (nº)	Produção (mil t)	Participação (%)	Participação Acumulada (%)
Acima de 1.000.000	1	1.529	14,4	14,4
500.000 a 1.000.000	0	0	0	0
100.000 a 500.000	23	5.526	52,2	66,6
10.000 a 100.000	89	2.771	26,2	92,8
1.000 a 10.000	188	704	6,6	99,4
1 a 1.000	173	60	0,6	100,0

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).



**Fig. 4.4.** Representação proporcional da produção de arroz nas microrregiões geográficas do Brasil, médias das safras 2000 a 2002.

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).



Observa-se a concentração da área cultivada no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso. No Pará nota-se o aumento das áreas no leste do estado, no chamado arco do desmatamento. Observa-se, ainda, a redução da produção nos Estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia. O número de microrregiões com área na faixa de 50.000 a 100.000 ha aumentou, indicando que ocorreu uma concentração (Tabelas 4.7 e 4.8 e Fig. 4.5 e 4.6).

**Tabela 4.7.** Número de microrregiões geográficas, área e participação percentual na área cultivada de arroz Brasil. Médias dos anos 1990 a 1992.

Faixas de área (t)	Microrregiões (nº)	Área (mil ha)	Participação (%)	Participação Acumulada(%)
Acima 100.000	3	450,8	11	11
50.000 a 100.000	12	736,8	17	28
10.000 a 50.000	96	2.041,2	48	76
1.000 a 10.000	245	981,0	23	99
1 a 1.000	136	0,4	1	100

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).

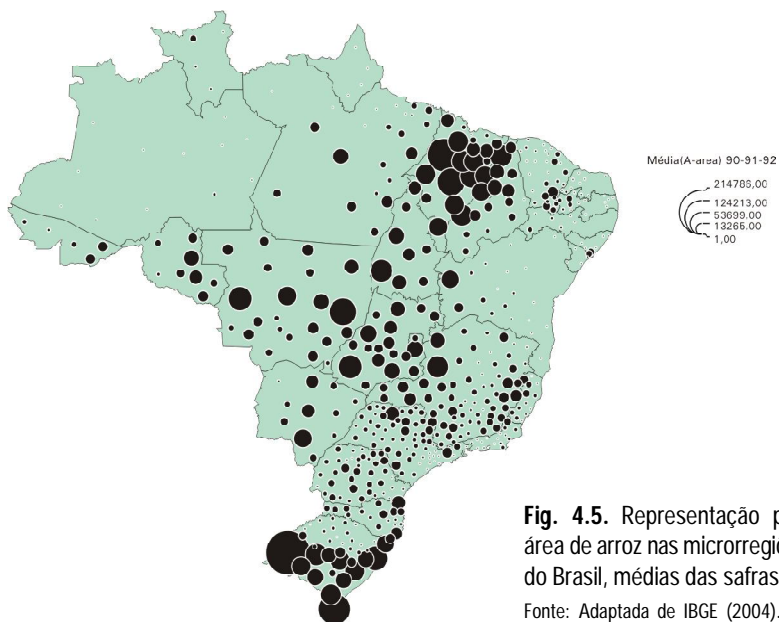
**Tabela 4.8.** Número de microrregiões geográficas, área e participação percentual na área cultivada de arroz Brasil. Médias dos anos 2000 a 2002.

Faixas de área (t)	Microrregiões (nº)	Área (mil ha)	Participação (%)	Participação Acumulada(%)
Acima 100.000	2	379,1	11,5	11,5
50.000 a 100.000	13	853,0	26	37,5
10.000 a 50.000	63	1.408,3	42,5	80
1.000 a 10.000	174	603,6	18	98
1 a 1.000	220	0,7	2	100

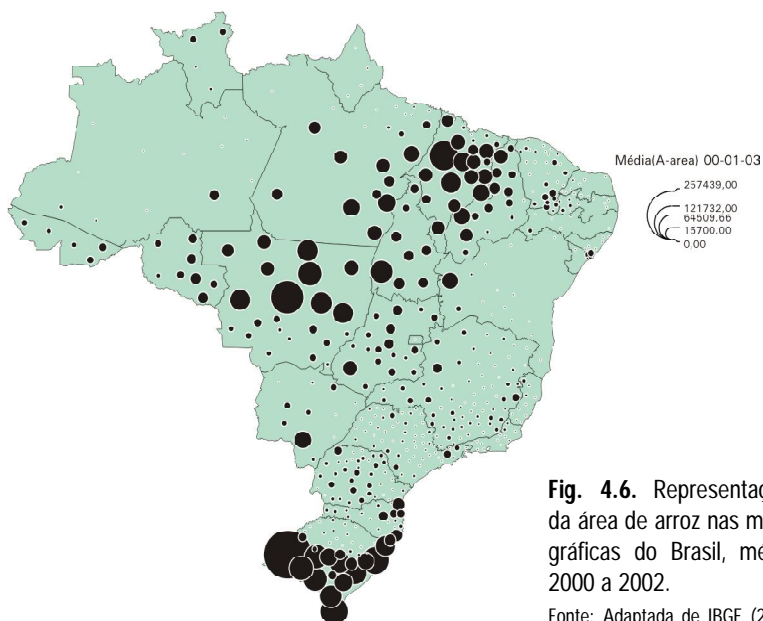
Fonte: Adaptada de IBGE (2004).







**Fig. 4.5.** Representação proporcional da área de arroz nas microrregiões geográficas do Brasil, médias das safras 1990 a 1992.  
Fonte: Adaptada de IBGE (2004).



**Fig. 4.6.** Representação proporcional da área de arroz nas microrregiões geográficas do Brasil, médias das safras 2000 a 2002.  
Fonte: Adaptada de IBGE (2004).

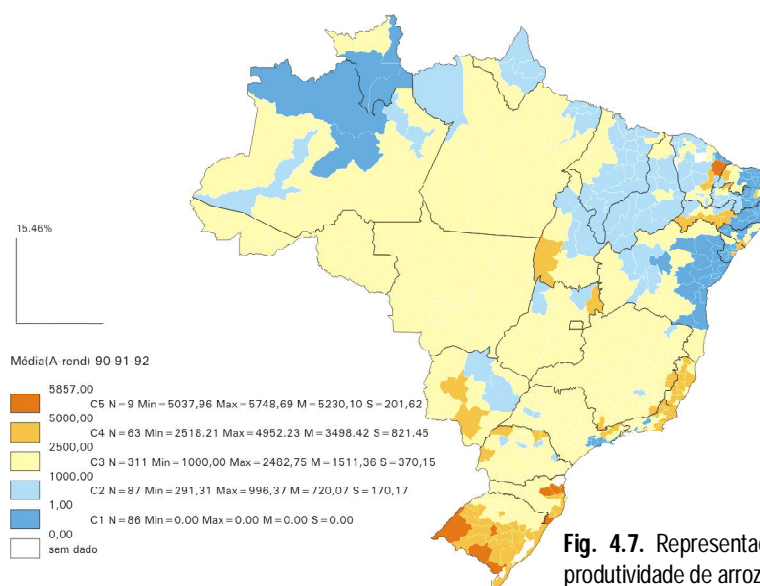


Na média das safras de 1990 a 1992 e 2000 e 2002, o número de microrregiões com produtividade acima de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> quase triplicou. Os maiores ganhos foram no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso. O número de microrregiões na faixa de produtividade entre 1 a 1000 kg ha<sup>-1</sup> reduziu pela metade. Em suma, a produtividade nacional entre os dois períodos aumentou 51% (Tabela 4.9 e Fig. 4.7 e 4.8).

**Tabela 4.9.** Faixas de produtividade de arroz e o número de microrregiões geográficas, médias dos triênios 1990 a 1992 e 2000 a 2002.

Faixa de produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Média de 1990 a 1992		Média de 2000 a 2002	
	Microrregiões (nº)	Média das microrregiões enquadradas na faixa (kg ha <sup>-1</sup> )	Microrregiões (nº)	Média das microrregiões enquadradas na faixa (kg ha <sup>-1</sup> )
Acima 5.000	10	5.320	28	5.932
2.500 a 5.000	63	3.514	78	3.416
1.000 a 2.500	311	1.520	300	1.648
1 a 1.000	87	734	45	772
Média nacional		2.110	-	3.190

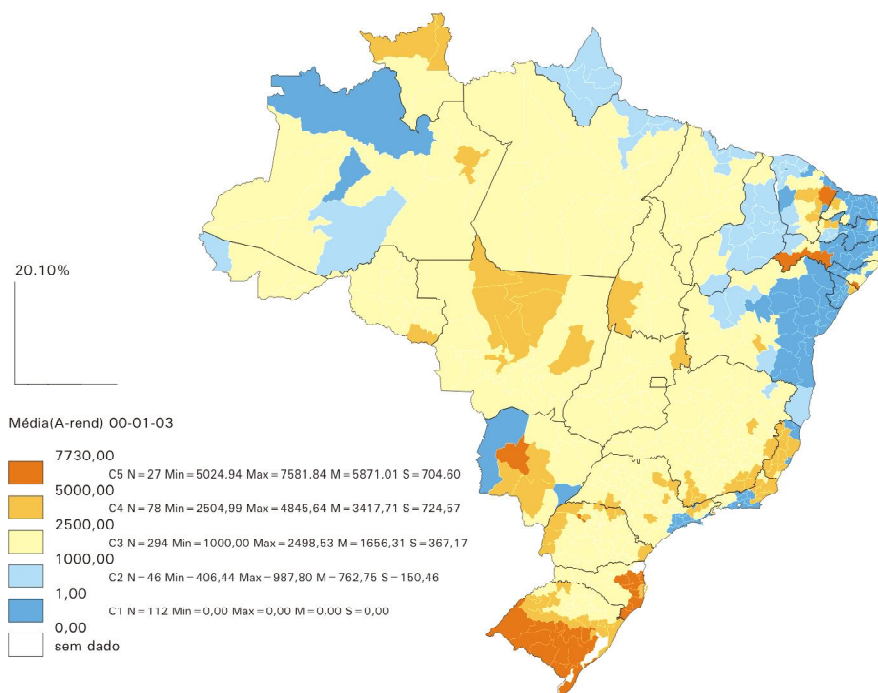
Fonte: Adaptada de IBGE (2004).



**Fig. 4.7.** Representação por faixas de produtividade de arroz nas microrregiões geográficas do Brasil, médias das safras 1990 a 1992.

Fonte: Adaptada de IBGE (2004).





**Fig. 4.8.** Representação por faixas de produtividade de arroz nas microrregiões geográficas do Brasil, médias das safras 2000 a 2002.

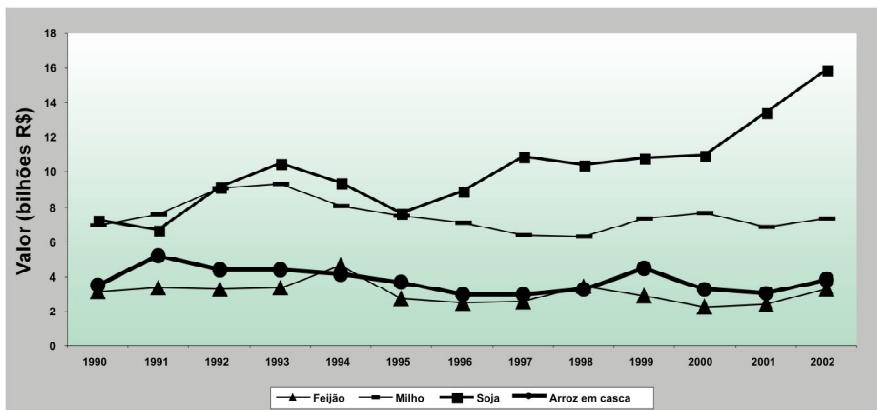
Fonte: Adaptada de IBGE (2004).

No período de 1990 a 2002, a rizicultura respondeu por 6,88% da renda agrícola total, sendo o sexto produto em renda, ficando atrás da soja, 18,47%, cana-de-açúcar, 13,94%, milho, 13,68%, laranja, 7,67% e café, 7,38%. Três pontos são interessantes para relacionar a rizicultura e a economia brasileira: a) a importância do arroz como alimento básico da população; b) a participação média do agronegócio no Produto Interno Bruto – PIB brasileiro, que foi cerca de 30,5%, no período de 1994 a 2001 e, em 2003, aumentou para 31,5%; c) a importância do agronegócio, que não se resume na participação efetiva do setor na economia, mas também inclui o poder de alavancar outros setores. Essa aptidão foi verificada por Portugal & Alves (2002). Esses autores, utilizando um modelo para determinar a influência do PIB agrícola sobre a variação do PIB não agrícola, verificaram que um incremento de 10%



no PIB agrícola trazia reflexos positivos de 9% do PIB dos setores industrial e de serviços.

Considerando esses três pontos, fica difícil entender a marginalização que a produção desse alimento tem sofrido pelos planejadores de políticas macroeconômicas. Aliás, essa estratégia tem deixado por conta do mercado a decisão da produção de alimentos e isso desencadeou um ambiente favorável para os produtos com possibilidade de exportação. No período de 1994 a 2001, a taxa de crescimento da renda da soja foi de 6,05% ao ano, enquanto a do arroz foi negativa, -1,58% ao ano (Fig. 4.9). É inegável que os resultados são positivos em termos de balança de pagamentos, mas a renda no setor agrícola está concentrando e marginalizando aqueles produtores que apresentam algum tipo de restrição que os impede de produzir esses produtos. O ideal é que essas produções ocorram concomitantemente, gerando um reforço no PIB, aumento de renda dos produtores, principalmente dos médios e pequenos que não conseguem produzir produtos de exportação, geração de empregos e maior oferta de alimentos para o programa do governo de combate à fome.



**Fig. 4.9.** Renda agrícola anual dos principais grãos no Brasil de 1990 a 2002.

\* Valores deflacionados pelo IGP-DI da FGV a preços de abril/2002

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (1990-2002); Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1990-2003).

A produção do arroz de terras altas em relação ao total produzido no Brasil no início da década de 70, em meados da mesma década e no final da década de 90 foi, respectivamente, cerca de 80, 75 e 40%. Esses números confirmam as transformações no perfil da produção do cereal,



induzidas pelas mudanças tecnológicas, preferência de consumo, aliados à conjuntura macroeconômica.

Observa-se nas Fig. 4.10, 4.11 e 4.12 uma situação de estabilidade do arroz irrigado e um processo de transição no arroz de terras altas. A taxa de crescimento do arroz irrigado, na década de 1990, foi de -0,52%, 1,18% e 1,61%, respectivamente para a área, produção e produtividade. No mesmo período, o arroz de várzea, sem controle da água de irrigação, apresentou as seguintes taxas -11,6%, 11,7% e 0,09% e o arroz de terras altas -4,57%, 0,03% e 4,46%. Portanto, a área plantada no Brasil apresentou tendência de redução, e a produção e a produtividade de aumento. Nota-se, ainda, que a produtividade do arroz irrigado apresentou pequena variação positiva, enquanto a do arroz de terras altas foi maior.

Ressalta-se que nesse processo ocorreu uma ligeira mudança do perfil do produtor de arroz de terras altas, principalmente no Estado do Mato Grosso, e que o nível de exigência do consumidor foi fundamental na determinação dos rumos do processo produtivo. Outro componente importante foi a mudança do papel do governo, que era o maior comprador e vendedor de arroz. Além do mais, o governo não premiava a qualidade, ou seja, não havia estímulo para produzir com qualidade, mas sim em quantidade.

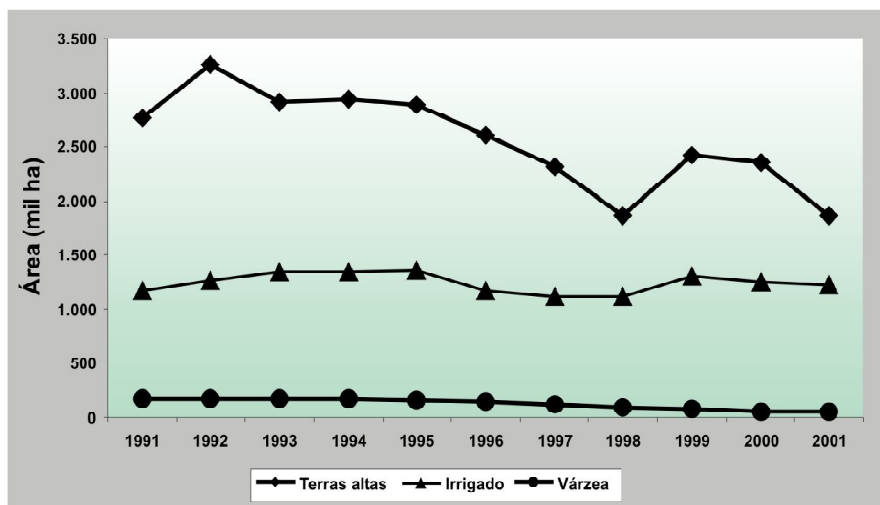
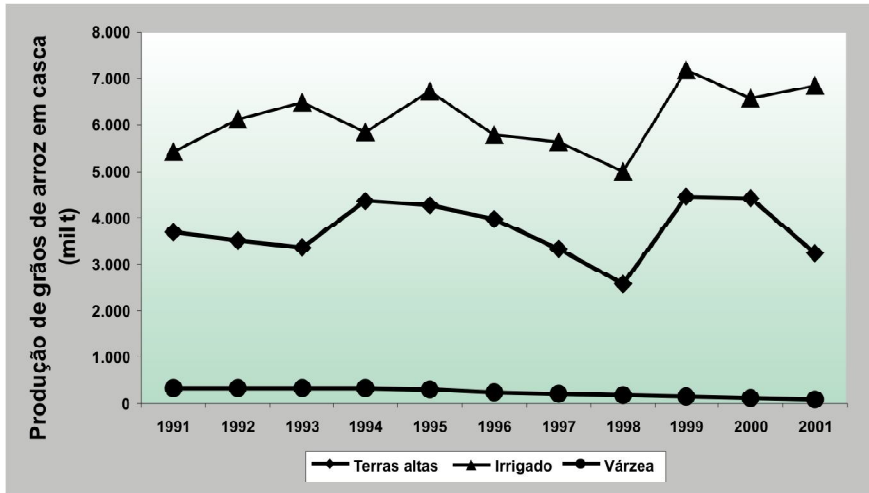


Fig. 4.10. Área cultivada com arroz no Brasil, por sistema, no período de 1991 a 2001.

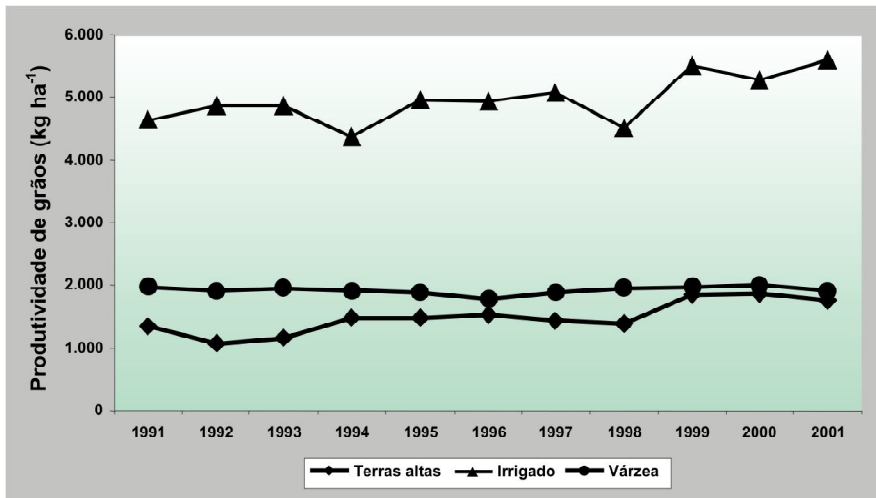
Fonte: Adaptada de Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1996 - 2001).





**Fig. 4.11.** Produção de arroz no Brasil, por sistema, no período de 1991 a 2001.

Fonte: Adaptada de Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1996 - 2001).



**Fig. 4.12.** Produtividade de grãos da cultura do arroz no Brasil, por sistema, no período de 1991 a 2001.

Fonte: Adaptada de Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1996 - 2001).

Entre 1992 a 2001, as médias de produção e consumo de arroz no Brasil foram, respectivamente, 10,3 milhões e 11,6 milhões de toneladas. O déficit médio foi de 1,3 milhão de toneladas, portanto cerca de 10,6% da demanda interna foi complementada com produto importado. Ressalta-se que a complementação do produto importado foi facilitada também



pelo movimento de globalização, que resultou num processo de abertura, composto de redução de tarifas e desburocratização dos processos de compra e venda internacionais, da desregulamentação do mercado e da integração do Mercosul, além da política econômica nacional visando à estabilidade monetária.

No bloco do Mercosul, a produção de arroz brasileira representa cerca de 85% do total e 95% do consumo. No Brasil, o consumo total de arroz aumentou 1,25% em três anos, de 1999/00 a 2002/03, indicando que não acompanhou o crescimento populacional do período, de 3,95%. Estes dados alertam para a necessidade de investir em marketing, visando a fortalecer o consumo global como também diversificar e agregar valor com subprodutos voltados para nichos de mercado. Neste sentido, é importante valorizar as características terapêuticas do arroz e as suas qualidades nutricionais, ainda pouco difundidas. Dentre outras qualidades, destaca-se a capacidade de regular a flora intestinal, possuir baixo índice glicêmico, auxiliar no combate a patologias intestinais, cardíacas e renais e ser indicado na dieta de celíacos, por não conter glúten. Talvez fosse interessante fazer campanhas de marketing para valorizar as qualidades nutricionais e terapêuticas do arroz, com o objetivo de reforçar o hábito de consumo.

A necessidade de importação de um produto pode ocorrer devido à falta de competitividade do produto nacional, incapacidade de atender à demanda, acordos entre países e outros. Qual é, então, o problema do Brasil? O produto nacional é competitivo quanto ao preço, pois, de acordo com Gasques & Villa Verde (1998), o arroz nacional beneficiado colocado em São Paulo custa US\$ 297,8 a tonelada, quando o importado chega a US\$ 306,3 a tonelada, e o arroz uruguaio e o argentino são colocados naquele mercado com um preço em média 5% superior ao nacional. Entretanto, quanto à qualidade, o arroz brasileiro não é competitivo, porque as regiões que produzem grãos com qualidade não conseguem abastecer a demanda nacional. O Rio Grande do Sul até que poderia aumentar sua produção, mas com um aumento do custo de produção e implicações ambientais. Além do mais, a posição geográfica desse estado encarece o frete e inviabiliza o abastecimento de certas regiões. A questão é descentralizar a produção.

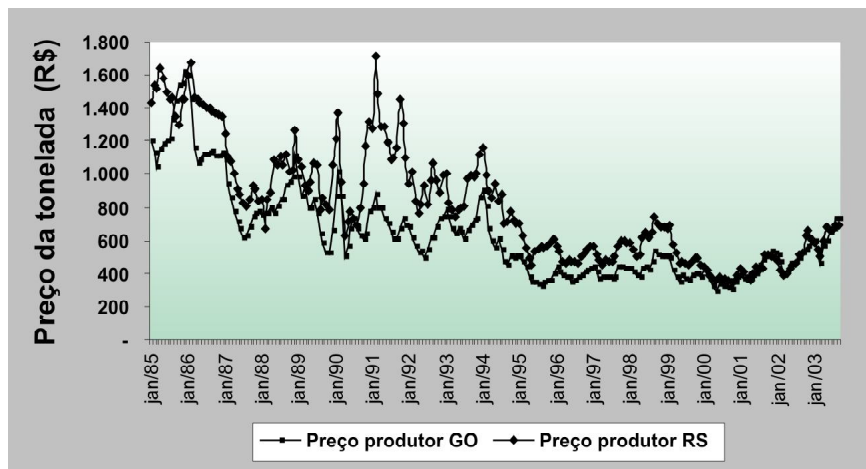
É comum ouvir que o Brasil tem potencial para se tornar um exportador de arroz. Para que isso se concretize há um longo caminho a percorrer. Falta organização da produção e uma plataforma de desenvolvimento tecnológico para sustentar a oferta de um produto com qualidade compatível com o mercado alvo e com garantia de entrega. Para Bonelli et al. (1992), as dimensões básicas da competitividade são: custos,





qualidade do produto, confiabilidade e prazo de entrega, capacidade de inovação e flexibilidade. Sagazio (1995) complementa que existem os fatores estruturais, relacionados às características dos mercados consumidores, à configuração da indústria e ao padrão de concorrência, assim como os fatores sistêmicos, relacionados a aspectos macroeconômicos, político-institucionais, regulatórios, de infra-estrutura, sociais regionais e internacionais. Para Magalhães (1998), a competitividade não é um fenômeno restrito à firma ou indústria, é a propriedade de adaptação das firmas que pertencem à cadeia produtiva a mudanças do ambiente econômico, o que depende da capacidade de transmissão de informações, estímulos e controles ao longo da cadeia. Portanto, para complementar essa estratégia, faltam estudos mais precisos sobre as exigências dos diferentes mercados, das barreiras e, sobretudo, de um maior entrosamento entre os demais segmentos da cadeia produtiva, a identificação e incentivo às regiões produtoras com maior vocação e aptidão para superar esses desafios. Isso só será conquistado com esforço, competência e, sobretudo, persistência.

Pode ser visto na Fig. 4.13 o comportamento dos preços pagos aos produtores gaúchos e goianos no período de janeiro de 1985 a setembro de 2003. Identifica-se a tendência de diminuição do preço pago ao produtor até 2000, a partir daí a tendência é crescente. Observa-se, ainda, que a partir de 2000 os preços são praticamente iguais, confirmando a melhoria de qualidade do grão do arroz de terras altas.



**Fig. 4.13.** Relação entre o preço pago aos produtores de arroz de terras altas no Estado de Goiás e o preço pago aos produtores de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul, no período de janeiro de 1985 a setembro de 2003. Preços deflacionados para setembro de 2003.

Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).





## REFERÊNCIAS

BONELLI, R.; FLEURY, P. F.; FRISTSCH, W. **Indicadores do desempenho competitivo ao nível de firma**. Rio de Janeiro: BNDES, 1992. 41 p. (BNDES. Texto para Discussão, 5).

DECISION reached on sustainable ag. **Agronomy News**, Madison, p. 15, Jan. 1989.

FAO. Global information and early warning system on food and agriculture. (**Food Outlook**, Rome, n. 5, Nov. 2003). Disponível em: <<http://www.fao.org/gIEWS/english/index.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2003.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Preços recebidos pelos produtores**. Rio de Janeiro, 1990-2002.

GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M. Grãos. In: GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M.; TOMICH, F. A.; NEGRI, J. A. de; MAGALHÃES, L. C. G. de; SOARES, R. P. **Competitividade de grãos e de cadeias selecionadas do agribusiness**. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. p. 7-17. (Texto para Discussão, 538).

IBGE. SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2004.

INTERARROZ: Informativo mensal do mercado mundial de arroz. Disponível em: <<http://www.arroz.agr.br>>. Acesso em: 15 fev. 2004.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE, 1990-2003.

MAGALHÃES, L. C. G. de. Soja. In: GASQUES, J. G.; VILLA VERDE, C. M.; TOMICH, F. A.; NEGRI, J. A. de; MAGALHÃES, L. C. G. de; SOARES, R. P. **Competitividade de grãos e de cadeias selecionadas do agribusiness**. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. p. 91-140. (Texto para Discussão, 538).

PORTUGAL, A. D.; ALVES, E. O impacto da agricultura nos setores indústria e serviços em nível de municípios. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 9-20, jan./mar. 2002.

SAGAZIO, G. Estudo da competitividade brasileira. **Revista Trevisan**, São Paulo, v. 8, n. 85, p. 18-29, mar. 1995.



# Clima

*Silvio Steinmetz; Silvano Carlos da Silva;  
Neiva Maria Pio de Santana*

**RESUMO** - O arroz é plantado em praticamente todos os estados do país, em latitudes que variam desde 5° Norte até 33° Sul, sendo uma das culturas mais afetadas por condições climáticas adversas. Neste capítulo objetivou-se caracterizar a influência do fotoperíodo, da temperatura, da radiação solar, da chuva e das necessidades de água sobre o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade do arroz, sendo também destacadas algumas maneiras de minimizar os efeitos adversos desses fatores. Em princípio, o fotoperíodo não é um fator limitante quando o arroz é cultivado na época normal, primavera/verão. Entretanto, pode tornar-se um problema, caso as cultivares não sejam adaptadas para semeaduras em outras épocas do ano. O mesmo princípio é válido para os efeitos da temperatura sobre o arroz de terras altas na região dos Cerrados. Para o arroz irrigado do Rio Grande do Sul, a ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo é um dos problemas mais importantes e o risco de ocorrência de frio é maior na região sul do estado. A quantidade de radiação solar disponível durante o ciclo da cultura, em princípio, não é um fator limitante para o arroz de terras altas, principalmente considerando os níveis médios atuais de produtividade, que estão em torno de 2.434 kg ha<sup>-1</sup>. Entretanto, para o arroz irrigado deve ser buscada maior eficiência de utilização da radiação solar, caso se pretenda atingir produtividades superiores a 5.000 kg ha<sup>-1</sup>, conforme as obtidas, em média, nos últimos anos, no Rio Grande do Sul. Para o arroz de terras altas, particularmente na região dos Cerrados, a deficiência hídrica é o principal problema. Ela é causada pela ocorrência de estiagens prolongadas, veranicos, associada aos baixos níveis de fertilidade e às práticas inadequadas de preparo do solo. A deficiência hídrica é a principal responsável pela baixa produtividade e instabilidade de produção do arroz de terras altas. O zoneamento agroclimático vem sendo considerado uma importante ferramenta para minimizar esse problema, pela identificação das regiões e/ou épocas de semeadura com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, o arroz é uma das culturas mais influenciadas pelas condições climáticas. Em geral, quando as exigências da cultura são satisfeitas, obtêm-se bons níveis de produtividade. Entretanto, quando isso não ocorre, pode-se esperar frustrações de safras, que serão proporcionais à duração e à intensidade das condições meteorológicas adversas. Essa cultura é submetida a condições climáticas bastante distintas, pelo fato de ser plantada em praticamente todos os estados, em latitudes que variam desde 5° Norte até 33° Sul.



Dentre os problemas de origem climática da cultura do arroz no Brasil, destacam-se a ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo do arroz irrigado nos estados do sul, em particular no Rio Grande do Sul, e a ocorrência de estiagens, veranicos, na região dos Cerrados, causando deficiência hídrica no arroz de terras altas. Neste capítulo são abordados os principais elementos climáticos que afetam a produtividade da cultura do arroz, como o fotoperíodo, a temperatura, a radiação solar, a chuva e os requerimentos de água da planta de arroz. Também são destacadas as questões da deficiência hídrica e do zoneamento agroclimático. Em cada um desses tópicos, procurou-se caracterizar as exigências da cultura em função dos sistemas de cultivo em várzeas e em terras altas, seus efeitos sobre a produtividade e as alternativas para minimizar a influência adversa desses fatores. Será dada maior ênfase ao Rio Grande do Sul e à região dos Cerrados, pelo fato de representarem as principais regiões produtoras de arroz do país, respectivamente, em várzeas e em terras altas.

## FOTOPERÍODO

A duração do dia, definida como o intervalo entre o nascer e o pôr-do-sol, é conhecida como **fotoperíodo**. A resposta da planta ao fotoperíodo é denominada **fotoperiodismo**. Sendo o arroz uma planta de dias curtos, dias de curta duração, 10 horas, encurtam o seu ciclo, antecipando a floração.

Yoshida (1981) caracteriza bem os principais aspectos relacionados à sensibilidade da cultura do arroz ao fotoperíodo. Os pontos que merecem destaque são: a) a fase de desenvolvimento vegetativo do arroz pode ser dividida em **fase vegetativa básica (BVP)** e **fase sensível ao fotoperíodo (PSP)**. A PSP de cultivares insensíveis ao fotoperíodo é menor do que 30 dias; a das cultivares sensíveis ao fotoperíodo é maior do que 31 dias; b) o **fotoperíodo ótimo** é considerado o comprimento do dia no qual a duração da emergência até a floração é mínima. O fotoperíodo ótimo, para a maioria das cultivares, é entre 9 e 10 horas; c) o **fotoperíodo crítico** é o maior fotoperíodo no qual a planta irá florescer ou o fotoperíodo além do qual a planta não irá florescer; d) a reação das plantas de arroz ao fotoperíodo pode ser classificada em: d.1) **Insensível**: quando a PSP é curta, inferior a 30 dias, e a BVP varia de curta a longa; d.2) **Pouco sensível**: aumento acentuado no ciclo da planta quando o fotoperíodo é maior do que 12 horas; a duração da PSP pode exceder 30 dias, mas a floração irá ocorrer em qualquer fotoperíodo longo; d.3) **Muito sensível**: grande aumento no ciclo com o incremento no fotoperíodo; não há florescimento além do fotoperíodo crítico; a BVP é, normalmente, pequena, não mais do que 40 dias.



Ainda de acordo com Yoshida (1981), dentre as principais implicações agrônômicas do fotoperiodismo sob condições tropicais, destacam-se as seguintes: a) as cultivares insensíveis ao fotoperíodo podem florescer e amadurecer durante todo o ano, desde que não haja limitações quanto à temperatura e ao suprimento de água. Assim, o uso dessas cultivares permite um planejamento mais flexível de utilização da área, propiciando mais de um cultivo de arroz por ano ou a rotação com outras culturas; b) as cultivares sensíveis ao fotoperíodo podem ser úteis em determinadas situações de ambiente, como é o caso do arroz flutuante, em certos países da Ásia, em que o arroz é semeado antes das enchentes e colhido cerca de 180 - 200 dias após a semeadura, quando as águas baixam de nível. Essas cultivares também podem ser úteis como um mecanismo de escape, quando há o retardamento do início da estação chuvosa. Na maior parte da Ásia tropical, o início da estação chuvosa é imprevisível, variando de um ano para o outro. Assim, quando semeada tardiamente, uma cultivar sensível ao fotoperíodo permite ser colhida na época normal, desconsiderando o encurtamento dos períodos de crescimento.

Alluri & Vergara (1975) mostram que cultivares de arroz de terras altas sensíveis ao fotoperíodo, de ciclo médio ou longo, são mais indicadas do que cultivares de ciclo curto, para localidades com regime bimodal de chuvas, como é o caso das áreas situadas no norte da Tailândia e do Sri Lanka. Nesse estudo, a cultivar brasileira IAC 1246 foi considerada insensível ao fotoperíodo.

O arroz é cultivado em praticamente todos os estados do Brasil, em latitudes que variam desde 5° Norte até 33° Sul. Naturalmente, há diferenças acentuadas na duração máxima do dia, que varia de aproximadamente 12 horas, próximo ao Equador, até mais de 14 horas, no extremo sul do país. Apesar disso, existem relativamente poucos estudos relacionados com o fotoperíodo. Aparentemente, os primeiros resultados práticos foram relatados por Mota & Gomes (1971), indicando que as cultivares IR 8 e IR 5, desenvolvidas no International Rice Research Institute - IRRI, nas Filipinas, quando semeadas em Pelotas, RS, mostraram ciclos excessivamente longos devido ao fotoperíodo de mais de 14 horas, característico na estação de cultivo de arroz na região. Novas cultivares, especialmente selecionadas no IRRI para estas condições fotoperiódicas, foram introduzidas na região, mostrando boa adaptabilidade e alta produtividade. Esse fato motivou pesquisadores da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, da Embrapa e do Instituto Riograndense do Arroz - Irga, a fazerem novas introduções, que resultaram no lançamento de diversas cultivares hoje utilizadas no Rio



Grande do Sul, tais como: BR-Irga 409, BR-Irga 410, BR-Irga 412, BR-Irga 413, BR-Irga 414, Embrapa 6-Chuí, Embrapa 7-Taím e Irga 416 (Mota & Zahler, 1994).

Na região central do Brasil, Bueno et al. (1981) verificaram que a necessidade ótima de luz é de 9 e 10 horas e que as cultivares em uso eram insensíveis ao fotoperíodo. Na região amazônica são utilizadas cultivares sensíveis ao fotoperíodo, devido ao período chuvoso ser muito prolongado (Fageria, 1989).

De um modo geral, pode-se dizer que, para as principais regiões produtoras do país, o fotoperíodo não chega a ser um fator limitante, observando-se as épocas recomendadas de semeadura. Isso porque, no processo de adaptação e/ou criação de novas cultivares são selecionadas aquelas que apresentam comprimentos de ciclo compatíveis com as características fotoperiódicas da região. Entretanto, o fotoperíodo pode ser um fator limitante, quando se pretende produzir arroz fora das épocas tradicionais de cultivo.

## TEMPERATURA

### Exigências da cultura

A temperatura é um dos elementos climáticos de maior importância para o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura do arroz. Cada fase fenológica tem a sua temperatura crítica ótima, mínima e máxima (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1.** Temperaturas críticas mínima, máxima e ótima para o crescimento e o desenvolvimento do arroz.

Fases de desenvolvimento	Temperatura crítica (°C) <sup>(1)</sup>		
	Mínima	Máxima	Ótima
Germinação	10	45	20 - 35
Emergência e estabelecimento da plântula	12 - 13	35	25 - 30
Desenvolvimento da raiz	16	35	25 - 28
Alongamento da folha	7 - 12	45	31
Perfilhamento	9 - 16	33	25 - 31
Diferenciação do primórdio floral	15	35	25 - 30
Emergência da panícula	15 - 20	38	25 - 28
Antese	22	35	30 - 33
Maturação	12 - 18	30	20 - 25

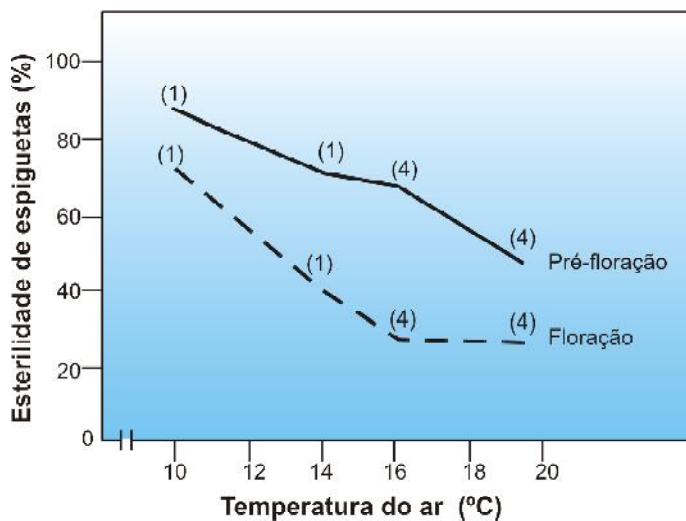
<sup>(1)</sup> Refere-se à temperatura média diária do ar, com exceção para germinação.

Fonte: Yoshida (1981).



A temperatura ótima para o desenvolvimento do arroz situa-se entre 20 e 35°C (Yoshida, 1981). Em geral, a cultura exige temperaturas relativamente elevadas da germinação à maturação, uniformemente crescentes até a floração, antese, e decrescentes, porém sem abaixamentos bruscos, após a floração. As faixas de temperatura ótima variam de 20 a 35°C para a germinação, de 30 a 33°C para a floração e de 20 a 25°C para a maturação (Tabela 5.1). O arroz não tolera temperaturas excessivamente baixas nem excessivamente altas. Entretanto, a sensibilidade da cultura varia, tanto para baixa como para alta, em função da fase fenológica.

A planta é mais sensível às baixas temperaturas na fase de pré-floração ou, mais especificamente, na microsporogênese (Satake, 1976). Para fins práticos, Yoshida (1981) sugere que o período de 14 a 7 dias antes da emissão das panículas, período esse conhecido como *emborrachamento*, seja considerado como o mais sensível às baixas temperaturas. A segunda fase mais sensível é a floração. Com base nos dados apresentados na Fig. 5.1 verifica-se que, para uma mesma temperatura, a porcentagem de esterilidade de espiguetas é mais alta durante a pré-floração do que durante a floração.



**Fig. 5.1.** Efeito da temperatura do ar a 10, 12, 14, 16 e 19,5°C, durante as fases de pré-floração e floração, sobre a fertilidade de dez genótipos de arroz irrigado. Embrapa-CPATB, RS – 1984.

( ) N° de genótipos.

Fonte: Terres & Galli (1985).

Nishiyama et al. (1969) mostram que a faixa crítica de temperatura para induzir esterilidade no arroz é de 15 a 17°C para os genótipos altamente tolerantes ao frio e de 17 a 19°C para os genótipos sensíveis. Com base nesses resultados, Satake (1976) infere que devem ocorrer



altos índices de esterilidade para esses dois grupos de genótipos abaixo das temperaturas críticas de 15 e 20°C.

Existe uma grande diferença entre genótipos em relação à tolerância ao frio, sendo que, em geral, as cultivares do grupo *Japonica* são mais tolerantes do que as do grupo *Indica*. Entretanto, foi verificado em alguns trabalhos que algumas cultivares do grupo *Indica* são tão ou mais tolerantes às baixas temperaturas, durante o emborrachamento, que as cultivares mais tolerantes do grupo *Japonica* (Yoshida, 1981).

A ocorrência de altas temperaturas diurnas, superiores a 35°C, também pode causar esterilidade de espiguetas. A fase mais sensível do arroz a altas temperaturas é a floração. A segunda fase mais sensível é a pré-floração ou, mais especificamente, cerca de nove dias antes da emissão das panículas. Da mesma forma que para temperaturas baixas, há grandes diferenças entre genótipos quanto à tolerância à temperaturas altas (Yoshida, 1981).

Para cultivares insensíveis ao fotoperíodo, assumindo-se um suprimento adequado de água, a duração do período da emergência à floração é determinada, fundamentalmente, pela temperatura do ar. Um dos conceitos mais importantes para caracterizar o desenvolvimento da cultura do arroz é a **soma térmica**, ou **graus-dia**. Esse conceito expressa a disponibilidade energética do meio e pode ser caracterizado como o acúmulo diário de temperaturas que se situam acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (Ometto, 1981). O método utilizado para caracterizar as exigências térmicas da cultura pode ser expresso da seguinte forma:

$$GD = \sum_{i=1}^n (Tm - Tb)$$

onde: **GD** são os graus-dia acumulados no período; **Tm** é a temperatura média diária (°C); **Tb** é a temperatura-base; e **n** o número de dias do período considerado.

Para o arroz de terras altas, Souza & Costa (1992) mostraram que, na região de Uberaba, MG, a temperatura-base variou de acordo com a cultivar. Os valores encontrados foram 10, 12, 14 e 15°C, respectivamente, para as cultivares IAC 47, IAC 164, IAC 165 e IAC 25.

Para a cultivar IAC 4440 de arroz irrigado, em três regiões do Estado de São Paulo, Alves et al. (2000) mostraram que a temperatura base variou de acordo com os subperíodos do ciclo da planta, tendo sido encontrados os seguintes valores: semeadura-germinação: 18,8°C; germinação-florescimento: 12,8°C; florescimento-colheita: 12,5°C; e semeadura-colheita: 11,8°C.



Para as cultivares de arroz irrigado de ciclos curto, médio e longo, na região de Pelotas, RS, Infeld et al. (1998) encontraram, para o período compreendido entre a emergência e a diferenciação do primórdio floral, o valor de temperatura base de 11°C para os três grupos de cultivares.

Observa-se, na Tabela 5.2, que as exigências térmicas das cultivares de arroz de terras altas e irrigado variam de acordo com a data de semeadura, com o período considerado e com o ciclo das cultivares. A soma térmica necessária para completar o ciclo (emergência-maturação) das cultivares de arroz de terras altas varia entre 1.029,7 GD para a cultivar IAC 165 e 2.021,0 GD para a cultivar IAC 47. Para a cultivar IAC 4440 de arroz irrigado, a soma térmica é de 1985 GD (Alves et al., 2000).

No Rio Grande do Sul, a soma térmica, da emergência até a diferenciação do primórdio floral, tem sido utilizada para determinar a época de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura (Infeld et al., 1998). Esses autores mostraram que a soma térmica é de 536, 638 e 772 GD, respectivamente, para as cultivares de ciclo curto, médio e longo (Tabela 5.2).

**Tabela 5.2.** Exigências térmicas, Graus-dia, para cultivares de arroz irrigado e de terras altas.

Cultivar	Períodos <sup>(1)</sup>			Localidades	Autores
	E-DP	E-F	E-M		
<u>Arroz Irrigado</u>					
ciclo curto <sup>(2)</sup>	536			Pelotas,RS	Infeld et al. (1998)
ciclo médio <sup>(3)</sup>	638			Pelotas,RS	Infeld et al. (1998)
ciclo longo <sup>(4)</sup>	772			Pelotas,RS	Infeld et al. (1998)
IAC 4440		1246	1985	Mococa, Pariquera-Açu, Pindamonhangaba,SP	Alves et al. (2000)
<u>Arroz de Terras Altas</u>					
IAC 25			1099,5	Uberaba,MG	Souza & Costa (1992)
IAC 47			2021,0	Uberaba,MG	Souza & Costa (1992)
IAC 164			1467,0	Uberaba,MG	Souza & Costa (1992)
IAC 165			1029,7	Uberaba,MG	Souza & Costa (1992)
Guarani			1603,6 <sup>(5)</sup> 1539,9 <sup>(6)</sup>	Goiânia,GO	Lobato & Silva (1995)
Rio Paranaíba			1850,1 <sup>(5)</sup> 1819,7 <sup>(6)</sup>	Goiânia,GO	Lobato & Silva (1995)

(1) E = Emergência; DP = Diferenciação do Primórdio Floral; F = Floração; M = Maturação

(2) Labelle; Belle Patna; Bluebelle.

(3) Lebonnet, BR-Irga 409, BR-Irga 410, EEA 406, Dawn, Formosa.

(4) Caloro, Irga 408, Bonnet 73, CICA 9, Bluebonnet 50.

(5) Plantio em novembro;

(6) Plantio em dezembro.





## Influência da temperatura no ecossistema várzeas

Dentre as distintas regiões produtoras de arroz irrigado no Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul é, seguramente, onde a ocorrência de baixas temperaturas exerce a maior influência na produtividade da cultura. A sua influência mais marcante ocorre na germinação, na emergência das plântulas e, principalmente, durante a fase reprodutiva.

Terres (1991) relata que a ocorrência de chuvas no final de setembro ou início de outubro, além de dificultar o preparo do solo para a implantação da cultura do arroz, contribui para diminuir a temperatura do solo e do ar. Devido a isso, a germinação da semente e/ou, a emergência das plântulas pode ser retardada em mais de 20 dias, notadamente nas cultivares mais sensíveis. Em geral, as folhas das plântulas tornam-se cloróticas e apresentam uma taxa de crescimento muito baixa.

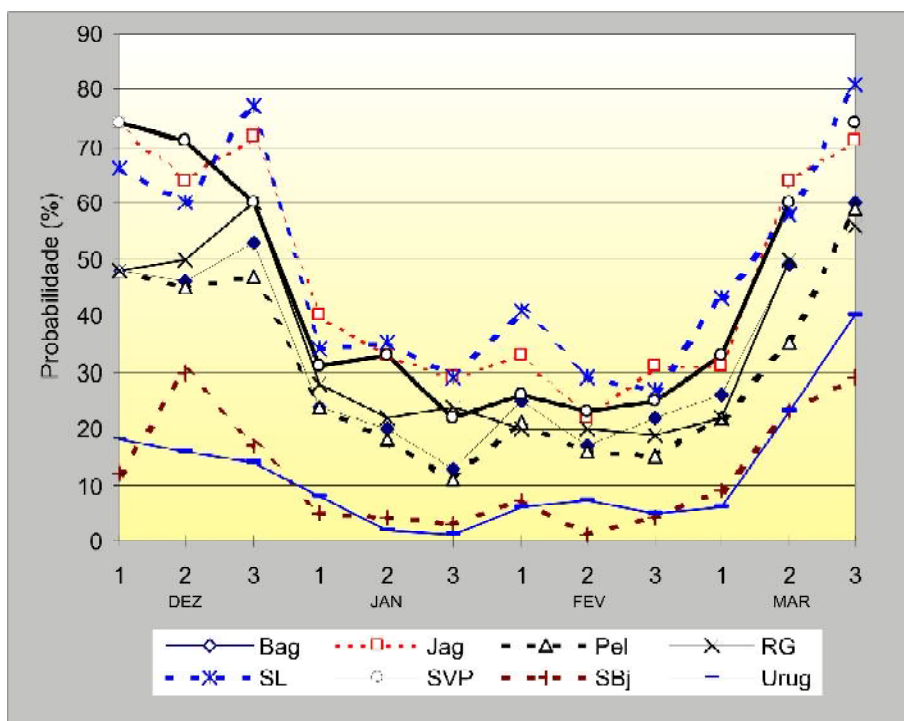
Esse problema pode ser agravado caso se pretenda antecipar a semeadura. A recomendação da pesquisa é que, na medida do possível, sejam utilizadas cultivares com um bom vigor inicial e que a semeadura seja iniciada no decêndio em que a temperatura média do solo, a 5cm de profundidade, for maior ou igual a 20°C (Steinmetz et al., 2001c). Os resultados de Kwon et al. (1996) indicam que semeaduras efetuadas com temperaturas do solo inferiores a 20°C podem favorecer o desenvolvimento de algumas plantas daninhas, como o capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*), por exemplo, pela sua maior tolerância ao frio e maior rapidez na emergência, em relação ao arroz.

Um dos problemas mais sérios da cultura do arroz no Rio Grande do Sul e, em particular, na região sul do estado, é a ocorrência de baixas temperaturas durante o período reprodutivo da cultura, que podem causar decréscimos de até 25% na produtividade, podendo chegar, em algumas lavouras, a 50% (Terres et al., 1994). Para o planejamento das atividades relacionadas com a cultura do arroz, é importante conhecer as características das massas de ar que causam o abaixamento da temperatura, a frequência de ocorrência desses eventos e os níveis de risco nas distintas regiões produtoras.

Campos & Steinmetz (2001) relatam que a ocorrência de temperaturas mínimas inferiores a 15°C, nos meses de janeiro e fevereiro, na região de Pelotas, está associada à penetração de anticiclones polares, caracterizados por massas de ar frio e seco, que se estabeleceram após a passagem de duas ou mais frentes frias sobre a região estudada.



Num trabalho em parceria, utilizando a mesma metodologia, Buriol et al. (1991) e Steinmetz et al. (2001b) calcularam as probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar, inferiores ou iguais a 13, 15 e 17°C, nos decêndios dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, nas principais regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. Encontra-se na Fig. 5.2 a probabilidade de ocorrência de três ou mais dias com temperatura menor ou igual a 15°C em oito localidades.

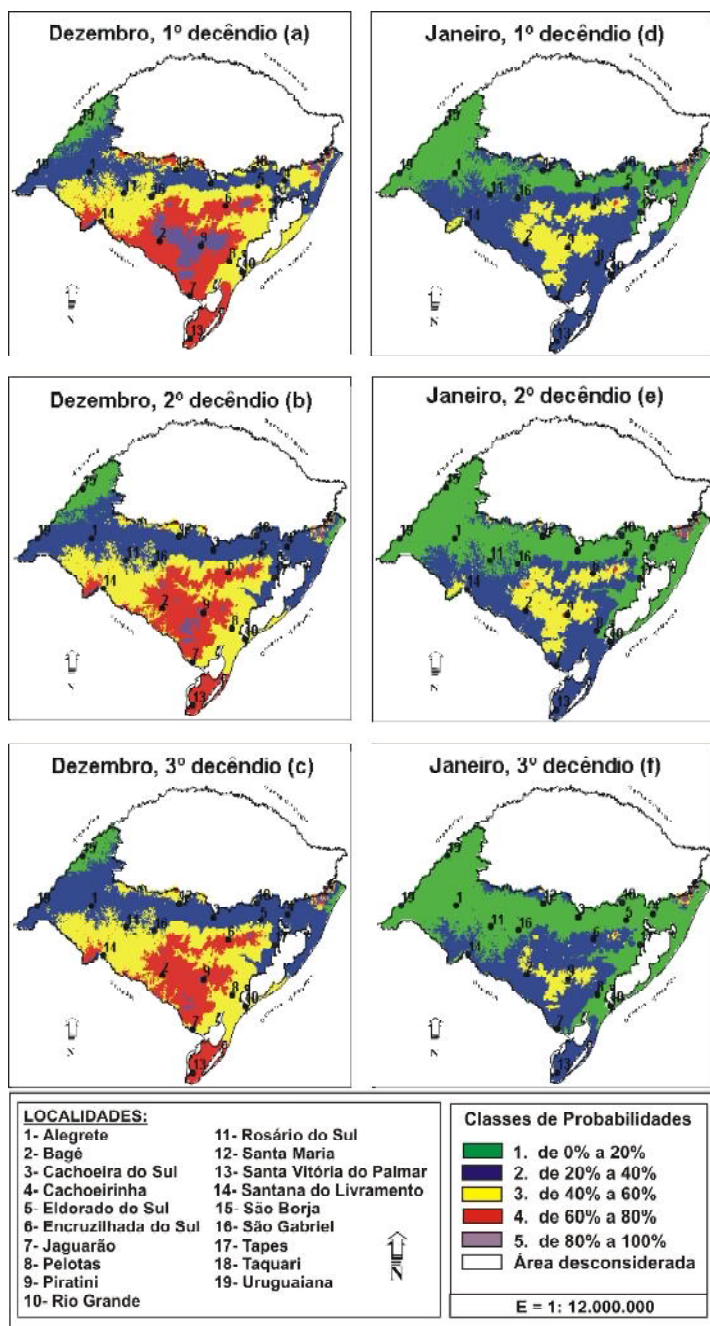


**Fig. 5.2.** Probabilidade de ocorrência de três ou mais dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 15°C, nos decêndios de dezembro, janeiro, fevereiro e março, nas localidades de Bagé (Bag), Jaguarão (Jag), Pelotas (Pel), Rio Grande (RG), Santana do Livramento (SL), Santa Vitória do Palmar (SVP), São Borja (SBj) e Uruguaiana (URUG) no Rio Grande do Sul.

Fonte: Steinmetz et al. (2001b).

Os dados obtidos nesses dois trabalhos foram especializados por Steinmetz et al. (2001a), com o auxílio de técnicas de geoprocessamento (Fig. 5.3 e 5.4). Pelos resultados verifica-se que o período de menor risco de ocorrência de  $t \leq 15^\circ\text{C}$  compreende os decêndios dos meses de janeiro e fevereiro e o 1º decêndio de março, mas há uma variabilidade acentuada entre as distintas regiões produtoras de arroz irrigado no estado (Fig. 5.2, Fig. 5.3d a 5.3f e Fig. 5.4a a 5.4d). Nesse período, predominam as classes de probabilidade 1, 2 e 3.

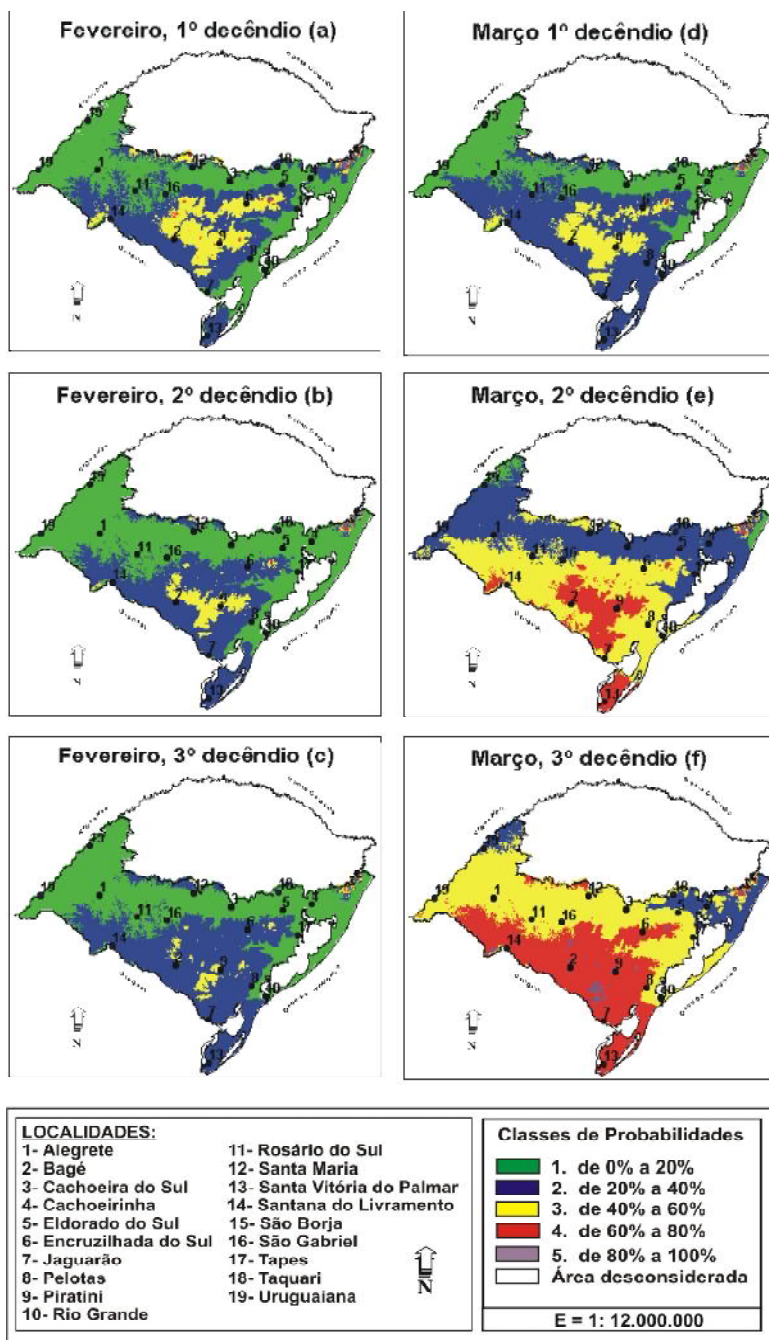




**Fig. 5.3.** Mapeamento das probabilidades de ocorrência de três ou mais dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 15°C, nos decêndios de dezembro e janeiro, nas principais regiões produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

Fonte: Steinmetz et al. (2001a).





**Fig. 5.4.** Mapeamento das probabilidades de ocorrência de três ou mais dias com temperatura mínima do ar menor ou igual a 15°C, nos decêndios de fevereiro e março, nas principais regiões produtoras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

Fonte: Steinmetz et al. (2001a).



As áreas de menores riscos (classe 1) compreendem as regiões do Litoral e das Grandes Lagoas, excetuando-se as suas partes mais ao sul, a Depressão Central e a região São Borja-Itaqui, que doravante será denominada Fronteira Oeste, incluindo, também, a região de Uruguaiana, pela sua importância na produção de arroz. A parte sul das regiões litorâneas e das Grandes Lagoas, bem como a Campanha apresentam níveis intermediários de risco, pois há predomínio da classe 2. Os riscos são mais acentuados na Serra do Sudeste (classe 3) devido à maior altitude. Situação semelhante ocorre nas áreas de maior altitude das "Coxilhas da Superfície do Planalto", situadas a oeste de Santana do Livramento. Nessas áreas de maior altitude, a julgar pela abrangência da classe 3, os riscos são menos acentuados no terceiro decêndio de janeiro (Fig. 5.3f) e no segundo e terceiro decêndios de fevereiro (Fig. 5.4b e 5.4c).

O risco de ocorrência de  $t \leq 15^{\circ}\text{C}$  é mais acentuado nos decêndios do mês de dezembro (Fig. 5.3a,b,c) e no 2° e 3° decêndios de março (Fig. 5.4 e,f), em comparação ao 1° decêndio (Fig. 5.4 d). Nesses decêndios, predominam as classes 3 e 4, ocorrendo, inclusive, a classe 5 nas áreas de maior altitude.

Uma das práticas culturais mais recomendadas para minimizar o efeito do frio durante o período reprodutivo é a elevação do nível da água na lavoura para 20 a 25 cm, por aproximadamente 15 dias, durante a fase mais sensível às baixas temperaturas. Essa prática, que é também conhecida por "afogamento", é recomendada para as cultivares de porte moderno de origem tropical, principalmente quando semeadas tardiamente na zona sul do Rio Grande do Sul (Terres & Galli, 1985). A justificativa dessa prática é o efeito termorregulador da água que, se estagnada, pode atingir até  $6^{\circ}\text{C}$  a mais do que a temperatura ambiente, durante a noite, e 1 a  $2^{\circ}\text{C}$  durante o dia (Pedroso, 1982).

A ocorrência de altas temperaturas, acima de  $35^{\circ}\text{C}$ , também pode afetar a produtividade do arroz irrigado. Mota et al. (1999) determinaram a probabilidade de ocorrência do número de dias com temperaturas máximas iguais ou superiores a  $35^{\circ}\text{C}$ , nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em sete localidades representativas das principais regiões orizícolas do Rio Grande do Sul. Verificaram que janeiro e dezembro são os meses que apresentam, respectivamente, as maiores e menores probabilidades de dias com temperaturas iguais ou superiores a  $35^{\circ}\text{C}$ . Observaram também, que as regiões com maior ocorrência de dias com essas temperaturas são as regiões orizícolas da Fronteira Oeste, da Depressão Central e da Campanha.



O efeito adverso das altas temperaturas na cultura do arroz irrigado, na região de Goiânia, GO, é mostrado por Fageria (1984). Os dados obtidos por esse autor indicam que o número de perfilhos, a altura das plantas, o comprimento das raízes e a produção de matéria seca da parte aérea decresceram significativamente quando a temperatura foi superior a 40°C. Da mesma forma, o número de panículas, a massa de 100 grãos e a massa total dos grãos também foram afetados pelas altas temperaturas.

### **Influência da temperatura no ecossistema terras altas**

Existem poucas informações na literatura a respeito da influência adversa da temperatura no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade do arroz de terras altas no Brasil.

Para as épocas normais de semeadura, na região dos Cerrados, em princípio, não ocorre influência negativa acentuada das baixas temperaturas. Isso porque, na maioria das localidades, a temperatura média das mínimas nos meses de janeiro e fevereiro, período que geralmente coincide com a fase reprodutiva da cultura, é superior a 17°C. Entretanto, nas localidades de maior altitude, é possível que haja alguma influência dessa variável. Em Planaltina, GO, por exemplo, a temperatura mínima média, nos meses de janeiro e fevereiro, é de 16,6 e 17,3°C, respectivamente (Fageria, 1984). Isso sugere que, pelo menos durante algumas horas, em alguns dias, a temperatura pode atingir valores iguais ou inferiores a 15°C. Caso esses valores de temperatura ocorram durante a fase mais crítica da planta, é provável que haja alguma influência na esterilidade das espiguetas e, conseqüentemente, redução na produtividade do arroz.

A influência das baixas temperaturas pode ser bastante acentuada para as semeaduras efetuadas fora da época recomendada. Segundo Fageria (1984), em Goiânia, GO, o final da fase reprodutiva e o início da fase de maturação não devem coincidir com os meses de maio, junho, julho e agosto, quando a temperatura mínima está abaixo da requerida pela cultura. Altas porcentagens de esterilidade das espiguetas e, conseqüentemente, baixos níveis de produtividade de quatro cultivares de arroz de terras altas foram registrados no plantio efetuado em 30 de abril de 1981. Para essa mesma localidade, Lobato & Silva (1995) mostraram, da mesma forma, que as condições climáticas não permitem um bom desempenho da cultura do arroz de terras altas fora da época convencional de semeadura (outubro-dezembro), mesmo contando-se com a possibilidade de se fazer irrigação suplementar. Nas semeaduras efetuadas entre fevereiro e setembro, a cultura do arroz apresentou alongamento do ciclo, diminuição do porte da



planta, do índice de área foliar e da produtividade, devido à ocorrência de baixas temperaturas e à influência do fotoperíodo sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Pouco se conhece sobre a influência das altas temperaturas na cultura do arroz de terras altas. Fageria (1984) sugere que a alta temperatura não é problema, porque a média das máximas, de três localidades do Estado de Goiás, não atinge os valores superiores ao requerido pela cultura. Entretanto, é de se esperar que em algumas localidades, especialmente em situações de deficiência hídrica acentuada, as plantas possam ser afetadas por altas temperaturas. Essa hipótese necessita ainda ser comprovada por meio de estudos específicos.

## RADIAÇÃO SOLAR

### Aspectos físicos

A maior parte da radiação emitida pelo sol tem comprimentos de onda entre 0,3 e 3 micra ( $\mu$ ) e é conhecida como **radiação de onda curta**. A terra, por outro lado, emite radiação com comprimentos de onda entre 3 e 50  $\mu$ , chamada **radiação de onda longa**.

A radiação solar de onda curta que atinge a superfície da terra, também conhecida como **radiação global**, é formada por dois componentes: a **radiação direta**, fração da radiação global que não interagiu com a atmosfera, e a **radiação difusa**, fração da radiação global que interagiu com os constituintes da atmosfera e foi re-irradiada em todas as direções. A proporção da radiação difusa em relação à global é máxima nos instantes próximos ao nascer e ao pôr do sol e nos dias completamente nublados, quando toda a radiação global é difusa.

No processo de fotossíntese, as plantas utilizam apenas uma fração da radiação incidente, no comprimento de onda entre 0,4 e 0,7  $\mu$ , denominada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). A RFA pode ser considerada como sendo de aproximadamente 50% da radiação global incidente (Monteith, 1972). Na região de Pelotas, RS, esse valor é de 47% (Assis & Mendez, 1989).

### Exigência nas distintas fases fenológicas da planta

A exigência de radiação solar pela cultura do arroz varia de uma fase fenológica para a outra (Tabela 5.3).



**Tabela 5.3.** Efeitos do sombreamento na produtividade e seus componentes da cultivar de arroz irrigado IR 747-B2-6, em diferentes fases do desenvolvimento.

Radiação Solar (%)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Índice de Colheita	Fertilidade de espiguetas (%)	Massa de 1.000 grãos (g)	Espiguetas (n° m <sup>2</sup> x 10 <sup>3</sup> )
Fase vegetativa					
100	7,11	0,49	88,9	20,0	41,6
75	6,94	0,48	89,9	19,9	40,6
50	6,36	0,51	89,5	19,9	38,3
25	6,33	0,51	84,3	19,8	38,1
Fase reprodutiva					
100	7,11	0,49	88,9	20,0	41,6
75	5,71	0,47	87,8	20,3	30,3
50	4,45	0,40	89,4	19,5	24,4
25	3,21	0,36	89,4	19,1	16,5
Fase maturação					
100	7,11	0,49	88,9	20,0	41,6
75	6,53	0,49	81,1	20,0	41,1
50	5,16	0,44	64,5	19,5	40,6
25	3,93	0,38	54,9	19,1	41,7

Fonte: Yoshida & Parao (1976).

Sombreamento durante a fase vegetativa tem pouca influência sobre a produtividade e seus componentes. A produtividade é fortemente influenciada, contudo, quando o sombreamento ocorre durante as fases reprodutiva e de maturação, reduzindo, respectivamente, o número de espiguetas e a porcentagem de grãos (Yoshida & Parao, 1976).

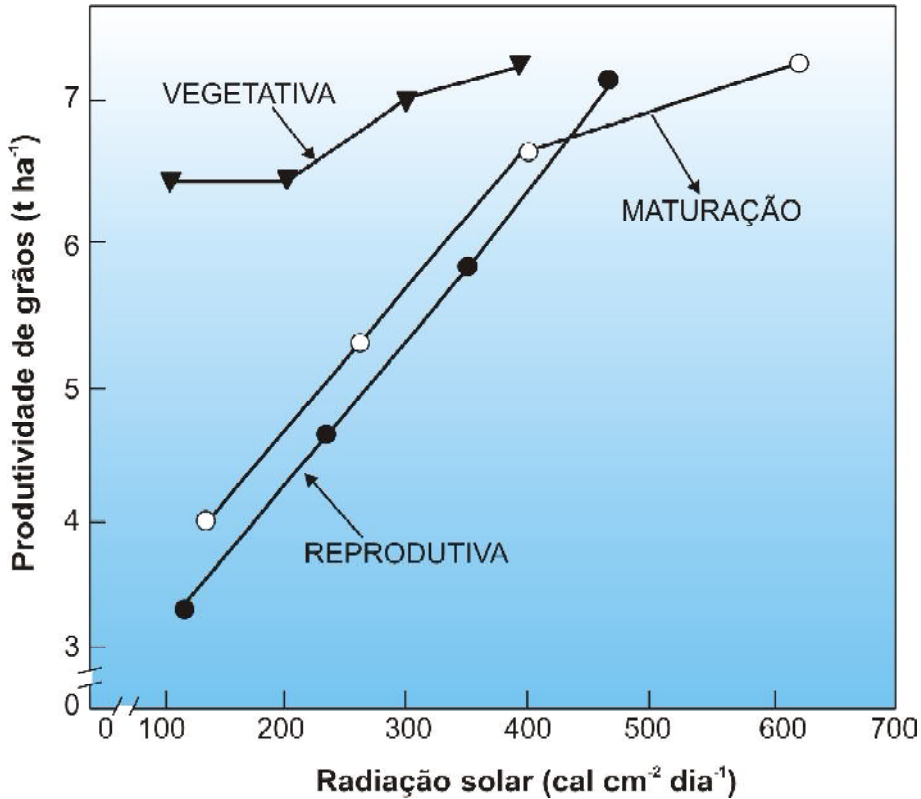
A importância relativa da radiação solar nas distintas fases fenológicas, em termos de produtividade de grãos, é mostrada na Fig. 5.5. Os maiores incrementos na produtividade, para níveis crescentes de radiação solar, são obtidos, respectivamente, durante as fases reprodutiva e de maturação. A fase vegetativa apresenta uma baixa resposta à radiação solar. Observa-se que produtividades em torno de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> podem ser alcançadas com níveis de radiação solar de aproximadamente 300 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> durante a fase reprodutiva. Durante a fase de maturação, produtividades ligeiramente superiores poderiam ser alcançadas com níveis semelhantes de radiação solar.

Com base nesses resultados, Yoshida (1981) sugere que a radiação solar exerce um papel mais destacado, quando se buscam





produtividades superiores a  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Isso indica que a pesquisa deve procurar alternativas que aumentem a eficiência no aproveitamento da radiação solar pela planta de arroz, caso se almeje alcançar produtividades bem superiores a  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , que é a média obtida nos últimos anos no Rio Grande do Sul.



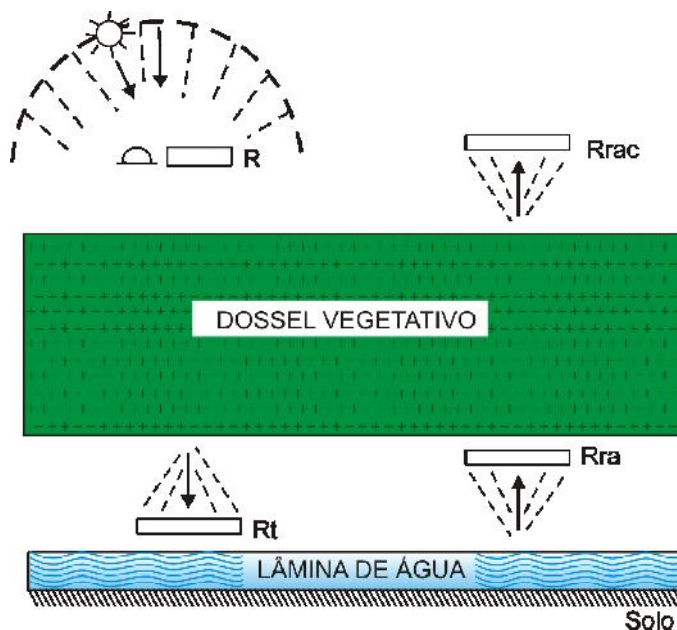
**Fig. 5.5.** Efeito da radiação solar em diferentes fases de desenvolvimento sobre a produtividade da cultivar IR 747B2-6.

Fonte: Adaptada de Yoshida & Parao (1976).

### Influência do tipo de planta na interceptação da radiação solar

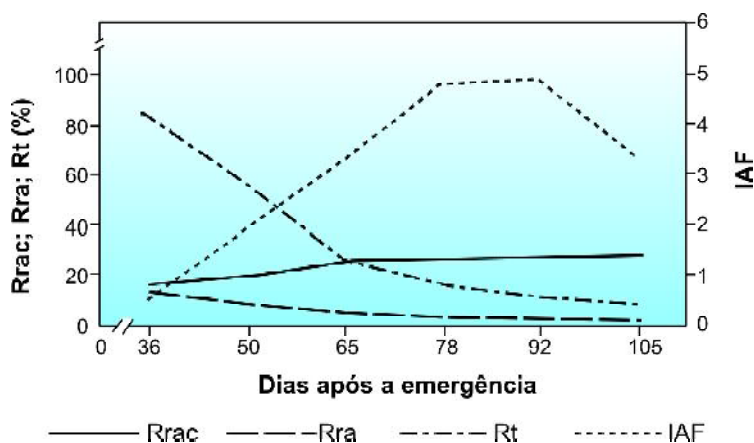
A radiação solar que incide sobre o dossel vegetativo pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Steinmetz et al. (1993), usando um conjunto de tubos solarímetros dispostos acima e abaixo do dossel vegetativo, conforme indicado no diagrama esquemático da Fig. 5.6, caracterizaram a evolução dos componentes do balanço de radiação global de uma parcela de arroz irrigado (Fig. 5.7).





**Fig. 5.6.** Esquema de medidas do balanço de radiação solar na cultura do arroz irrigado em que:  $R$ =radiação solar global e os índices  $rac$ =refletida pela água e pela cultura (albedo),  $ra$ =refletida pela água e  $t$ =transmitida através do dossel vegetativo.

Fonte: Steinmetz et al. (1993).



**Fig. 5.7.** Evolução do índice de área foliar (IAF) e dos componentes do balanço de radiação na cultura do arroz irrigado, cultivar BR-Irga 414, em que:  $R$ =radiação solar global e os índices  $rac$ =refletida pela água e pela cultura (albedo),  $ra$ =refletida pela água e  $t$ =transmitida através do dossel vegetativo.

Fonte: Steinmetz et al. (1993).



Com base nesses resultados, verifica-se que: a) a radiação refletida pelo dossel ( $R_{rac}$ ) aumentou de 15 para 28%, acompanhando, inicialmente, a evolução do índice de área foliar (IAF) e, posteriormente, o aparecimento das espiguetas e a senescência da cultura; b) a radiação refletida pela água ( $R_{ra}$ ), por sua vez, diminuiu com o aumento do IAF; c) a radiação transmitida através do dossel ( $R_t$ ) apresentou uma relação inversa com o IAF. Essa relação entre a  $R_t$  e o IAF é semelhante à encontrada por outros autores e pode ser expressa pela seguinte equação (Monshi & Saeki, 1953):

$$I/I_0 = e^{-K \text{ IAF}} \quad \text{ou} \quad \log_e I/I_0 = -K \text{ IAF}$$

em que: **I** = Intensidade da radiação solar abaixo do dossel vegetativo ou de uma determinada camada do dossel onde o IAF tenha sido medido; **I<sub>0</sub>** = intensidade da radiação solar acima do dossel (radiação incidente); **K** = coeficiente de extinção da radiação solar no interior do dossel; **IAF** = índice de área foliar do dossel ou de uma camada dele.

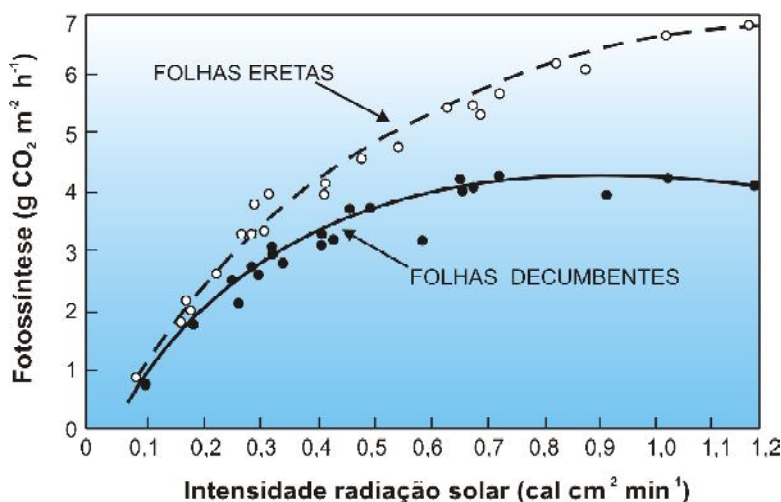
Observa-se por essa equação que a extinção da radiação solar numa comunidade de plantas depende, fundamentalmente, do IAF e do coeficiente K, e que pode ser expressa por uma função exponencial. O coeficiente K está intimamente relacionado com a estrutura da planta e, em particular, com a orientação das folhas. Para o arroz, os seus valores podem variar de 0,3, em plantas com folhas eretas, a 0,8, em plantas com folhas decumbentes (Hayashi & Ito, 1962; Tanaka et al., 1976, citados por Yoshida, 1983). Um ângulo foliar adequado permite que uma maior quantidade de radiação atinja as folhas inferiores do dossel, fazendo com que elas sejam fotossinteticamente mais eficientes, além de aumentar a sua longevidade e permitir, também, um maior perfilhamento.

Os resultados relatados por Tanaka (1976) caracterizam a relação entre o ângulo foliar e a taxa fotossintética de uma cultura de arroz com um IAF de 7,1. A densidade de fluxo de radiação solar diminui gradualmente à medida que a radiação penetra na população de plantas com folhas eretas e mais rapidamente naquelas com folhas decumbentes. Como exemplo, o autor cita que, durante a floração, cerca de 90% da radiação foi interceptada nos primeiros 30 cm da população com folhas decumbentes, enquanto na mesma distância a porcentagem interceptada na população de folhas eretas foi de 50%.

Verifica-se, na Fig. 5.8, que a fotossíntese na população com folhas eretas aumenta com a densidade de fluxo de radiação, sem que se atinja o ponto de saturação, enquanto na população com folhas decumbentes o aumento de fotossíntese ocorre apenas até o nível de



$0,6 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ , havendo saturação de luz acima desse valor. Nesse experimento, a produtividade de grãos na população de folhas decumbentes foi 33% menor do que na de folhas eretas. O autor sugere que a utilização de populações de plantas com folhas eretas, é uma das principais características que apontam para o aumento da produtividade de grãos.



**Fig. 5.8.** Relação entre a intensidade da radiação solar e a taxa de fotossíntese em populações de arroz com folhas eretas e decumbentes.

Fonte: Adaptada de Tanaka (1976).

Resultados experimentais obtidos em Pelotas, RS, também caracterizam a influência da arquitetura da planta na interceptação da radiação solar e na produtividade. Verifica-se, na Tabela 5.4, que, para as três cultivares estudadas, houve um aumento do IAF em função da dose de adubação nitrogenada. Por conseguinte, a porcentagem de radiação interceptada, nas três faixas de comprimento de onda, aumentou com o IAF nas três cultivares. O fato de a porcentagem de interceptação diminuir, no sentido do aumento do comprimento de onda, indica que as radiações na faixa do azul,  $0,4$  a  $0,5 \mu$ , e do verde,  $0,6$  a  $0,7 \mu$ , são mais fortemente absorvidas pelas folhas verdes do que a radiação no início do infravermelho,  $0,7$  a  $0,8 \mu$ .

É mostrado na Tabela 5.5 o aspecto relativo à arquitetura das plantas. A cultivar BR-Irga 409 é de porte baixo,  $<80$  cm, e de folhas predominantemente eretas; a Bluebelle é de porte médio,  $80-100$  cm, com folhas medianamente eretas e a EEA 406 é de porte alto,  $>100$  cm, com



folhas predominantemente decumbentes. Em função disso, em uma mesma dose de nitrogênio, a densidade de fluxo de radiação solar na base da planta, independentemente da faixa espectral, é maior nas cultivares de folhas eretas do que na de folhas decumbentes. Essa característica, juntamente com o maior número de perfilhos por planta, podem ser responsáveis pelo maior número de panículas por área para a cultivar de folhas eretas.

**Tabela 5.4.** Percentagem de radiação interceptada, em três faixas do espectro solar, e índice de área foliar (IAF) de três cultivares de arroz submetidas a três doses de adubação nitrogenada.

Cultivares	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	IAF máx.	Radiação interceptada (%)		
			0,4 – 0,5 micra	0,6 – 0,7 micra	0,7 – 0,8 micra
BR-Irqa-409	0	3,4	60,2	61,9	54,4
	60	4,2	76,5	74,1	64,4
	120	4,9	77,0	80,2	69,8
Bluebelle	0	2,6	61,6	52,7	47,6
	60	2,7	70,1	57,1	48,9
	120	3,9	83,6	85,6	68,7
EEA-406	0	3,9	68,7	64,7	51,6
	60	5,4	79,9	76,0	65,6
	120	7,6	98,2	95,9	85,5

Fonte: Mueller et al. (1979).

**Tabela 5.5.** Número de panículas por metro quadrado e produtividade de três cultivares de arroz com diferentes arquiteturas em três doses de nitrogênio.

Cultivares	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Panículas (n° m <sup>-2</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
BR-Irqa-409	0	470	5002
	60	574	5561
	120	508	5727
Bluebelle	0	401	4998
	60	427	5448
	120	463	6321
EEA-406	0	343	5531
	60	356	5866
	120	341	4611

Fonte: Mueller (1980).



Um aumento expressivo na produtividade do arroz irrigado tem sido observado nos últimos anos no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os dois principais estados produtores de arroz irrigado do Brasil. A produtividade média do Rio Grande do Sul aumentou de 3.800 kg ha<sup>-1</sup>, no período 1970/80, para 5.100 kg ha<sup>-1</sup>, no período 1991/93 (Terres et al., 1994). Esse aumento de produtividade é atribuído, principalmente, à substituição das cultivares tradicionais, de porte alto, com folhas decumbentes e susceptíveis ao acamamento, por cultivares modernas, semi-anãs, de folhas eretas, alta capacidade de perfilhamento, resistentes às doenças e com grãos de boa qualidade (Carmona, 1989; Terres et al., 1994). O uso dessas cultivares, associado ao manejo adequado da cultura, permite que alguns produtores obtenham níveis de produtividades em torno de 10.000 kg ha<sup>-1</sup> (Terres et al., 1994).

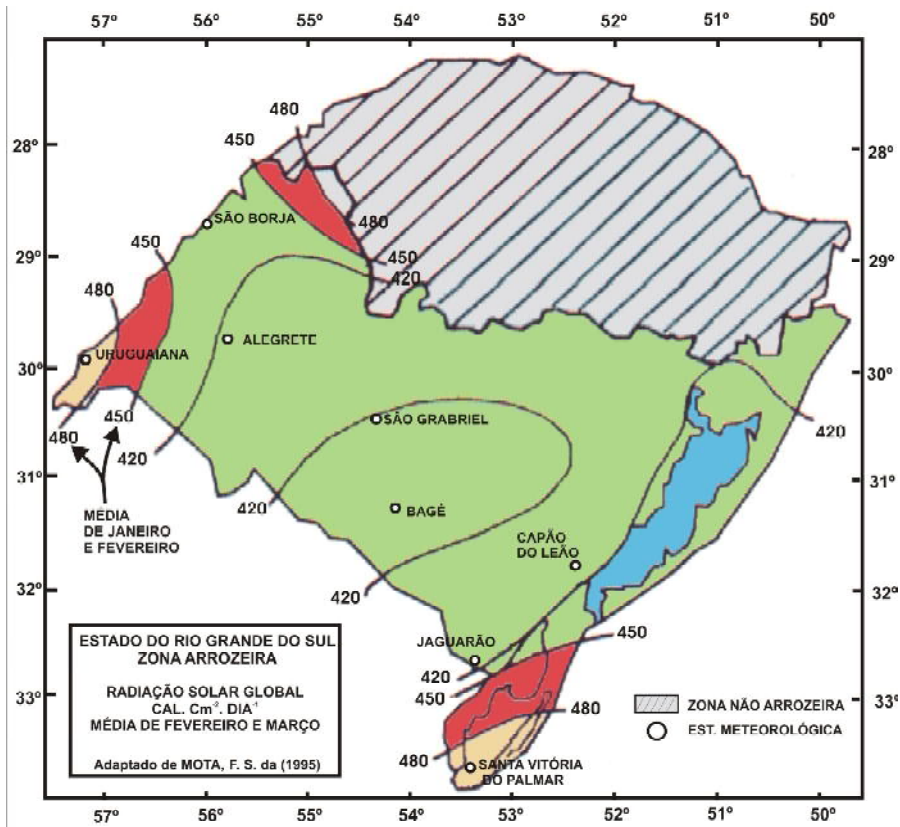
### **Disponibilidade de radiação solar e produtividade do arroz em distintas regiões brasileiras**

A produtividade do arroz irrigado está diretamente relacionada com a disponibilidade de radiação solar durante as fases reprodutiva e de maturação (Fig. 5.5). Mota (1994) verificou que a variação da produtividade do arroz, caracterizada pelos coeficientes de correlação parcial, depende em 93% da radiação solar, 83% das horas de frio em março e 42% das horas de frio em fevereiro. Na série de dados analisados, as produtividades mais altas, 5.800 kg ha<sup>-1</sup>, foram obtidas quando a disponibilidade de radiação solar nos meses de fevereiro e março foi superior a 550 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

No Rio Grande do Sul, a disponibilidade média normal de radiação solar é variável nas distintas regiões produtoras, sendo que os níveis mais altos são observados na Zona Sul e na Fronteira Oeste (Fig. 5.9). Essa é, seguramente, uma das razões pelas quais as produtividades médias na Fronteira Oeste são, geralmente, superiores às demais regiões do estado. Na Zona Sul, onde Santa Vitória do Palmar é o município de maior importância na produção de arroz, altas produtividades são obtidas em anos em que não há ocorrência de frio.

Infelizmente, existe pouca informação a respeito da disponibilidade de energia solar e da sua relação com a produtividade do arroz na região central do Brasil. A análise dos dados médios normais de radiação solar da localidade de Formosa, GO (Fageria, 1984) mostra que os níveis de radiação solar média dos meses de fevereiro e março,





**Fig. 5.9.** Níveis de radiação solar global (média de fevereiro e março, exceto para a região de Uruguaiana, em que se considerou a média de janeiro e fevereiro) nas distintas regiões produtoras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Adaptada de Mota (1995).

395 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, são inferiores aos valores médios registrados no Rio Grande do Sul, no mesmo período. Portanto, é de se esperar que, para cultivares com o mesmo potencial produtivo, os níveis de produtividade sejam um pouco inferiores aos do Rio Grande do Sul. Entretanto, deve-se ressaltar que, com a disponibilidade de radiação solar de Formosa, GO, em torno de 400 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, pode-se esperar níveis de produtividade em torno 6.500 kg ha<sup>-1</sup>, assumindo-se que as cultivares utilizadas apresentem respostas à radiação solar semelhantes àsquelas utilizadas por Yoshida & Parao (1976), cujos dados são apresentados na Fig. 5.5. Níveis de radiação solar semelhantes aos de Formosa, também não seriam limitantes ao arroz de terras altas, pois, nesse ecossistema, a produtividade média é de aproximadamente 2.434 kg ha<sup>-1</sup> (Mendez del Villar et al., 2002).



A análise da disponibilidade de radiação solar durante o ciclo da cultura do arroz de terras altas, em distintas regiões produtoras do Brasil, mostra que o nível mais alto ocorre na localidade de Xanxerê, SC, ( $538 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), e os mais baixos são registrados em Sena Madureira, AC ( $395 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) e em Porto Velho, RO ( $397 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ). Nas demais localidades, a radiação solar varia de 450 a  $520 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (Upland..., 1984). Considerando-se que o número de espiguetas aumenta com a radiação solar até  $500 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (Yoshida & Parao, 1976), as produtividades em Sena Madureira e Porto Velho poderão ser afetadas por esse fator.

Uma avaliação preliminar sobre a quantidade de energia solar disponível nas distintas regiões produtoras de arroz do país sugere que esse fator pode tornar-se limitante quando se pretende obter níveis de produtividade superiores a  $5.000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

## CHUVA E NECESSIDADE DE ÁGUA

### Consumo de água

Segundo Bernardes (1956), a necessidade de água para o arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul, varia de 1.150 mm para cultivares de ciclo curto a 1.700 mm para cultivares de ciclo longo. Nesse estado, de acordo com Sachet (1977), a evapotranspiração representa cerca de 70% da necessidade de água para a irrigação, o que varia, entretanto, com o solo utilizado.

Motta et al. (1990) mostram que a evapotranspiração média diária normal do arroz no Rio Grande do Sul, no período em que é praticada a irrigação por inundação, varia de 6,7 a 7,7 mm. A necessidade de água para a irrigação depende da evapotranspiração, da quantidade de chuva ocorrida e da época de semeadura, variando de 655,4 mm, em Uruguaiana, a 801,6 mm, em Santa Vitória do Palmar, para semeaduras de 15 de setembro e 15 de novembro, respectivamente, em um sistema estático de irrigação por inundação (Motta et al., 1990). Esses autores mostram que a quantidade de água necessária no sistema estático, água parada, é de apenas 42% dos dois litros por segundo e por hectare utilizados pelos orizicultores no sistema dinâmico, água corrente. Os autores sugerem que poderia haver economia de água se fosse utilizado o sistema estático ou uma combinação de ambos, se a temperatura da água da lavoura for elevada.





Marcolin et al. (1999) mostram que o consumo de água durante o ciclo da cultivar BR-Irga 410, em Cachoeirinha, foi maior no sistema de cultivo convencional (741,5 mm), em relação ao pré-germinado (723,3 mm) e ao direto (694,5 mm). Os valores de vazão média são inferiores aos obtidos por Motta et al. (1990), o que foi atribuído à sistematização do solo, que permitiu melhorar o manejo da irrigação e reduzir as perdas.

Eberhardt (1993) estudou os efeitos de métodos de preparo do solo para o sistema pré-germinado, em Itajaí, SC, tendo obtido os seguintes resultados: a) o consumo de água durante o ciclo da cultivar EMPASC 104 variou de 570,1 mm a 797,2 mm, para os tratamentos com formação de lama, sendo o consumo médio de 681,2 mm; b) para o tratamento com semeadura em solo seco, o consumo de água durante o ciclo foi de 834,4 mm, portanto, 22% superior ao consumo médio dos tratamentos com formação de lama.

A necessidade de água do arroz irrigado, na região de Goiânia, GO, varia muito em função do tipo de várzea em que as medições são efetuadas. Foram determinados valores de 1.322 mm (Embrapa, 1984) a 3.165 mm (Stone et al., 1980). Para essa mesma região, Stone et al. (1990) relatam que, em condições de sequeiro, o consumo de água das cultivares IAC 47 e CICA 4, no ano de 1979, foi de 600 mm. Em 1986, o consumo de água da cultivar IAC 47 foi de 676 mm, com um consumo diário de 5,3 mm. Essa mesma cultivar, em Uberaba, MG, consumiu 715 mm, com uma média diária entre 5 e 6 mm.

### **Influência da chuva no suprimento de água e na produtividade do arroz irrigado**

No Rio Grande do Sul, os totais médios anuais de chuva variam de 1.168 a 2.468 mm, sendo que, na maior parte das regiões produtoras de arroz irrigado, a quantidade de chuva é inferior a 1.400 mm. Em geral, os meses de maio, junho e setembro são os mais chuvosos e os de novembro, dezembro e fevereiro os menos chuvosos (Embrapa, 1988).

De acordo com os dados obtidos por Motta et al. (1990) em sete localidades representativas das principais regiões produtoras de arroz do Rio Grande do Sul, considerando-se três épocas de semeadura, verifica-se que a precipitação pluvial durante o período de irrigação corresponde, em média, a 46% do total da água consumida pela evapotranspiração.



Em geral, a quantidade de chuva ocorrida durante o ano é suficiente para repor o volume dos mananciais de água de irrigação, lagoas, barragens e rios. Entretanto, em alguns anos, de acordo com Mota & Zahler (1994), a ocorrência do fenômeno “Anti-El Niño” ou La Niña, provoca estiagens em agosto e setembro. De acordo com os autores, esse fenômeno ocorre quando as águas do Oceano Pacífico, na costa oeste da América do Sul, ficam de 2 a 3°C mais frias do que o normal, fazendo com que as frentes frias sejam enfraquecidas e desviadas antes de entrarem no Rio Grande do Sul. Com isso, dependendo da severidade da deficiência hídrica, há falta de água para irrigar as lavouras de arroz. O resultado é a quebra inevitável da safra, que pode atingir de 13 a 32% da produtividade. Entretanto, tais ocorrências são raras, tendo acontecido apenas quatro vezes no período de 1920 a 1988 (Mota & Zahler, 1994).

Mota (1999) mostrou que a ocorrência do fenômeno La Niña aumentou a necessidade de irrigação do arroz, de dezembro a fevereiro, em média 9,0%, sendo que, nos eventos mais fortes, o aumento foi de 43,8%, em média. Por outro lado, a ocorrência do El Niño diminuiu a necessidade de irrigação do arroz, no período de dezembro a fevereiro, em média 4,3%; nos eventos mais fortes a diminuição foi de 36,5%, em média.

Carmona & Berlato (2002) mostraram que, em 60% dos eventos La Niña, a produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul ficou acima da média histórica. Em função disso, Berlato & Fontana (2003) deduzem que o ideal é que um evento La Niña ocorra após um evento El Niño, pois, nessa situação, o suprimento de água para a irrigação fica garantido pelo fato de os reservatórios (barragens) entrarem na primavera com máximo armazenamento. Além das referências previamente citadas, mais informações sobre a influência dos fenômenos El Niño e La Niña no suprimento de água e na produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul podem ser obtidos em Carmona & Berlato (2002) e em Steinmetz (2004).

### **Influência da chuva no suprimento de água do arroz de terras altas**

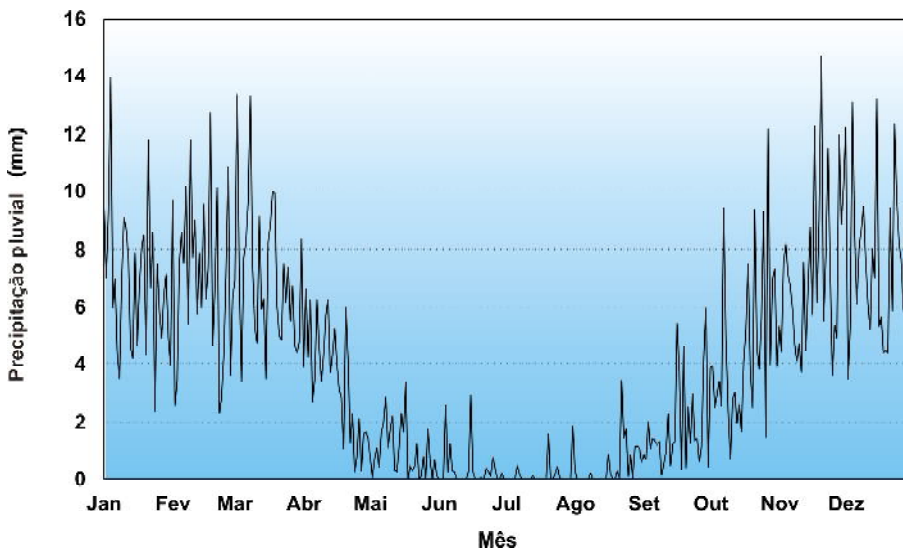
As características do regime pluvial, expressas pela quantidade e a distribuição das chuvas durante o ciclo da planta de arroz de terras altas, são os fatores mais limitantes na produtividade de grãos.

Steinmetz et al. (1988) fizeram a caracterização do regime pluvial de 80 localidades representativas das principais regiões produtoras de arroz de terras altas do Brasil e verificaram que existe uma acentuada



diferença entre as localidades, tanto em relação ao total anual das chuvas quanto à sua distribuição ao longo do ano. Os valores extremos do total anual de chuvas foram de 2.262,5 mm em Taperinha, município de Santarém, PA e de 847,7 mm em Taboca do Brejo Velho, município de Santana do Brejo, PA.

A localidade de Santo Antônio de Goiás, GO (Fig. 5.10), apresenta um regime pluvial característico da região dos Cerrados. Do total anual de 1.434 mm, cerca de 92% das chuvas ocorrem no período de outubro a abril, concordando com os dados publicados por Espinoza et al. (1982). De maio a setembro ocorre uma estação seca bem definida com índices de pluviosidade muito baixos.



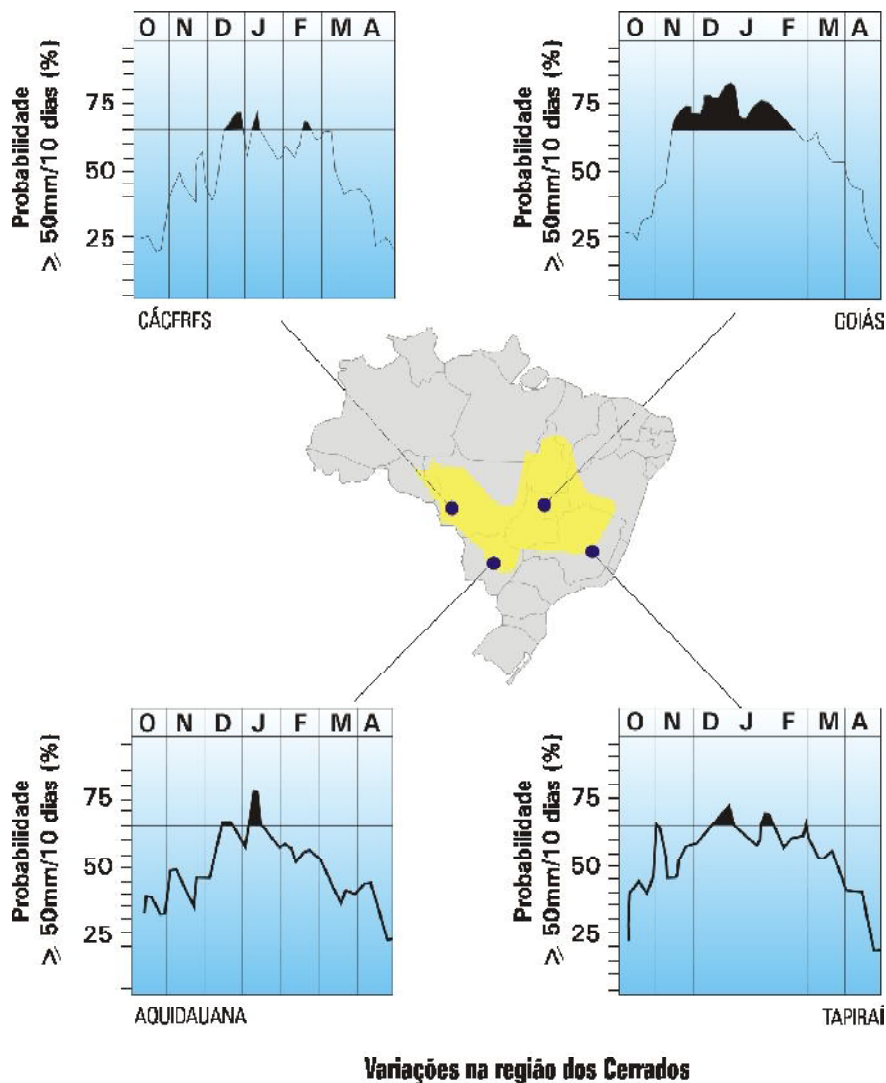
**Fig. 5.10.** Distribuição pluvial diária referente ao município de Santo Antônio de Goiás.

Fonte: Silva et al. (2003).

Steinmetz et al. (1984) caracterizaram a existência de regiões consideradas como “favorecidas” e “não favorecidas”, para a produção de arroz em terras altas sem irrigação, com base no estudo da distribuição freqüencial das chuvas, em 20 localidades do Brasil. Foi considerado como “**período favorável de chuva**”, quando a probabilidade de ocorrência de 50 mm ou mais de chuva, em dez dias, era maior do que 66,7%. Observou-se, pelos resultados, que o número e a época de ocorrência dos períodos favoráveis de chuva são bastante variáveis entre as localidades, conforme ilustrado na Fig. 5.11, para quatro localidades



situadas nos Cerrados. Em função do maior número de períodos favoráveis de chuva, durante a época de cultivo do arroz de terras altas, infere-se que o risco climático na localidade de Goiás é menor do que nas outras três localidades.



**Fig. 5.11.** Níveis de probabilidade de ocorrência de 50 mm, ou mais, de chuva em períodos de 10 dias, durante o período de cultivo do arroz de terras altas, em quatro localidades na região dos Cerrados. Os períodos favoráveis de chuva, áreas em negrito, correspondem ao nível de 66,7% de probabilidade de se ter quantidades de chuva maiores ou iguais a 50 mm em dez dias.

Fonte: Adaptada de Steinmetz et al. (1984).



## Deficiência hídrica

Em algumas regiões produtoras de arroz de terras altas, em particular na região dos Cerrados, é comum a ocorrência de estiagens de uma, duas ou até três semanas, os veranicos, durante a estação chuvosa. Em geral, esses períodos de estiagem são caracterizados pela alta demanda evaporativa do ar, altos níveis de radiação solar e temperaturas elevadas. A região dos Cerrados é também caracterizada pela predominância de solos ácidos, com alta velocidade de infiltração de água, baixa capacidade de retenção de umidade e baixa fertilidade natural (Espinoza et al., 1982; Steinmetz et al., 1986). Outra característica desses solos é a presença de alta saturação de alumínio, que limita o crescimento das raízes e, com isso, diminui a capacidade das plantas de retirarem água e nutrientes das camadas mais profundas do solo (Guazzelli et al., 1980).

Além dessas limitações, a disponibilidade de água para as plantas pode ser ainda mais prejudicada em função do uso de métodos inadequados de preparo do solo. A utilização indiscriminada de grades aradoras provoca a compactação da subsuperfície do solo. A compactação, por sua vez, pelo fato de dificultar o enraizamento, a infiltração e o armazenamento de água, provoca a erosão laminar (Seguy et al., 1984) e faz com que a maior concentração de raízes esteja nos primeiros 10 cm do solo (Kluthcouski et al., 1991).

Resultados obtidos na região de Goiânia,GO, caracterizam bem a influência da deficiência hídrica na fase reprodutiva do arroz de terras altas (Embrapa, 1984; Fageria, 1984; Pinheiro et al., 1985). Existem várias alternativas, tanto do ponto de vista da cultura, como de práticas culturais, que podem ser usadas para diminuir sua influência na produtividade do arroz de terras altas. Kluthcouski et al. (1995) sugerem que isso pode ser conseguido pelo: a) uso de cultivares mais adaptadas às distintas regiões produtoras; b) uso de técnicas apropriadas de preparo do solo; e c) uso da irrigação suplementar por aspersão.

Do ponto de vista agroclimático, existem, basicamente, duas alternativas para se diminuir a influência da deficiência hídrica no arroz de terras altas: a) identificação das épocas de semeadura com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo e, principalmente, durante a fase reprodutiva da cultura; b) identificação, por meio do zoneamento agroclimático, das regiões com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica. Steinmetz et al. (1988)



utilizaram um modelo de simulação de balanço hídrico e séries longas de dados climáticos para caracterizar as épocas de semeadura mais apropriadas, para cultivares de ciclo curto e médio, em 20 localidades do Estado de Goiás. Utilizando a mesma metodologia, Sandanielo et al. (1992) definiram as melhores épocas de semeadura para 33 localidades do Estado do Mato Grosso.

## **ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO**

### **Zoneamento agroclimático para o arroz irrigado**

Numa das primeiras versões do zoneamento climático do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, foram definidas três grandes regiões denominadas Preferencial, Tolerada e Inapta (Mota et al., 1974). Posteriormente, as mesmas regiões foram utilizadas, agregando-se novas informações sobre o arroz irrigado e outras culturas (Rio Grande do Sul, 1994).

Em 1995, teve início o Projeto de Redução de Riscos Climáticos na Agricultura, que originou o Zoneamento Agrícola do Brasil, coordenado pelo então Ministério da Agricultura e do Abastecimento, cujas características são descritas por Assad (1999) e por Rossetti (1999). Uma síntese desse trabalho, envolvendo 25 artigos científicos sobre o zoneamento de riscos climáticos ou zoneamento agroclimático por épocas de semeadura, para as principais culturas do Brasil, foi publicado num número especial da Revista Brasileira de Agrometeorologia (2001).

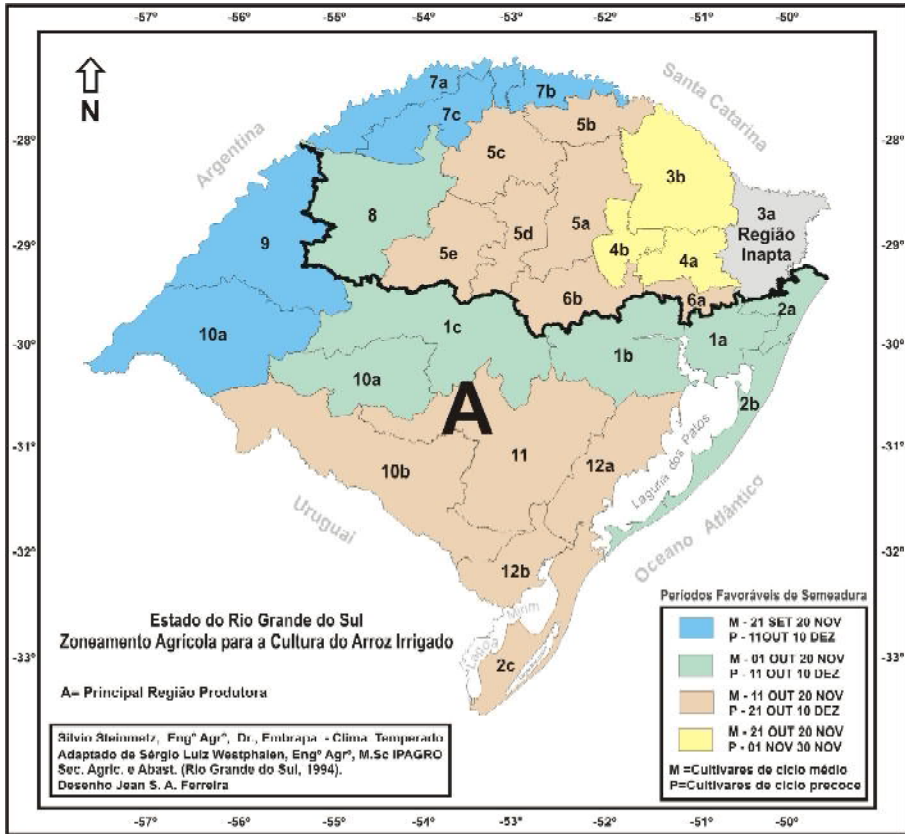
Em 1996, por demanda do projeto previamente citado, foi elaborado o Zoneamento Agroclimático do Arroz Irrigado, contendo as épocas de semeadura recomendadas para todos os municípios do Rio Grande do Sul (Steinmetz et al., 1996). Essa publicação foi atualizada em 1999 (Steinmetz et al., 1999) e em 2001 (Steinmetz et al., 2001c).

Steinmetz et al. (2001c) verificaram que os períodos recomendados de semeadura variam em função das regiões e sub-regiões do estado e do ciclo das cultivares (Fig. 5.12 e Tabela 5.6).

Foram estabelecidos oito grandes grupos de períodos de semeadura, sendo quatro para cultivares de ciclo médio e quatro para cultivares de ciclo curto. Para as cultivares de ciclo médio, o período de semeadura pode estender-se de 21 de setembro a 20 de novembro, nas regiões mais quentes (Fronteira Oeste e Alto Vale do Uruguai), e de 21 de



outubro a 20 de novembro nas regiões mais frias (Serra do Nordeste e Planalto Superior). Para as cultivares de ciclo curto, nessas mesmas regiões, esses períodos são, respectivamente, 11 de outubro a 10 de dezembro e 1º a 30 de novembro (Fig. 5.12).



**Fig. 5.12.** Épocas de semeadura recomendadas para o arroz irrigado, cultivares de ciclos médio, M, e curto, P, no Estado do Rio Grande do Sul. Os números e letras correspondem às regiões e sub-regiões agroecológicas.

Fonte: Steinmetz et al. (2001c).

Encontram-se na Tabela 5.7 as informações relativas aos primeiros 20 dos 497 municípios do Rio Grande do Sul. Como exemplo, o município de Agudo pertence à sub-região 1c, e os períodos recomendados de semeadura vão de 01 de outubro a 20 de novembro para as cultivares de ciclo médio, e de 11 de outubro a 10 de dezembro para as cultivares de ciclo curto.



**Tabela 5.6.** Períodos recomendados de semeadura para cultivares de arroz irrigado, de ciclos curto e médio, nas regiões e sub-regiões agroecológicas do Estado do Rio Grande do Sul.

Região agroecológica	Sub-região Agroecológica	Período de Semeadura	
		Ciclo curto	Ciclo médio
7- Alto Vale do Uruguai 9- São Borja - Itaqui 10- Campanha	7a, 7b, 7c	11 de outubro a 10 de dezembro	21 de setembro a 20 de novembro
	10a		
	1- Depressão Central 2- Litoral 8- Missioneira de Santo Ángelo- São Luiz Gonzaga 10- Campanha	1a, 1b, 1c 2a, 2b 10a	11 de outubro a 10 de dezembro
2- Litoral 5 Planalto Médio 6 Encosta Inferior da Serra do Nordeste 10- Campanha 11- Serra do Sudeste 12- Região das Grandes Lagoas	2c		
	5a, 5b, 5c, 5d, 5e		
	6a, 6b		
	10b	21 de outubro a 10 de dezembro	11 de outubro a 20 de novembro
	12a, 12b		
3- Planalto Superior 4- Serra do Nordeste 3- Planalto Superior	3b 4a, 4b 3a	01 de novembro a 30 de novembro Cultivo não recomendado	21 de outubro a 20 de novembro

Fonte: Steinmetz & Braga (2001).

**Tabela 5.7.** Exemplos de períodos de semeadura recomendados para os primeiros 20, dos 497 municípios do Rio Grande do Sul.

Municípios	Região e Sub-Região <sup>(1)</sup>	Período de semeadura	
		Ciclo médio	Ciclo curto
1. Aceguá	10b	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
2. Água Santa	5a	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
3. Agudo	1c	1 out – 20 nov	11 out – 10 dez
4. Ajuricaba	5c	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
5. Alecrim	7a	21 set – 20 nov	11 out – 10 dez
6. Alegrete	10a	21 set – 20 nov	11 out – 10 dez
7. Alegria	7c	21 set – 20 nov	11 out – 10 dez
8. Almirante Tamandaré do Sul	5c	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
9. Alpestre	7a	21 set – 20 nov	11 out – 10 dez
10. Alto Alegre	5d	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
11. Alto Feliz	6a	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
12. Alvorada	1a	1 out – 20 nov	11 out – 10 dez
13. Amaral Ferrador	11	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
14. Ametista do Sul	7a	21 set – 20 nov	11 out – 10 dez
15. André da Rocha	3b	21 out – 20 nov	1 nov – 30 nov
16. Anta Gorda	4b	21 out – 20 nov	1 nov – 30 nov
17. Antônio Prado	4a	21 out – 20 nov	1 nov – 30 nov
18. Arambaré	12a	11 out – 20 nov	21 out – 10 dez
19. Araricá	1a	1 out – 20 nov	11 out – 10 dez
20. Aratiba	7b	21 set – 20 nov	11 out – 10 dez

<sup>(1)</sup> Regiões e sub-regiões agroecológicas caracterizadas na Fig. 5.12.

Fonte: Steinmetz et al. (2001c).

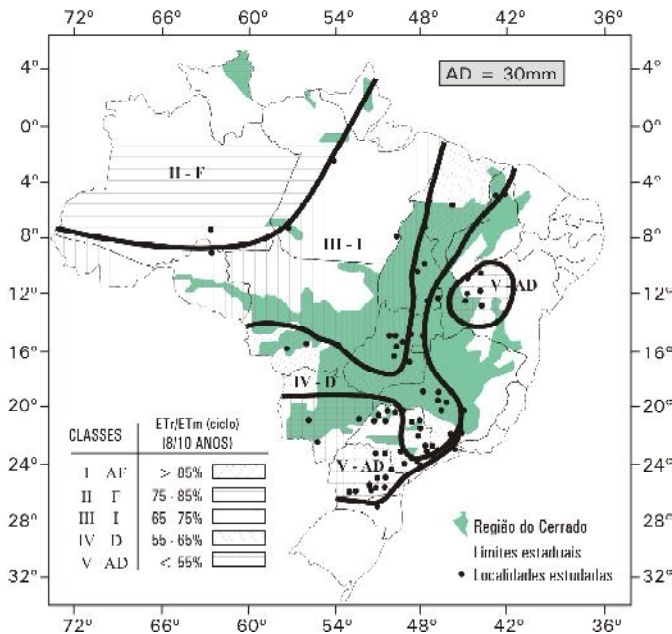




## Zoneamento agroclimático para o arroz de terras altas

Os primeiros estudos sobre zoneamento agroclimático para o arroz de terras altas no Brasil utilizavam o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (Camargo et al., 1977; Minas Gerais, 1980). Por serem em base mensal, esses estudos não permitem uma interpretação adequada dos efeitos dos veranicos. Embora alguns estudos tenham sido desenvolvidos para períodos menores, de dez dias, estes consideraram apenas a probabilidade de ocorrência de uma determinada quantidade de chuva (Alfonsi et al., 1979; Arruda et al., 1979; Steinmetz et al., 1984).

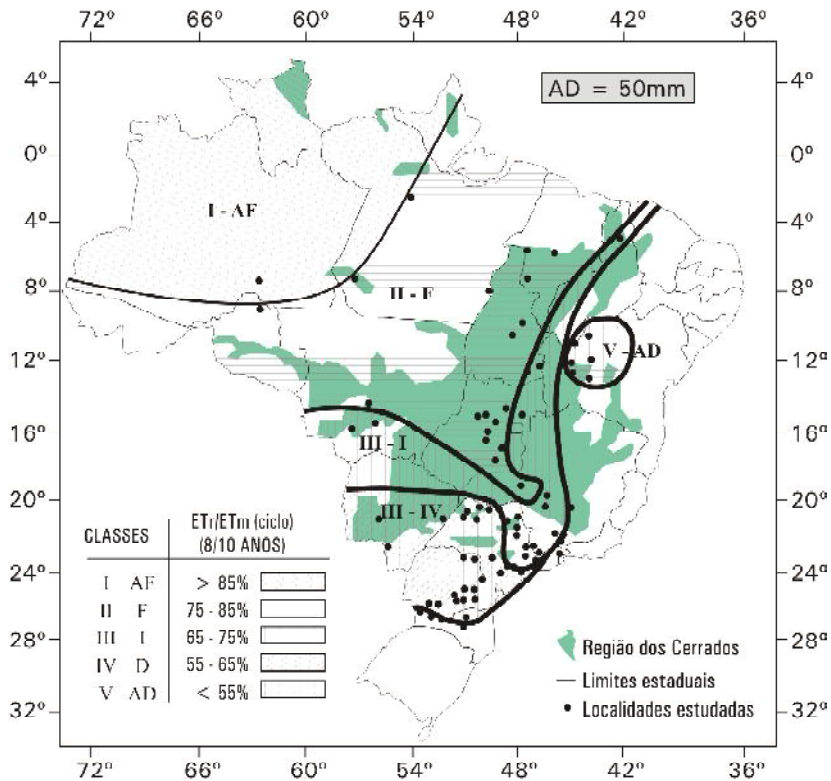
Steinmetz et al. (1988) elaboraram uma classificação agroclimática preliminar para o arroz de terras altas no Brasil a partir dos resultados de simulações do balanço hídrico, para períodos de cinco dias, de 80 localidades (Fig. 5.13). Foram consideradas cinco classes, variando de **altamente favorecida** até **altamente desfavorecida**, baseadas no índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) durante a floração e durante o ciclo da cultura. Essas classes foram estabelecidas considerando-se os valores de ISNA para a melhor época de semeadura em cada localidade. O termo ISNA é sinônimo da relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ). Dentre outros resultados, os autores mostram que para valores semelhantes de água disponível no solo (AD), ocorre um incremento no risco de deficiência hídrica nos sentidos norte-sul e noroeste-nordeste do país.



**Fig. 5.13.** Classificação agroclimática preliminar do arroz de terras altas no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto, 110 dias, e 30 mm de água disponível no solo (AD). Classe I=AF (Altamente Favorecida). Classe V=AD (Altamente Desfavorecida)  
 Fonte: Steinmetz et al. (1988).



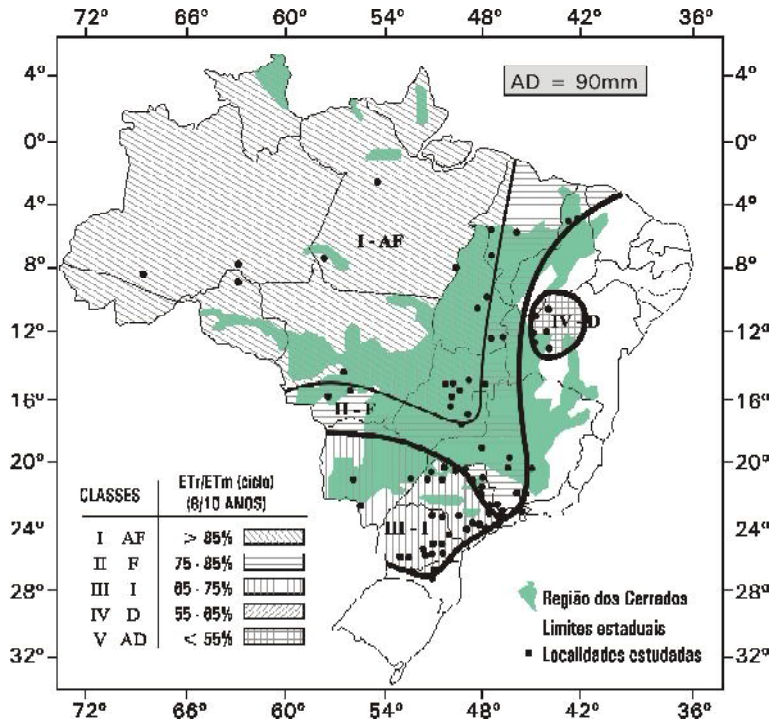
Considerando-se o valor de  $AD=50$  mm (Fig. 5.14), observa-se que as áreas da região norte, estendendo-se até o noroeste, são classificadas como *altamente favorecidas (I-AF)* ou *favorecidas (II-F)*, enquanto as do sul enquadram-se nas classes *intermediária* ou *desfavorecida (III-IV)* e as da nordeste, em particular algumas localidades da Bahia, pertencem à classe *altamente desfavorecida (V-AD)*. A classificação agroclimática de uma dada localidade é fortemente influenciada pela quantidade de água disponível no solo. Assim, por exemplo, com  $AD=30$  mm, a maior parte dos Cerrados é classificada como *intermediária* ou *desfavorecida* (Fig. 5.13). Com  $AD=50$  mm, essa mesma região seria classificada como *favorecida* ou *intermediária* (Fig. 5.14) e *altamente favorecida* e *favorecida* com  $AD=90$  mm (Fig. 5.15).



**Fig. 5.14.** Classificação agroclimática preliminar do arroz de terras altas no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto, 110 dias, e 50 mm de água disponível no solo (AD). Classe I=AF (Altamente Favorecida). Classe V=AD (Altamente Desfavorecida).

Fonte: Steinmetz et al. (1988).





**Fig. 5.15.** Classificação agroclimática preliminar do arroz de terras altas no Brasil considerando-se uma cultivar de ciclo curto, 110 dias, e 90 mm de água disponível no solo (AD). Classe I=AF (Altamente Favorecida). Classe V=AD (Altamente Desfavorecida).

Fonte: Steinmetz et al. (1988).

Mais recentemente, utilizando-se um modelo de simulação de balanço hídrico semelhante ao utilizado por Steinmetz & Forest (1986), associado às técnicas de geoprocessamento, foi possível identificar e mapear os períodos mais apropriados de semeadura para o arroz de terras altas nos Estados de Goiás (Silva et al., 1995), Tocantins (Meyreles et al., 1995), Mato Grosso (Silva et al., 1997), Mato Grosso do Sul (Silva et al., 1999b), Minas Gerais (Silva et al., 1999a), e Bahia. As variáveis consideradas foram: precipitação pluvial com série histórica mínima de 15 anos de dados diários; solos de alta, média e baixa retenção de água; coeficientes de cultura; evapotranspiração potencial; e fases fenológicas da cultura. Adotando-se um critério de corte para o índice ISNA (relação ETr/ETm), com valor 0,65, em todos os casos onde a simulação apresentou resultados com frequência 80% superior ao valor considerado, a data foi considerada boa para semeadura.

Observa-se nas Fig. de 5.16 a 5.19, envolvendo vários períodos de semeadura, diferentes solos e cultivares de ciclos distintos, como é heterogênea a demanda pluvial e como este fato, associado às condições

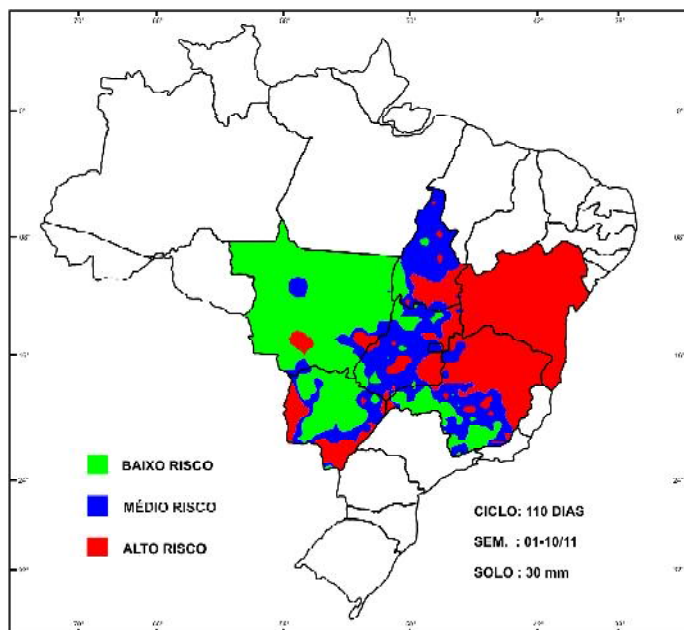


de armazenamento de água no solo, resulta em variação espacial do risco climático para o arroz de terras altas.

Para solos com capacidade de armazenamento de água de 30 mm, cultivar de 110 dias de ciclo e plantio entre 01 e 10 de novembro, observa-se, na Fig. 5.16, que regiões situadas no Pantanal e sul do Mato Grosso do Sul, norte de Minas Gerais, sul do Tocantins e o Estado da Bahia apresentam condições de alto risco climático para o cultivo do arroz de terras altas, enquanto regiões localizadas no Estado do Mato Grosso, centro-norte do Mato Grosso do Sul e sul de Minas Gerais apresentam condições de baixo risco climático.

Considerando-se a semeadura de 01 a 10 de novembro, cultivar de ciclo de 110 dias e solo com capacidade de armazenamento de água de 50 mm, verifica-se, na Fig. 5.17, que cerca de 70% da área apresenta condição de baixo risco climático ao cultivo do arroz de terras altas.

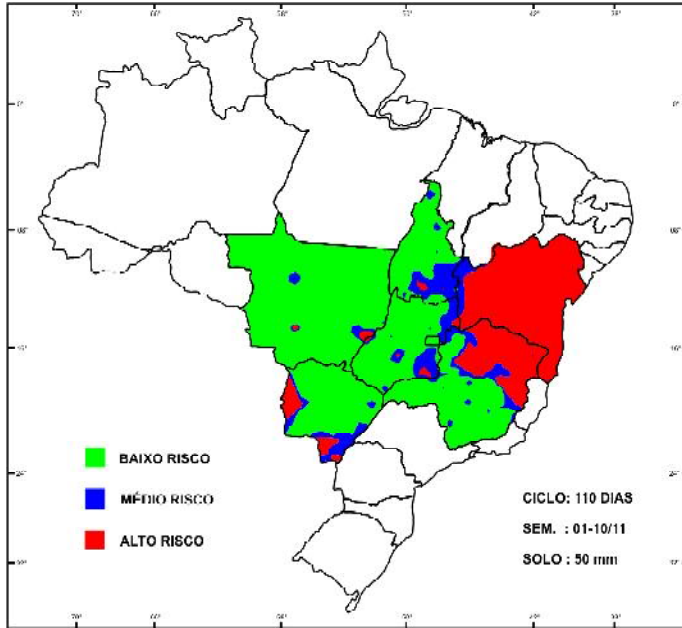
Ao comparar as Fig. 5.16 e 5.17, observa-se que, com o aumento da capacidade de armazenamento de água no solo (Fig. 5.17), ocorre um acréscimo de áreas com condição de baixo risco climático ao cultivo do arroz de terras altas.



**Fig. 5.16.** Espacialização de riscos climáticos para semeadura do arroz de terras altas, ciclo de 110 dias, no período de 01 a 10/11, considerando-se um solo com capacidade de armazenamento de água de 30 mm.

Fonte: Silva & Assad (2001).





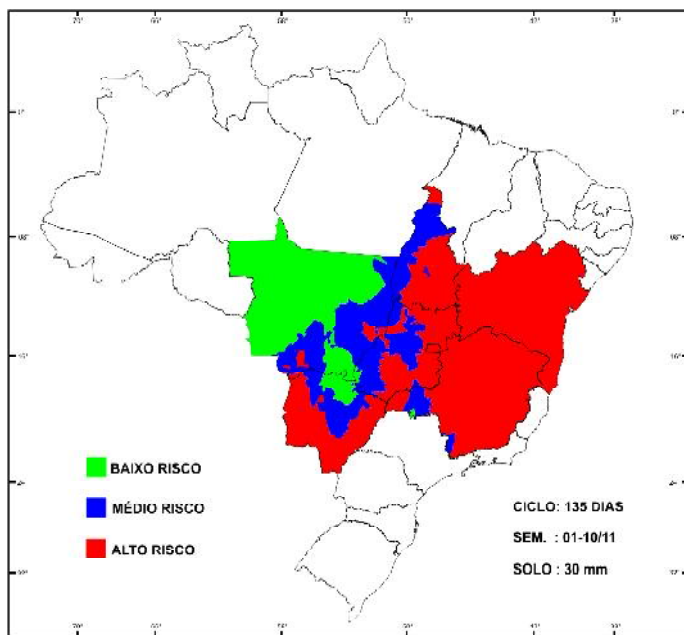
**Fig. 5.17.** Espacialização de riscos climáticos para semeadura do arroz de terras altas, ciclo de 110 dias, no período de 01 a 10/11, considerando-se um solo com capacidade de armazenamento de água de 50 mm.

Fonte: Silva & Assad (2001).

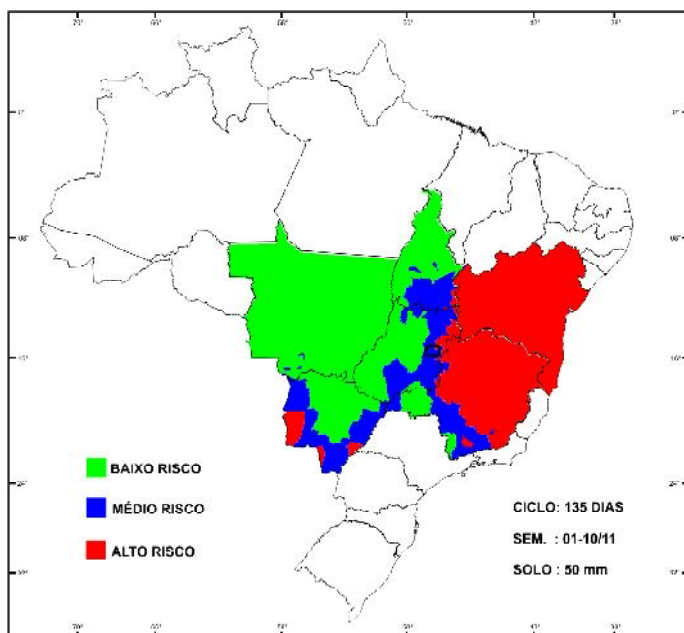
Variando o ciclo para 135 dias e mantendo-se as mesmas datas de semeadura (Fig. 5.17 e 5.18), o risco é mais acentuado, tanto para os solos de baixa retenção de água, 30 mm, como para os de média retenção de água, 50 mm. Nesse caso, o risco de ocorrência de veranicos no estágio de enchimento de grãos é maior.

O risco de perda se acentua quanto mais tarde for a semeadura, independente do solo e do ciclo da cultivar, uma vez que as chances de ocorrerem veranicos nos períodos compreendidos entre janeiro e fevereiro são acentuadas na região. De forma geral, é possível concluir que, para plantios realizados após 20 de dezembro, o risco climático é bastante acentuado para a cultura do arroz de terras altas, exceto em algumas localidades do Estado do Mato Grosso, que apresentam uma distribuição pluvial bastante regular. Assim, é possível realizar semeadura do arroz de terras altas até meados de janeiro em regiões localizadas, principalmente, no centro-norte do Estado de Mato Grosso.





**Fig. 5.18.** Espacialização de riscos climáticos para semeadura do arroz de terras altas, ciclo de 135 dias, no período de 01 a 10/11, considerando-se um solo com capacidade de armazenamento de água de 30 mm. Fonte: Silva & Assad (2001).



**Fig. 5.19.** Espacialização de riscos climáticos para semeadura do arroz de terras altas, ciclo de 135 dias, no período de 01 a 10/11, considerando-se um solo com capacidade de armazenamento de água de 50 mm. Fonte: Silva & Assad (2001).



O zoneamento agroclimático representa uma ferramenta muito importante, especialmente devido a três aspectos: a) serve como um diagnóstico para as ações de pesquisa a serem implementadas visando a diminuir o risco de deficiência hídrica, como, por exemplo, práticas de manejo para aumentar a disponibilidade de água para as plantas, criação de cultivares mais tolerantes ao estresse hídrico, entre outras; b) auxilia os produtores na tomada de decisão, principalmente quanto às épocas de semeadura mais apropriadas e quanto ao ciclo das cultivares a serem utilizadas; e c) pode ser usado como instrumento de orientação da política governamental para a cultura, como, por exemplo, orientação do crédito e do seguro agrícola em função dos níveis de risco de deficiência hídrica e da tecnologia empregada.

O Zoneamento Agrícola, que se baseia fundamentalmente no zoneamento agroclimático, vem sendo utilizado como instrumento de Política Agrícola do Governo Federal e como suporte à tomada de decisões no âmbito do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO. A cada ano, no período que antecede o início da safra do arroz e das demais culturas incluídas no Zoneamento Agrícola, são publicadas no Diário Oficial da União as Portarias contendo uma série de informações como: cultivares inscritas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), no âmbito do Zoneamento Agrícola; épocas recomendadas de semeadura em nível de município; e tipos de solo aptos para o plantio. As informações do Zoneamento Agrícola estão sendo amplamente divulgadas, por meio de publicações e via Internet, às associações de produtores, entidades de assistência técnica e extensão rural, agentes financeiros, cooperativas, secretarias de agricultura e entidades públicas e privadas, de modo que este instrumento de avanço tecnológico possa ser amplamente adotado e, a curto prazo, trazer benefícios diretos aos agricultores que dele se utilizam.

## REFERÊNCIAS

ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; ARRUDA, H. V. de. Freqüências de veranicos em regiões rizícolas do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1979, Campinas. **Anais...** Campinas: CATI, 1979. p. 147-151.

ALLURI, K.; VERGARA, B. S. Importance of photoperiod response and growth duration in upland rice. **The Philippine Agriculturist**, Laguna, v. 59, n. 5/6, p. 147-158, Oct./Nov. 1975.

ALVES, V. C.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; SENTELHAS, P. C.; AZZINI, L. E. Exigências térmicas do arroz irrigado 'IAC 4440'. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 171-174, jul./dez. 2000.

ARRUDA, H. V. de; PINTO, H. S.; ALFONSI, R. R. Probabilidade de estiagens nos meses de janeiro e fevereiro na região de Campinas. In: REUNIÃO DE TÉCNICOS EM RIZICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 1979, Campinas. **Anais...** Campinas: CATI, 1979. p. 143-145.





- ASSAD, E. D. Metodologias para zoneamento de riscos climáticos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Programa e resumo dos anais**. Florianópolis: SBA, 1999. p. 79-85.
- ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 7, p. 797-800, jul. 1989.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110 p.
- BERNARDES, B. C. Irrigação do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 10, n. 17, p. 371-382, set. 1956.
- BUENO, L. G.; ROLIM, R. B.; MONTEIRO, P. M. F. O.; NEIVA, L. C. S.; STEINDORFF, A. P. **Estudos de fotoperiodismo em arroz e soja**. Goiânia: EMGOPA, 1981. 82 p. (EMGOPA. Boletim Técnico, 9).
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F. M.; HOFFMANN, A. Ocorrência e duração das temperaturas mínimas diárias do ar prejudiciais à fecundação das flores do arroz em Santa Maria, RS. I. probabilidades de ocorrência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 23-34, jan./abr. 1991.
- CAMARGO, A. P. de; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; CHIARINI, J. V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em áreas de Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1976, Brasília, DF. **Bases para utilização agropecuária**: anais. São Paulo: USP, 1977. p. 89-120.
- CAMPOS, C. R. J. de; STEINMETZ, S. Aspectos sinóticos da ocorrência de temperaturas baixas durante a fase reprodutiva do arroz irrigado na região sul do Rio Grande do Sul: estudo de casos. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 121-133, jun. 2001.
- CARMONA, P. S. Melhoramento de arroz irrigado na Região Sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 42, n. 387, p. 14-16, set./out. 1989.
- CARMONA, L. C.; BERLATO, M. A. El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 147-152, jan./jun. 2002.
- EBERHARDT, D. S. Consumo de água em lavoura de arroz irrigado sob diversos métodos de preparo do solo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 173-176. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).
- EMBRAPA. **Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada**: região sul. Brasília, DF: EMBRAPA-DEP, 1988. 174 p. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 34).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Relatório científico**: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Goiânia, 1984. p. 92-113.
- ESPINOZA, W.; AZEVEDO, L. G. de; JARRETA JUNIOR, M. **O clima da região dos Cerrados em relação à agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1982. 37 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 9).





FAGERIA, N. K. **Adução e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos de culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 18).

GUAZZELLI, R. J.; PINHEIRO, B. da S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; STEINMETZ, S.; CASTRO, T. de A. P. e; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Melhoramento vegetal para resistência à seca nas condições do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. **Cerrado: uso e manejo: anais**. Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1980. p. 731-747.

INFELD, J. A.; SILVA, J. B. da; ASSIS, F. N. de. Temperatura-base e graus-dia durante o período vegetativo de três grupos de cultivares de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 187-191, jul./dez. 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; PINHEIRO, B. da S.; YOKOYAMA, L. P. O arroz nos sistemas de cultivo do cerrado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. v. 1, p. 95-115. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 60).

KLUTHCOUSKI, J.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; RAISSAC, M. M. de; MOREIRA, J. A. A. O arroz nos sistemas agrícolas do cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. p. 282-330. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 25).

KWON, Y. W.; KIM, D. S.; PARK, S. W. Effect of soil temperature on the emergence speed of rice and barnyardgrasses under dry direct-seeding conditions. **Korean Journal of Weed Science**, Seoul, v. 16, n. 2, p. 81-87, 1996.

LOBATO, E. J. V.; SILVA, S. C. da. **Parâmetros meteorológicos, fenologia e produtividade do arroz de sequeiro sob condições de cerrado**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 11 p. (EMBRAPA-CNPAP Comunicado Técnico, 30).

MARCOLIN, E.; CORRÊA, N. I.; LOPES, M. S.; MACEDO, V. R. M.; MARQUES, J. B. B. Determinação do consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 263-265.

MEIRELES, E. J. L.; SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; BEZERRA, H. da S.; EVANGELISTA, B. A.; MOREIRA, L.; CUNHA, M. A. C. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado do Tocantins**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 72 p. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 58).

MENDEZ DEL VILLAR, P.; FERREIRA, C. M.; GAMEIRO, A. H.; ALMEIDA, P. N. A. **Arroz de terras altas em Mato Grosso: evolução tecnológica e dinâmica territorial**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 23 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 143).

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Agricultura. **Zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1980. 114 p.

MONSI, M.; SAEKI, T. Über den lictfaktor in den pflanzengesellschaften und sein bedeutung für die stoffproduktion. **Japanese Journal of Botany**, Tokyo, v. 14, n. 1, p. 22-52, 1953.



MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 9, n. 3, p. 747-766, Dec. 1972.

MOTA, F. S. da. Disponibilidade de radiação solar e risco de frio no período reprodutivo do arroz irrigado em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 424, p. 8-10, nov./dez. 1995.

MOTA, F. S. da. Influência da radiação solar e do "frio" no período reprodutivo sobre o rendimento do arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 413, p. 22-23, mar./abr. 1994.

MOTA, F. S. da. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento e a necessidade de irrigação do arroz na região de Pelotas (RS). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 169-172.

MOTA, F. S. da; GOMES, A. S. Adaptação de cultivares de arroz de alto rendimento no Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 23, n. 2, p.147-156, abr. 1971.

MOTA, F. S. da; ZAHLER, P. J. M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Mundial, 1994. p. 23-30.

MOTA, F. S. da; BEIRSDORF, M. I. C.; ACOSTA, M. J. C.; MOTTA, W. A.; WESTPHALEN, S. L. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. v. 2, 122 p. (IPEAS. Circular Técnica, 50).

MOTA, F. S. da; ROSSKOFF, J. L. da C.; SILVA, J. B. da. Probabilidade de ocorrência de dias com temperaturas iguais ou superiores a 35°C no florescimento do arroz no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 147-149, jan./jun. 1999.

MOTTA, F. S. da; ALVES, E. G. P.; BECKER, C. T. Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 392, p. 3-6, set./out. 1990.

MUELLER, S. **Influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento e outros parâmetros de três cultivares de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.)**. 1980. 191 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MUELLER, Z.; ASSIS, F. N. de; GOMES, A. S. Radiação solar, arquitetura de planta e doses de nitrogênio em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO 9., 1979, Pelotas. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1979. p. 66-68.

NISHIYAMA, I.; ITO, N.; HAYASE, H.; SATAKE, T. Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plants. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, v. 38, n. 3, p. 554-555, Sept. 1969.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PEDROSO, B. A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: Sagra, 1982. 175 p.

PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, E. P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 87-95, jan. 1985.



REVISTA BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, v. 9, n. 3, dez. 2001. Número especial.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento.

**Macrozoneamento agroecológico e econômico do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 2 v.

ROSSETTI, L. A. Segurança e zoneamento agrícola no Brasil. Novos rumos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Programa e resumo dos anais.** Florianópolis: SBA, 1999. p. 57-78.

SACHET, Z. P. **Consumo de água de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em três tratamentos de irrigação.** 1977. 90 p. Tese (Mestrado em Hidrologia Aplicada) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANDANIELO, A.; SILVA, S. C. da; STEINMETZ, S. **Recomendações de épocas de plantio para o arroz de sequeiro em Mato Grosso.** Cuiabá: EMPAER-MT, 1992. 49 p. (EMPAER-MT. Boletim de Pesquisa, 1).

SATAKE, T. Sterile-type cool injury in paddy rice plants. In: IRRI. **Climate and rice.** Los Baños, 1976. p. 281-300.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G. da; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo:** efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 26 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 17).

SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D. Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 536-543, dez. 2001.

SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; SANO, E. E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. da S.; CUNHA, M. A. C. da; SILVA, F. A. M. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás.** Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 80 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 43).

SILVA, S. C. da; MEIRELES, E. J. L.; ASSAD, E. D.; XAVIER, L. de S.; CUNHA, M. A. C. da. **Caracterização do risco climático para a cultura do arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1997. 72 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 76).

SILVA, S. C. da; MEIRELES, E. J. L.; ASSAD, E. D.; XAVIER, L. de S.; CUNHA, M. A. C. da. **Zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz de terras altas no Estado de Minas Gerais.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999a. 64 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 97).

SILVA, S. C. da; MEIRELES, E. J. L.; XAVIER, L. de S.; BARSÍ, R. de O.; ALVES, S. de F. **Zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso do Sul.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 1999b. 67 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 91).



SILVA, S. C. da; SANTANA, N. M. P. de; CARDOSO, G. M.; PELEGRINI, J. C. **Informações meteorológicas para pesquisa e planejamento agrícola, referentes ao município de Santo Antônio de Goiás, GO**: 2002. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 30 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 145).

SOUZA, A. de; COSTA, J. M. N. da. Temperatura base para cálculo de graus-dia para cultivares de arroz no Triângulo Mineiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 45, n. 400, p. 24-28, jan./fev. 1992.

STEINMETZ, S. Influência do clima na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃE JÚNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 45-74.

STEINMETZ, S.; BRAGA, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 429-438, dez. 2001.

STEINMETZ, S.; FOREST, F. **Caracterização das épocas de plantio mais apropriadas para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 33 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 22).

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; LIU, W. T. H. Favorable rainfall periods in upland rice regions of Brazil. In: UPLAND RICE WORKSHOP, 1982, Bouaké, Ivory Coast. **An overview of upland rice research**: proceedings. Los Baños: IRRI, 1984. p. 275-281.

STEINMETZ, S.; MORAES, J. F. V.; OLIVEIRA, I. P. de; MORAIS, O. P.; MOREIRA, J. A.; PRABHU, A. S.; FERREIRA, E.; SILVEIRA FILHO, A. Upland rice environments in Brazil and the fitness of improved technologies. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta, Indonesia. **Progress in upland rice research**: proceedings. Manila: IRRI, 1986. p. 15-24.

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; FOREST, N. **Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil**: síntese e interpretação dos resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1988. 66 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).

STEINMETZ, S.; SOUZA, R. de O.; GOMES, A. da S. Balanço de radiação solar na cultivar BR-Irga 414 em semeadura direta. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 104-106. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 1).

STEINMETZ, S.; INFELD, J. A.; MALUF, J. R. T.; SOUZA, P. R. de; BUENO, A. C. **Zoneamento agroclimático da cultura do arroz irrigado no estado do Rio Grande do Sul**: recomendação de épocas de semeadura por município. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1996. 30 p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 19).

STEINMETZ, S.; INFELD, J. A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; OLIVEIRA, J. C. S. de; AMARAL, A. G.; FERREIRA, J. S. A. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 28 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 56).

STEINMETZ, S.; ASSIS, F. N. de; BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; AMARAL, A. G.; FERREIRA, J. S. A. Regionalização do risco de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz no estado do Rio Grande do Sul. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 79-91, junho, 2001a.



STEINMETZ, S.; ASSIS, F.N. de; BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; DIDONÉ, I. A.; OLIVEIRA, H. T. de; SIMONETI, C. Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas do ar prejudiciais à fecundação das flores de arroz em distintas regiões produtoras do estado do Rio Grande do Sul. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 63-77, jun. 2001b.

STEINMETZ, S.; INFELD, J. A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R.; MARIOT, C. H. P.; AMARAL, A. G.; FERREIRA, J. S. A. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no Estado do Rio Grande do Sul (versão 3)**.

Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001c. 31 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

STONE, L. F.; PINHEIRO, B. da S.; SILVEIRA, P. M. da. Sprinkler-irrigated rice under Brazilian conditions. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v. 39, p. 37-40, 1990.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; AQUINO, A. R. L. **Demanda de água da cultura de arroz irrigado**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 44 p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 5).

TANAKA, I. Climatic influence on photosynthesis and respiration of rice. In: IRRI. **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p. 223-247.

TERRES, A. L. Melhoramento de arroz irrigado por tolerância ao frio no Rio Grande do Sul, Brasil. In: REUNION SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR, 1989, Goiânia. **Mejoramiento de arroz**. Montevideo: IICA, 1991. p. 91-103. (IICA. Dialogo, 33).

TERRES, A. L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas e Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 83-94.

TERRES, A. L.; RIBEIRO, A. S.; MACHADO, M. O. Progress in breeding for cold-tolerant semidwarf rice in Rio Grande do Sul, Brazil. In: TEMPERATE RICE CONFERENCE, 1994, Yanco. **Proceedings...** Riverina: Charles Sturt University, 1994. v. 1, p. 43-50.

UPLAND rice in Brazil: EMBRAPA. In: UPLAND RICE WORKSHOP, 1982, Bouaké, Ivory Coast. **An overview of upland rice research: proceedings**. Los Baños: IRRI, 1984. p. 121-134.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

YOSHIDA, S. Rice. In: IRRI. **Potential productivity of field crops under different environments**. Los Baños, 1983. p. 103-127.

YOSHIDA, S.; PARAO, F. T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: IRRI. **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p. 471-494.



# Solos

*Maurício Rizzato Coelho; Humberto Gonçalves dos Santos;  
Ronaldo Pereira de Oliveira; José Francisco Valente Moraes*

**RESUMO** - Neste capítulo são discutidos os mais relevantes atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos que definem e diferenciam as principais classes de solos onde se cultiva arroz de terras altas e irrigado por inundação no Brasil. Ênfase é dada aos solos dos Cerrados brasileiros em que se cultiva arroz de terras altas e aos de várzea do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, mais utilizados com arroz irrigado por inundação. Aspectos relativos à natureza, ao ambiente de ocorrência, às limitações e à aptidão agrícola dos solos, são também enfocados para cada classe de solos representativa dos locais onde se cultiva arroz nos estados de maior produção orizícola do país.

## INTRODUÇÃO

A palavra solo, tal como outras palavras de uso comum, apresenta vários significados. Em seu significado tradicional, expresso de maneira bastante simplista, é conceituado como um meio natural onde crescem as plantas terrestres. Tal conceito traz, em si, a idéia de que solo é o meio natural onde crescem as raízes e de onde a maioria das plantas retira água e nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento.

É evidente que o conceito que se tem de algo tão complexo como o solo reflete o conhecimento acumulado no transcorrer do tempo, de tal forma que o moderno conceito estende seu significado a materiais que não são capazes de suportar o crescimento de plantas, como, por exemplo, os solos da Antártica, onde há desenvolvimento pedogenético, embora o clima seja muito severo para permitir o crescimento de plantas, mas que apresentam relação genética entre os vários horizontes ou camadas dos quais são formados.

O território brasileiro se caracteriza por uma grande diversidade de solos, correspondendo, diretamente, à intensidade de interação das diferentes formas e tipos de relevo, clima, material de origem, vegetação e organismos associados, todos atuando em um determinado período de tempo. Essa diversidade deve-se à natureza de nosso país, às potencialidades e limitações de uso dos solos e, em grande parte, às diferenças regionais no que se refere às diversas formas de ocupação, uso e desenvolvimento do território nacional.

Considerando-se a diversidade dos solos brasileiros, cada qual com atributos físicos, químicos, morfológicos e mineralógicos próprios,



que afetam diretamente o comportamento e a resposta das plantas cultivadas, é necessário conhecê-lo a fim de que se possa proceder ao uso e manejo adequados. Neste capítulo, são apresentadas as características, propriedades e distribuição geográfica das principais classes de solos onde se cultiva o arroz de terras altas e o irrigado por inundação no Brasil, bem como são discutidos alguns aspectos relacionados às peculiaridades edáficas que afetam o comportamento e o manejo da cultura arrozeira.

## ORIGEM, CONSTITUIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

### Origem e constituição

Os solos como encontramos hoje na paisagem, com seus atributos próprios, refletem e remontam a história de sua evolução. Através do tempo, a rocha, seu principal material de origem, é decomposta pela ação combinada do clima, predominantemente precipitação pluvial e temperatura, e organismos vivos, promovendo adições, perdas, transportes e transformações de matéria mineral e orgânica ao longo de sua evolução, originando os solos na paisagem em diversas formas de relevo. Como existem diferentes tipos de rochas e formas de relevo, os quais estão sujeitos à ação das mais variadas condições climáticas e atuação diferenciada de organismos vivos, é fácil entender a existência de tipos diversos de solos.

A variação dos solos se dá tanto em profundidade como ao longo da paisagem. Quando se analisa um barranco de estrada, ou uma trincheira, é fácil observar uma seqüência de seções ou volumes que contrastam entre si, mais ou menos paralelos à superfície do terreno, compondo o solo. São os chamados horizontes pedogenéticos, resultantes do processo de formação que ocorreu ao longo do tempo. Diferenciam-se uns dos outros quer pela organização, quer pelos constituintes ou pelo comportamento.

À seção vertical, englobando a sucessão de horizontes ou camadas, acrescidos do material mineral subjacente pouco ou nada transformado pelos processos pedogenéticos, dá-se o nome de perfil de solo. Horizonte diferencia-se de camada pela origem do primeiro ser resultante de processos pedogenéticos ou de formação dos solos (adições, perdas, transporte e transformação de matéria mineral e orgânica), enquanto camada é pouco ou nada influenciada por aqueles processos, ou seja, camada é a própria rocha que origina o solo. Esta pode estar mais ou menos alterada pela ação dos agentes de



intemperismo (Embrapa, 1988). O perfil é uma face exposta do solo, geralmente observado em trincheiras e cortes de estradas, sendo considerado a unidade básica de referência para fins de classificação (Embrapa, 1995). Assim, durante um levantamento pedológico, um segmento da paisagem que apresenta solos com características semelhantes é caracterizado mediante observação, descrição, coleta e interpretação de dados morfológicos e analíticos de vários perfis representativos daquele segmento.

Praticamente, todo o processo de identificação dos solos inicia-se no campo, por meio do exame morfológico cuidadoso do perfil, pelo qual os horizontes são identificados, delimitados e nomeados. Os diferentes tipos de horizontes são convencionalmente simbolizados por letras maiúsculas, H, O, A, E, B, C, F e R, e complementados por letras minúsculas, Ap, Bw, Bt, Bi, Cr, etc., a fim de separar as diferentes modalidades do mesmo horizonte (Embrapa, 1988). Na Tabela 6.1 são apresentados os horizontes principais encontrados nos perfis de solos.

As diferentes modalidades de alguns dos horizontes (Embrapa, 1999), comumente encontrados nos solos onde se cultiva arroz de terras altas e irrigado por inundação, são descritos a seguir.

### **Horizontes superficiais**

Em geral, têm maiores conteúdos de matéria orgânica em relação aos horizontes subsuperficiais e, por isso, exibem cores comumente mais escuras. Devido a condições de umidade elevada, aqueles situados nos ambientes de várzea geralmente apresentam maior conteúdo de matéria orgânica em relação aos solos bem drenados. Em ambos os ambientes, o horizonte A é o predominante, podendo ocorrer horizonte H, hístico, naqueles de várzea, principalmente.

De acordo com o conteúdo de carbono orgânico, os horizontes superficiais são divididos em: hístico > húmico > chernozêmico = proeminente > moderado > fraco. Enquanto o primeiro ocorre quase que exclusivamente nos ambientes de várzea, os demais, com exceção do A fraco, presente apenas nos solos bem drenados, aparecem tanto nas várzeas como nos solos bem drenados. No entanto, é o A moderado o horizonte superficial mais comum dos solos onde se cultiva arroz.

O horizonte A chernozêmico diferencia-se do A proeminente pela maior fertilidade natural do primeiro, com valores de saturação por bases de 65% ou mais, enquanto o A proeminente apresenta valores inferiores a este.





**Tabela 6.1.** Horizontes e camadas principais do solo.

Símbolo	Significado
A	Horizonte mineral de superfície de maior atividade biológica. É nele que há incorporação de matéria orgânica mineralizada, intimamente em associação com a matéria mineral.
H	Horizonte ou camada orgânica de superfície ou não, formado por acumulação de resíduos vegetais depositados sob condições de estagnação prolongada ou permanente de água
O	Horizonte ou camada orgânica de superfície formado sem estagnação de água.
E	Horizonte mineral resultante da perda de minerais de argila e matéria orgânica, separadamente ou em combinações.
B	Horizonte mineral, subsuperficial, situado principalmente sob horizonte A ou E, originado de transformações relativamente acentuadas do material originário.
F	Horizonte ou camada de material mineral endurecido, rico em ferro com ou sem alumínio, plintita e petroplintita.
C	Horizonte ou camada mineral, relativamente pouco alterado pelo intemperismo.
R	Camada mineral de material consolidado que, em muitos solos, constitui a rocha.

Fonte: Embrapa (1988).

## Horizontes subsuperficiais

Situam-se abaixo do horizonte superficial e, por isso, são menos alterados com as práticas de manejo dos solos. Os tipos de horizontes subsuperficiais mais comuns são:

- Horizonte B latossólico (Bw): horizonte mineral, cujos constituintes evidenciam avançada intemperização, explícita pela presença quase que exclusiva de minerais muito estáveis ao intemperismo, tais como caulinita, óxidos de ferro e alumínio na fração argila e quartzo na areia; sua macroestrutura é fraca e, naqueles com elevados teores de ferro, a microestrutura é forte, com aparência de pó de café.
- Horizonte B textural (Bt): horizonte que apresenta aumento do teor de argila em relação ao horizonte superficial A. Em geral, é bem estruturado e apresenta cerosidade, aspecto lustroso na superfície dos agregados.
- Horizonte B nítico (Bt): é um tipo especial de horizonte B textural, argiloso e bem estruturado, manifestando cerosidade bastante nítida na superfície dos agregados; o aumento do teor de argila em profundidade é inexpressivo.



- d) Horizonte B incipiente (Bi): horizonte em início de formação, incipiente, evidenciado pela presença comum de fragmentos de rocha e/ou de minerais facilmente alteráveis na fração areia do solo. Em geral, não há aumento no teor de argila em profundidade e nem cerosidade.
- e) Horizonte B plânico (Bt): é também um tipo especial de horizonte B textural, subjacente a horizonte A ou E, horizonte eluvial, resultante da perda de argila e matéria orgânica e precedido por uma mudança textural dita abrupta, ou seja, o teor de argila aumenta rapidamente em profundidade, numa distância sempre inferior a 7,5 cm; apresenta estrutura muito bem desenvolvida, geralmente com agregados grandes; sua permeabilidade é lenta ou muito lenta e, em conseqüência, apresenta cores acinzentadas ou escurecidas, podendo ou não conter cores neutras de redução, com ou sem mosqueados.
- f) Horizonte ou camada C: horizonte ou camada assente sobre os horizontes A e B, relativamente pouco afetado pelos processos pedogenéticos, evidenciado pela persistência de características do material de origem; sua presença é facilmente observada em solos rasos, como nos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos.
- g) Camada R: camada mineral de material consolidado que constitui a rocha sã, ou seja, sem alteração de suas características originais.

É através desses horizontes, analisados morfologicamente no campo pela cor, textura, estrutura, consistência, cerosidade, etc., e complementados com dados laboratoriais, que os solos são separados em grupos, as classes. São denominados de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais. Portanto, determinado solo é reconhecido através da individualização de seus horizontes e/ou camadas diagnósticos.

Solos pertencentes à classe dos Latossolos, por exemplo, para serem classificados como tal devem apresentar horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo Bw, com atributos bem definidos, qualitativa e quantitativamente. Essa definição dos atributos, que agrupam os solos em classes, está organizada num sistema de classificação.

Alguns comentários sobre atributos químicos diagnósticos selecionados, bem como sobre sistemas taxonômicos de solos, com ênfase no sistema brasileiro atualmente em uso, são relevantes ao entendimento do presente texto e são descritos a seguir.



## Taxonomia e classificação de solos

Taxonomia é uma forma de classificação baseada no conjunto de características próprias dos objetos ou indivíduos. No caso dos solos, as classificações ditas taxonômicas ou naturais consideram, simultaneamente, um grande conjunto de atributos, mediante interpretação e hierarquização de dados morfológicos obtidos em campo, e analíticos, oriundos de laboratório. Não é orientada para aplicações imediatas, embora as viabilize (Embrapa, 1995).

Classificação é um termo mais abrangente, inclui a taxonomia e também as classificações técnicas, levando em consideração poucas propriedades e atendendo sempre a um objetivo específico de aplicação prática (Resende et al., 1995) como, por exemplo, separar as terras de acordo com sua aptidão agrícola, caso do Sistema de Classificação da Capacidade de Uso das Terras. Qualquer que seja a classificação, tem sempre objetivos comuns: (1) estabelecer hierarquia de classes, agrupando os solos de acordo com certos atributos comuns, de modo a permitir o entendimento da relação entre os solos, suas semelhanças e diferenças, bem como os fatores responsáveis por suas características (Estados Unidos, 1999); (2) servir de ferramenta para previsão do comportamento dos solos frente a determinados usos e/ou práticas de manejo; (3) permitir e facilitar a comunicação entre os diversos profissionais que atuam na ciência do solo (Resende et al., 1995).

Existem vários sistemas de classificação criados e utilizados em diferentes países. Neste capítulo, as definições, conceitos e critérios taxonômicos utilizados na classificação dos solos referem-se àqueles descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), vigente no país. No entanto, é também apresentada uma correlação entre as classes de solo do Sistema Brasileiro com a antiga nomenclatura de solos utilizada (Camargo et al., 1987), bem como entre aquele e os sistemas de classificação americano (Estados Unidos, 1999) e o *World Reference Base for Soil Resources* – WRB (FAO, 1998), universalmente utilizados, a fim de que o leitor possa comparar as informações aqui contidas com antigas publicações nacionais ou, ainda, com publicações estrangeiras que adotam tais sistemas de classificação.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) congrega o conhecimento e o estado da arte sobre os solos brasileiros, nomeando, hierarquizando, agrupando e separando os solos de acordo



com suas características comuns ou diferenciais. Da forma como está estruturado, é hierarquizado em diversas categorias, os chamados níveis categóricos, formando classes de solos em diferentes níveis de generalização de seus atributos.

Assim, níveis categóricos de um sistema de classificação de solos referem-se a um conjunto de classes definidas num mesmo nível de generalização, incluindo todos os solos que satisfizerem a essa definição, identificados por um conjunto de características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas comuns, necessárias à sua classificação. O Sistema Brasileiro apresenta seis níveis categóricos, porém, devido ao grau de generalização pretendida neste capítulo, trataremos predominantemente dos dois primeiros níveis, denominados de Ordem (1º nível) e Subordem (2º nível).

### **Atributos diagnósticos: químicos**

A distinção de solos é feita mediante comparação da natureza de individualização de cada qual, expressa pela presença de horizontes diagnósticos que são separados, coletados e analisados para o enquadramento de determinado solo em sua classe. Isso implica na identificação de um conjunto de atributos diagnósticos próprios dos horizontes integrantes de cada solo. Alguns deles, essencialmente aqueles atributos associados às características químicas, serão mostrados a seguir a fim de possibilitar a compreensão dos demais tópicos abordados neste capítulo. As definições e conceitos abaixo reproduzidos referem-se aos descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

**a) Atividade da fração argila:** refere-se à capacidade de troca de cátions (CTC) correspondente à fração argila do solos, calculada pela expressão:  $CTC \times 100/\%$  de argila. Atividade alta, simbolizado por "Ta", designa valor igual ou superior a  $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila e atividade baixa, Tb, valor inferior a este.

Alguns solos, como os Latossolos e Argissolos, são de argila de atividade baixa e outros, como os Chernossolos, são de argila de atividade alta. Aqueles que podem ser tanto Ta como Tb, como os Gleissolos, apresentam tal critério como diagnóstico e discriminante da classe em níveis categóricos inferiores no sistema taxonômico de solos brasileiro.



**b) Saturação por bases (V%):** refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada em pH7. Alta saturação específica refere-se aos solos **Eutróficos**, avaliados no horizonte diagnóstico da classe, em que a saturação por bases é igual ou superior a 50%, enquanto baixa saturação refere-se a solos **Distróficos**, com saturação por bases inferior a 50%. Os Eutróficos são solos normalmente de alta fertilidade natural, com teores de alumínio nulo ou reduzido e os Distróficos, de baixa fertilidade e teores de Al variando desde nulo a alto.

A inferência sobre a fertilidade de determinado solo, além dos atributos supracitados, é feita, costumeiramente, mediante observação de valores de soma de bases (SB), saturação por alumínio (m%) e grau de acidez, ou pH, dos solos. As fórmulas para obter esses valores são as seguintes:

$$\text{Soma de bases: } SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

$$\text{Capacidade de troca catiônica: } CTC = SB + H^{+} + Al^{3+}$$

$$\text{Saturação por bases: } V(\%) = 100 \times SB/CTC$$

$$\text{Saturação por Al: } m(\%) = 100 \times Al^{3+} / Al^{3+} + SB.$$

Valores de saturação por Al igual ou superiores a 50% especificam solos **Álicos**, os quais, em geral, são de baixa fertilidade natural e apresentam teores elevados de Al extraível.

## Solos onde se cultiva arroz de terras altas

O arroz de terras altas é encontrado em praticamente todos os estados brasileiros. No entanto, é nas Regiões Nordeste e Centro-Oeste, predominantemente em áreas de Cerrados e, em menor extensão, sob influência amazônica, no Estado do Maranhão, que se concentra as maiores áreas de cultivo. As considerações a seguir enfatizam os fatores edafoclimáticos relacionados, predominantemente, ao bioma dos Cerrados.

O clima dos Cerrados apresenta características próprias, definidas pela precipitação média anual entre 1.200 e 1800 mm de chuva e pela duração de um período seco pronunciado, de cinco a seis meses na maior parte da região, estendendo-se de abril-maio a setembro-outubro (Adámoli et al., 1986). Outra característica climática



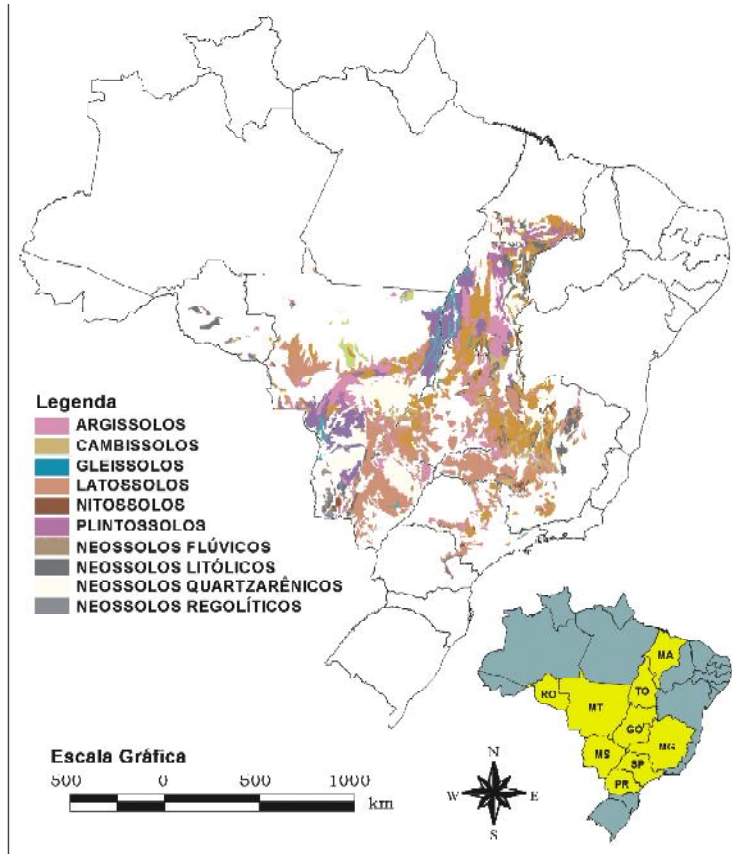
peculiar desses ambientes é a ocorrência de períodos de interrupção da precipitação em plena época das chuvas (veranicos), que podem variar de duas a quatro semanas nos meses de janeiro e fevereiro, predominantemente. Tal fenômeno, que na maioria das vezes coincide com a fase de crescimento do arroz, assume importância decisiva na produtividade, principalmente quando consideramos as características intrínsecas da grande maioria dos solos dos Cerrados: elevada acidez; baixa capacidade de troca de cátions e de retenção de umidade; baixa fertilidade natural, traduzida pela deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de P, associada a teores elevados de Al e alta saturação de Al no complexo sortivo do solo. Esses fatores limitam o crescimento das raízes nos primeiros centímetros superficiais do solo, na maioria das vezes a menos de 10 cm, onde se concentra a matéria orgânica. Em consequência, ocorre redução do volume de solo explorado pelas raízes, impossibilitando que as plantas desenvolvam todo seu potencial produtivo.

No entanto, podem destacar-se como aspectos positivos dos solos dos Cerrados: (a) facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade; (b) possibilidade de irrigação, apesar das controvérsias sobre a disponibilidade de água na região; (c) elevada profundidade, friabilidade, porosidade e boa drenagem interna dos solos. Esses atributos são inerentes à classe dos Latossolos, mais representativos dos Cerrados e de todo o território brasileiro e, sem riscos de salinização quando irrigados. Esse fatores concorrem para que a região seja considerada dentre aquelas de maior potencial agrícola do país (Ker et al., 1992).

## CLASSES DE SOLOS

Com base no mapa de solos do Brasil (Embrapa Solos, 2003) e no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), podem distinguir-se sete classes de solos (nível categórico de Ordem), mapeáveis e representativas dos Cerrados. Encontra-se na Fig. 6.1 o mapa de solos generalizado das principais classes de solos dos Cerrados, evidenciando somente as localizadas nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil. Apenas os Neossolos, pouco evoluídos, foram considerados até o segundo nível categórico, Subordem, devido ao maior grau de generalização em relação às demais classes, inerente a esta Ordem de solos.





**Fig. 6.1.** Mapa de solos da região dos Cerrados nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil.

Fonte: Embrapa Solos (2003).

As áreas absolutas e relativas desses solos nos estados maiores produtores de arroz de terras altas são mostradas na Tabela 6.2. Em geral, quando se fala em solos de cerrado, imediatamente são associados à classe dos Latossolos, possivelmente devido à sua grande extensão geográfica (Tabela 6.2) ou, ainda, por consistirem nos solos mais utilizados na região (Ker et al., 1992). Nos estados maiores produtores de arroz de terras altas, os Latossolos distribuem-se por aproximadamente 45% da área, consistindo, atualmente, nas áreas mais exploradas com culturas anuais da região. Juntos, a classe dos Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Plintossolos e Argissolos distribuem-se por aproximadamente 90% dos Cerrados, compreendida nos estados maiores produtores de arroz de terras altas, perfazendo uma extensão de 1.192.862,73 km<sup>2</sup>. As demais classes, em geral, são pouco utilizadas com cultivos anuais, quer pela pequena área que ocupam, quer pelas limitações que apresentam ao uso agrícola.



Na Tabela 6.2, também é apresentada a correlação entre o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) e a antiga nomenclatura de solos utilizada no Brasil (Camargo et al., 1987), bem como entre eles e o *Soil Taxonomy*, sistema de classificação americano (Estados Unidos, 1999) e o WRB (FAO, 1998).

**Tabela 6.2.** Distribuição das principais classes de solos dos Cerrados nos nove estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil e correlação com outras nomenclaturas ou sistemas de classificação de solos.

Classe de solo	Correlação com			Área <sup>(1)</sup>	
	Antiga nomenclatura	Soil Taxonomy	WRB	Absoluta (km <sup>2</sup> )	Relativa (%)
Latossolos	Latossolos	Oxisols	Ferralsols	612.929,85	44,59
Neossolos Quartzarênicos	Areias Quartzosas	Quartzipsamments	Arenosols	239.540,91	17,43
Plintossolos	Plintossolos e Petroplintossolos	Oxisols, Ultisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols	Sexquisols	174.790,04	12,77
Argissolos	Podzólicos	Ultisols, Alfisols	Acrisols, Lixisols	165.601,93	12,05
Neossolos Litólicos	Solos Litólicos e Litossolos	Orthents	Leprosols	79.164,47	5,76
Cambissolos	Cambissolos	Inceptisols	Cambisols	49.279,20	3,59
Gleissolos	Gleis Pouco Húmicos e Gleis Húmicos, Gleis Tiomórficos e Solonchak.	Inceptisols, Ultisols, Mollisols, Alfisols, Entisols	Fluvisols, Gleysols	26.983,83	1,96
Nitossolos	Terra Roxa Estruturada, Terra Bruna Estruturada e parte dos Podzólicos	Ultisols, Alfisols	Nitisols	14.737,86	1,07
Neossolos Regolíticos	Regossolos e parte dos Solos Litólicos	Psamments	Regosols	5.095,90	0,37
Neossolos Plúvicos	Solos Aluviais	Fluvents	Fluvisols	1.846,42	0,13
Corpos de água e drenagens duplas				4.188,19	0,33
<b>TOTAL</b>				<b>1.374.458,85</b>	<b>100,00</b>

<sup>(1)</sup> Fonte: Embrapa Solos (2003); IBGE (1992, 2003).

No Brasil, as classes dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos, bem como dos Argissolos Vermelho-Amarelos, dominam nos estados maiores produtores de arroz de terras altas (Tabela 6.3). Especificamente para essas classes, a cor, analisada em uma carta de cores própria, denominada carta de cores de Munsell, é o critério diagnóstico utilizado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos para separar os diferentes tipos de Latossolos e Argissolos no segundo nível categórico, Subordem, tal como sugere o nome da classe. Assim, os Latossolos Vermelhos são de coloração mais avermelhada em relação aos Latossolos Vermelho-Amarelos, devido à presença mais expressiva de um mineral de Fe denominado hematita, de elevado poder pigmentante e presente na fração argila, conferindo a coloração avermelhada a esses solos.





**Tabela 6.3.** Área absoluta e relativa das principais classes de solos em nível categórico de Subordem e, eventualmente Ordem, nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil.

Estado	Área estimada por classe de solo											
	LVA <sup>(1)</sup>		LV		PVA		RO		F		N	
	Absoluta km <sup>2</sup>	Relativa %	Absoluta km <sup>2</sup>	Relativa %	Absoluta km <sup>2</sup>	Relativa %	Absoluta km <sup>2</sup>	Relativa %	Absoluta km <sup>2</sup>	Relativa %	Absoluta km <sup>2</sup>	Relativa %
Maranhão	69.532,44	20,94	908,92	0,27	50.672,33	15,26	55.444,16	16,70	56.125,85	16,91	0,00	0,00
Goiás	87.264,99	25,66	130.560,99	38,39	61.691,19	18,14	3.364,97	0,99	11.216,58	3,30	7.851,61	2,31
Mato Grosso	123.349,14	36,65	82.082,43	9,09	113.427,09	33,86	86.817,95	25,86	103.956,04	30,86	4.961,03	1,48
Mato Grosso do Sul	0,00	0,00	140.493,32	39,34	21.074,00	5,90	86.562,01	24,24	24.473,03	6,85	6.344,86	1,78
Tocantins	71.992,46	21,59	449,95	0,13	22.047,69	6,59	45.220,26	13,59	63.668,33	18,99	5.174,46	1,54
Rondônia	42.520,73	12,61	0,00	0,00	70.417,94	20,86	21.597,83	6,39	13273,67	3,93	2.699,73	0,79
Minas Gerais	182.608,92	53,99	151.247,34	44,79	89.636,29	26,58	25.133,75	7,42	0,00	0,00	11565,97	3,41
São Paulo	35.779,96	10,59	92712,86	27,42	82.586,45	24,42	11.476,59	3,42	0,00	0,00	4.725,66	1,40
Paraná	1.136,34	0,34	58.635,38	17,29	33.408,53	9,92	454,54	0,13	0,00	0,00	36363,03	10,62

<sup>(1)</sup> Simbologia para a classes de solos: LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo; LV = Latossolo Vermelho; PVA = Argissolo Vermelho-Amarelo; RO = Neossolo Quartzarênico; F = Plintossolo; N = Nitossolo.

Fonte: Embrapa Solos (2003); IBGE (2003).

A seguir, são descritos os atributos morfológicos e analíticos que caracterizam e diferenciam as principais classes de solos onde se cultiva arroz de terras altas no Brasil.

## Latossolos

### Características gerais

São solos muito antigos, resultantes de energéticas transformações de seu material constitutivo, ou oriundos de sedimentos já pré-intemperizados. Em conseqüência, há o predomínio, na fração argila, de minerais nos últimos estádios de intemperismo, caulinitas e óxidos de ferro e alumínio, sendo a fração areia também dominada por minerais altamente resistentes à decomposição, quartzo predominantemente. Em geral, são muito profundos, porosos, bem drenados, macios e permeáveis, de textura variável, de média a muito argilosa em função do material que lhes deu origem, apresentando pequeno ou quase nulo aumento de teor de argila do horizonte A para o B e, comumente, são de baixa fertilidade natural (Coelho et al., 2002). A razão de não apresentar aumento considerável do conteúdo de argila do horizonte A para o B é ser inexpressiva tanto a mobilização, ou migração, de argila ao longo do perfil de solo, como o desenvolvimento de outros mecanismos de formação de solos que concorram para o aumento significativo do conteúdo de argila em profundidade.

Os Latossolos apresentam seqüência de horizontes A-Bw-C. Portanto, a característica básica desses solos é o desenvolvimento de horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo B latossólico (Bw), em seqüência a qualquer tipo de horizonte A, exceto horizonte hístico, com elevado conteúdo de matéria orgânica, típico da classe dos Organossolos.

Horizontes diagnósticos são utilizados como elementos-chave na formulação das diferentes classes. Um solo, para ser enquadrado em determinada classe, deve possuir o(s) horizonte(s) diagnóstico(s) que define(m) a classe. Tais horizontes apresentam uma combinação de atributos morfológicos e analíticos bem definidos, qualitativa e quantitativamente. Para o caso do horizonte B latossólico, essas características são as seguintes (Embrapa, 1999):

- Pouca diferenciação entre os subhorizontes Bw. Os horizontes B podem ser divididos em diferentes subhorizontes.
- Macroestrutura de grau fraco ou moderado ou, ainda, microestrutura forte.
- Menos que 5% do volume do solo com presença de estrutura da rocha original.



- Grande estabilidade dos agregados, analisado em condições laboratoriais, com grau de floculação da argila igual ou muito próximo a 100%.
- Textura franco-arenosa ou mais fina, com baixos teores de silte e da relação silte/argila.
- Menos que 4% de minerais primários alteráveis, menos resistentes ao intemperismo, na fração areia, evidenciando baixa reserva de nutrientes.
- Capacidade de troca de cátions da fração argila inferior a  $17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila.
- Cerosidade, pouca e fraca, quando presente. Cerosidade refere-se ao brilho observado na superfície dos agregados estruturais que compõem os solos. Sua formação está relacionada a vários mecanismos, principalmente aqueles atribuídos à mobilização de argila dos horizontes superficiais e deposição nos inferiores. Sua orientação na superfície dos agregados é responsável pela manifestação do brilho observado a olho nu ou com a utilização de lupa.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), os Latossolos são subdivididos nos demais níveis categóricos com base na cor Bruno, Amarelo, Vermelho-Amarelo e Vermelho, fertilidade natural, Eutrófico, rico em nutrientes; Distrófico, pobre em nutrientes, teor de óxidos de Fe. Férrico, por exemplo, significa teor de Fe, obtido por ataque sulfúrico, variando entre 180 e  $360 \text{ g kg}^{-1}$ , e características comuns ou intermediárias para outras classes de solos, além da textura, tipo de horizonte superficial, composição mineralógica, entre outros atributos.

Na Tabela 6.4 podem ser vistos alguns atributos relacionados a perfis selecionados das principais classes de Latossolos do Cerrado brasileiro. Os Latossolos Vermelho-Amarelos estão entre os mais expressivos na região, ocupando aproximadamente 20% de sua superfície nos estados maiores produtores de arroz de terras altas. Apresentam coloração amarelada devido à predominância de goethita ( $\text{FeOOH}$ ) em relação à hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), embora seja a caulinita o mineral mais expressivo da fração argila, podendo ocorrer conteúdos expressivos de gibbsita ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Esses minerais podem estar presentes em quantidade e proporção variadas na classe dos Latossolos, imprimindo importantes características e propriedades químicas e físicas aos solos, bem como respostas diferenciadas às práticas de manejo (Gomes, 2002). Geralmente, os Vermelho-Amarelos são de drenagem interna mais restrita em relação aos Latossolos Vermelhos (antigos Vermelho-Escuros), sendo comum ouvir dos agricultores dos Cerrados a afirmação de que os solos amarelos são sempre os mais úmidos da região (Ker et al., 1992). A diferença básica entre ambas as classes reside tanto nos menores teores de Fe como pela coloração amarelada dos Latossolos Vermelho-Amarelos, comparativamente aos Vermelhos.



**Tabela 6.4.** Alguns atributos morfológicos, físicos e químicos de horizontes selecionados dos principais Latossolos típicos dos Cerrados do Brasil.

Hor.	Prof. cm	Cor (úmida)	Silte	Argila	C.Org.	pH		SB --- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ---	CTC	V ---- % ----	m	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> g kg <sup>-1</sup>	P ass. mg kg <sup>-1</sup>
						H <sub>2</sub> O	KCl						
<b>(1) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado</b>													
A	0-15	5YR 3/3	100	880	25,3	5,1	4,1	0,5	10,0	5	69	61	1
Bw	50-120	5YR 5/8	60	920	8,8	5,6	5,2	0,2	2,8	7	0	69	1
<b>(1) LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado</b>													
A	0-20	2,5YR 3/5	110	850	23,0	4,9	4,3	0,4	9,9	4	73	134	1
Bw	100-120	2,5YR 3/6	90	880	11,7	5,2	4,9	0,3	5,0	6	40	138	1
<b>(2) LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura muito argilosa, A fraco</b>													
A	0-10	10YR 3/3	110	560	17,0	5,2	3,9	2,2	8,9	25	39	245	2
Bw	45-90	10YR 3/4	80	620	6,9	5,4	4,1	0,9	4,5	20	61	252	1
<b>(3) LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A moderado</b>													
A	0-10	10YR 4/2	100	430	13,5	5,2	4,1	0,2	6,2	3	75	210	1
Bw	37-60	10YR 6/4	80	490	6,8	5,4	4,4	0,1	3,4	3	80	250	< 1

Abreviações: Hor. = Horizonte; Prof. = Profundidade; C. Org. = Carbono orgânico; SB = Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> Mg<sup>2+</sup> k + Na<sup>+</sup>); CTC = Capacidade de troca de cátions (SB + H + Al); V = Saturação por bases (100 x SB/T); m = Saturação por alumínio (100 x Al<sup>3+</sup>/S + Al<sup>3+</sup>); P ass. = Fósforo assimilável.  
 Fonte: <sup>(1)</sup> Embrapa (1978); <sup>(2)</sup> Brasil (1971); <sup>(3)</sup> Embrapa (1983).



Do exame do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (Tabela 6.4), evidenciam-se aqueles atributos mais característicos desta classe: valores baixos de silte, Fe e pH; pobreza em nutrientes expressa pelos baixos valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC). Portanto, são solos predominantemente Distróficos, com baixos teores de bases trocáveis e pobres em micronutrientes, como Co, Zn, Cu, Ni, entre outros, mas que, corrigidos e fertilizados podem sustentar elevadas produções agrícolas. Mais de 95% dos Latossolos dos Cerrados são Distróficos e ácidos, com teores de P disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  (Resende et al., 1995).

Os Latossolos Vermelhos compreendem aqueles antigamente classificados como Latossolos Vermelho-Escuros e Latossolos Roxos. No sistema taxonômico vigente, tais solos diferenciam-se apenas no terceiro nível categórico (Tabela 6.5). Assim, os antigos Latossolos Vermelho-Escuros correspondem aos atuais Latossolos Vermelhos Distróficos ou Eutróficos, com teores de Fe, obtidos por ataque sulfúrico, inferiores a  $180 \text{ g kg}^{-1}$ , enquanto o correspondente aos Latossolos Roxos são atualmente designados de Latossolos Vermelhos Distrofêrricos ou Eutrofêrricos, por exemplo, com teores de Fe variando entre 180 e  $360 \text{ g kg}^{-1}$ , definindo o caráter férrico. No campo, pode-se facilmente diferenciá-los pela atração magnética, havendo maior aderência de partículas de solo pelo imã nos Latossolos Vermelhos férricos, quando as amostras secas e manualmente destorroadas são aproximadas do magneto, evidência do maior conteúdo de Fe e de minerais magnéticos, como a magnetita. Esse mineral é uma importante reserva e fonte de micronutrientes essenciais às plantas e animais. Com a alteração e decomposição da magnetita, esses microelementos são lentamente liberados para a solução do solo (Curi & Lopes, 1988).

Devido ao seu desenvolvimento a partir de rochas de origem vulcânicas, os Latossolos Vermelhos férricos são comumente mais férteis dentre os demais solos dos Cerrados, embora, a maioria deles sejam predominantemente Distróficos em virtude da intensa lixiviação à qual foram submetidos ao longo dos milhares de anos de sua formação. A distribuição espacial, correlação com a antiga nomenclatura de solos e os teores de Fe diferenciais entre as diferentes classes de Latossolos dos Cerrados nos estados maiores produtores de arroz de terras altas no Brasil são mostrados na Tabela 6.5.



**Tabela 6.5** Variação dos teores médios de óxidos de ferro, classificação anteriormente utilizada no Brasil, e distribuição espacial e percentual dos Latossolos dos Cerrados, localizados apenas nos estados maiores produtores de arroz de terras altas do Brasil.

Classe de solo	Teores médios de óxidos de ferro ( $Fe_2O_3$ ) <sup>(1)</sup> g/kg	Classificação anterior	Área <sup>(2)</sup> km <sup>2</sup>	Distribuição	
				Relativa à classe dos Latossolos	Relativa ao total de solos dos Cerrados
				-----%	
Latossolo Vermelho-Amarelo	< 80	Latossolo Vermelho-Amarelo	261.014,83	42,59	18,99
Latossolo Vermelho (Eutrófico ou Distrófico)	$80 \leq Fe_2O_3 \leq 180$	Latossolo Vermelho-Escuro	283.803,99	46,30	20,65
Latossolo Vermelho férrico (Futrófico ou Distrófico)	$180 < Fe_2O_3 \leq 360$	Latossolo Roxo	50.535,21	8,24	3,68
Latossolo Amarelo	< 80	Latossolo Amarelo e parte dos Latossolos Vermelho-Amarelos	17.575,82	2,87	1,28
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>612.929,85</b>	<b>100,0</b>	<b>44,60</b>

Fonte: <sup>(1)</sup> Embrapa (1999); <sup>(2)</sup> Embrapa Solos (2003); IBGE (1992, 2003).

Os Latossolos Amarelos, de coloração mais amarelada que os anteriores devido tanto aos baixíssimos a nulos teores de hematita, como à manifestação das cores provenientes da goethita, mineral amarelo, são pouco expressivos nos Cerrados, correspondendo a aproximadamente 1,30% dos solos da região nos estados maiores produtores de arroz de terras altas e a apenas 2,87% da Ordem dos Latossolos (Tabela 6.5). Além da baixa fertilidade natural e da alta saturação por Al (Tabela 6.4), comuns aos demais Latossolos, apresentam problemas de natureza física, com limitações quanto à permeabilidade restrita e lenta infiltração de água devido à elevada coesão dos agregados e a baixa porosidade nos horizontes B mais superficiais. Segundo Correia et al. (2004), os Latossolos Amarelos de textura mais argilosa têm certa tendência ao “selamento” superficial, condicionado pela ação das chuvas torrenciais, próprias dos climas equatoriais e tropicais. Em consequência, mesmo em relevos relativamente planos apresentam alta erodibilidade, à proporção que permanecem desnudos.

Em geral, os Latossolos do Brasil são muito ácidos, com valores de pH inferiores a 5,5, podendo ser tão baixos como 4,0. Os valores de pH mais baixos nos horizontes superficiais, similarmente ao observado



na Tabela 6.4, são devidos ao maior conteúdo de matéria orgânica, a qual também confere maior capacidade de troca de cátions aos horizontes superficiais. Além de ser fonte de nutrientes para as plantas e melhorar a capacidade de retenção de cátions, a matéria orgânica promove melhores condições físicas aos solos, aumentando sua capacidade de retenção de água.

Valor de saturação por Al superior a 50% também é comum entre os Latossolos. Em geral, os teores de Al extraível aumentam em profundidade em função da complexação do elemento com a matéria orgânica nos horizontes superficiais. No passado, a constatação do elemento no complexo sortivo dos solos dos Cerrados, que comumente é superior aos cátions básicos trocáveis (Ca, Mg, K e Na), associado ao desconhecimento da resposta das culturas aos solos da região, favoreceu a iniciativa de recomendações, por parte de técnicos, de aplicações expressivas de calcário a fim de fornecer Ca e Mg, corrigir a acidez dos solos e eliminar o efeito do Al tóxico. Tal prática concorreu para o aparecimento de deficiências severas de micronutrientes, notadamente Zn, e completa falta de resposta do arroz de terras altas à aplicação de calcário nos solos dos Cerrados. Atualmente, com o avanço das pesquisas agrícolas na região, recomendam-se doses módicas de calcário no cultivo de terras altas, para elevar a saturação por bases a 50%, e o teor de Mg para valores entre 0,5 e 1,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , no mínimo (Sousa & Lobato, 2004).

A baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e baixa saturação por bases (V%) definem os Latossolos como de baixa capacidade de armazenamento e suprimento de nutrientes às plantas. Efetivamente, as quantidades de Ca, Mg e K trocáveis no horizonte A são muito baixas e diminuem drasticamente no horizonte B, evidenciando que a matéria orgânica é a maior responsável pela CTC desses solos. Do mesmo modo, os teores de P disponível, quase sempre inferiores a 2  $\text{mg kg}^{-1}$  (Tabela 6.4), são extremamente baixos, comparados ao nível crítico de 8,0 – 10,0  $\text{mg kg}^{-1}$  de P, extraído com solução  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N + HCl 0,050N, estabelecido para o cultivo de arroz nos solos dos Cerrados (Moraes, 1982; Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás, 1988).

Os baixos valores de CTC podem ser melhorados, adotando-se práticas de manejo que promovam a elevação dos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que a CTC depende essencialmente dela. Sistemas de cultivo como o plantio direto, associado à rotação de culturas, são capazes de permitir a elevação desses teores.



## Ambiente de ocorrência

Os Latossolos ocorrem em todo território brasileiro, distribuídos nas amplas chapadas e fundos de vales em relevo plano e suave ondulado, declives de até 8%. Nos Cerrados, são comuns em posições de topos de morros, estendendo-se até o terço médio das vertentes suave onduladas, típicas das áreas de derrames basálticos e de influência dos arenitos (Correia et al., 2004).

## Plintossolos

### Características gerais

São solos que apresentam uma diversificação morfológica e analítica muito grande. No entanto, sua característica mais marcante é a presença de manchas ou mosqueados avermelhados, ricos em Fe e de consistência macia, que podem ser facilmente individualizados da matriz do solo ou, ainda, de nódulos ou concreções ferruginosas, extremamente duros, algumas vezes formando espessas camadas contínuas e endurecidas de material ferruginoso. Os materiais ferruginosos macios, denominados plintita, geralmente compõem um emaranhado de cores bem contrastante com a matriz do solo. São constituídos de uma mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em Fe, ou Fe e Al, com quartzo e outros materiais (Embrapa, 1999).

Em geral, a plintita forma-se pela acúmulo de Fe, importando em mobilização, transporte e concentração final dos compostos de Fe, que pode se processar em qualquer solo onde o teor do elemento seja suficiente para permitir seu acúmulo, sob a forma de manchas vermelhas macias. Sob efeito de ciclos repetitivos de umedecimento e secagem, é inerente a esses materiais sofrerem endurecimento irreversível, dando lugar à formação de nódulos ou concreções ferruginosas, extremamente duras, denominadas petroplintitas. Nos perfis de solos, tais feições podem estar presentes em dimensão, forma e quantidade variáveis, individualizadas ou aglomeradas em camadas contínuas, assim como apresentar-se desde a superfície do solo, ou iniciar-se a diversas profundidades abaixo dela. Caso manifestem em profundidade, é comum a ocorrência de horizontes B latossólico ou B textural imediatamente acima da camada ferruginosa, embora outros tipos de horizontes podem estar presentes.

A profundidade de ocorrência, a quantidade e intensidade de cimentação do material ferruginoso são fatores que condicionam a aptidão agrícola das áreas onde predominam os Plintossolos. A presença de





petroplintita, por exemplo, à pouca profundidade ou em superfície, formando camadas contínuas e espessas, muito comum no leste e norte de Goiás e no Distrito Federal, constitui forte limitação ao uso agrícola, uma vez que a permeabilidade do solo, a restrição por enraizamento das plantas e o entrave ao uso de equipamentos agrícolas podem se tornar críticos. A isso soma-se a baixa fertilidade natural, elevada acidez e toxicidade por Al, muito comum na classe dos Plintossolos em geral (Tabela 6.6), tornando-os, nesse caso, inaptos ou com aptidão restrita ao cultivo. Tais solos devem ser mantidos como reserva para proteção da biodiversidade dos ambientes onde ocorrem.

### Ambiente de ocorrência

Em geral, os Plintossolos são encontrados em relevo plano e suave ondulado. Aqueles com ocorrência única ou predominância de material ferruginoso mais brando no perfil, plintita, localizam-se em áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores das encostas, situações que impliquem o escoamento lento da água no solo. Nessas condições, os ciclos de umedecimento e secagem não se processaram em intensidade suficiente a fim de permitirem o endurecimento irreversível e formação da petroplintita. Suas maiores extensões encontram-se na região Amazônica, no alto Amazonas do território brasileiro, Amapá, Ilha de Marajó, Baixada Maranhense, Pantanal Mato-Grossense e baixadas da região da Ilha do Bananal (Oliveira et al., 1992). Plintossolos com predominância de nódulos endurecidos, petroplintita, são mais comuns em ambientes bem drenados, como nas rupturas de chapadas em todo o Planalto Central Brasileiro, sob domínio dos Cerrados, e em muitas rupturas de declive na Amazônia (Resende et al., 1988).

## Argissolos

### Características gerais

Os Argissolos formam uma classe bastante heterogênea que, em geral, têm em comum um aumento substancial no teor de argila em profundidade. O gradiente textural B/A, média do teor de argila do horizonte B dividido pela média do horizonte A, é comumente superior a 1,5 unidade.

A presença do horizonte diagnóstico B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E, horizonte eluvial, resultante da perda de argila e matéria orgânica, de coloração clara, define a classe dos Argissolos, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). Além do incremento de argila em profundidade, tal horizonte deve apresentar as seguintes características:



- a) Textura franco-arenosa ou mais fina; para a classe textural franco-arenosa, os teores de argila são próximos a 150 g kg<sup>-1</sup>.
- b) Presença de cerosidade constituída por películas de colóides minerais que, se bem desenvolvida, é facilmente perceptível pelo aspecto lustroso e brilho graxo observado na superfície dos agregados estruturais do solo.

Essa classe distribui-se em uma superfície de 165.601,93 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 12% do domínio dos Cerrados nos estados maiores produtores de arroz de terras altas do Brasil (Tabela 6.2).

A análise de alguns horizontes de um Argissolo Vermelho-Amarelo da região dos Cerrados, apresentada na Tabela 6.6, revela que, mesmo no horizonte superficial A, mais rico em matéria orgânica, a CTC do solo é muito baixa, do mesmo modo que o conteúdo de cátions trocáveis (SB). Assim, embora existam Argissolos Eutróficos, ricos em nutrientes, predomina, tanto no território brasileiro como nos Cerrados, aqueles de relativa pobreza em nutrientes, Distróficos e Álicos, muitas vezes com teores de Al extraível e saturação do elemento no complexo de troca elevados.

O conteúdo de matéria orgânica é, em geral, baixo a médio no horizonte A, diminuindo com a profundidade do solo. Observa-se, também, a drástica diminuição na concentração de nutrientes no horizonte subsuperficial Bt (Tabela 6.6), o que constitui forte limitação à proliferação profunda das raízes do arroz, predispondo as plantas ao estresse hídrico por não poderem aproveitar a água disponível nas camadas mais profundas do solo.

Entretanto, muitos Argissolos são profundos, porosos, permeáveis, bem drenados, com boa capacidade de retenção e armazenamento de água, não apresentando impedimentos mecânicos ao crescimento das raízes. Sua maior limitação está associada à baixa fertilidade natural e, em determinadas áreas, à pequena profundidade efetiva, presença de cascalhos à superfície, às condições de relevo e suscetibilidade à erosão hídrica. A grande variabilidade das características e ambientes de ocorrência desses solos dificulta generalizar suas qualidades e limitações ao uso agrícola.

Habitualmente, ocupam terrenos de relevos mais movimentados na paisagem, quando comparados aos Latossolos. Fato que, associado ao elevado gradiente textural, comum à maioria desses solos, promove taxas de infiltração diferenciadas ao longo do perfil, rápida nos horizontes superficiais e mais lenta nos subsuperficiais, que pode resultar no escoamento superficial das águas das chuvas, contribuindo para



aumentar os riscos de erosão, principalmente naqueles de textura mais arenosa nos horizontes superficiais, com maiores valores da relação textural B/A e situados em relevos acidentados.

Nessas situações de solos pobres com elevado gradiente textural, arenosos em superfície e situados em relevos movimentados, é imprescindível a utilização de práticas ou de manejo conservacionistas, como o cultivo em nível e construção de terraços em gradiente/ou, ainda, o sistema de plantio direto, a fim de evitar as perdas de solo e água, de fertilizantes e corretivos por erosão.

### Ambiente de ocorrência

Semelhante aos Latossolos, distribuem-se em praticamente todo o território brasileiro, desde o Rio Grande do Sul até o Amapá e do Acre até Pernambuco (Oliveira et al., 1992). Nos Cerrados, não ocorrem em grandes áreas contínuas, mas sua presença é freqüente na paisagem. Em geral, ocupam relevos mais dessecados, quando comparados aos Latossolos, comumente associados as porções médias e inferiores das vertentes, onde o relevo apresenta-se ondulado, 8 a 20% de declive ou forte ondulado, 20 a 45% de declive.

## Nitossolos

### Características gerais

São solos minerais, não hidromórficos, de textura argilosa ou mais fina e que não apresentam incremento de argila do horizonte A para o B ou com pequeno incremento, porém não suficiente para caracterizar a relação textural B/A do horizonte B textural, típico dos Argissolos.

São caracterizados pela presença de horizonte diagnóstico subsuperficial do tipo B nítico (Bt) com argila de atividade baixa. A origem do termo nítico, refere-se à presença expressiva, ou "nitidez", das superfícies reluzentes, relacionadas principalmente à cerosidade, presente na superfície dos agregados estruturais que compõe o solo. Além da cerosidade, que deve ser descrita no campo como moderada ou forte quanto a sua nitidez ou intensidade de manifestação, o horizonte B nítico apresenta estrutura bem desenvolvida.

Nos Cerrados, os Nitossolos compreendem tanto aqueles solos antigamente classificados como Terra Roxa Estruturada provenientes do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, como os Podzólicos



Vermelho-Escuros com pequeno gradiente textural, dotados de argila de atividade baixa e nítida manifestação de cerosidade, originários de outros tipos de rochas. No entanto, os comentários que se seguem tratam da classe dos Nitossolos Vermelhos férricos, teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de 15 a 36%, provenientes de rochas básicas devido a sua maior área ocorrência. Tais solos são de coloração vermelho-escura, tendendo à arroxeada, daí sua classificação de Nitossolo Vermelho em contraposição àqueles de coloração mais amarelada, denominados de Nitossolos Háplicos, embora nem todos os Nitossolos Vermelhos sejam originários de rochas magmáticas.

Uma característica peculiar é que, semelhante a alguns Latossolos Vermelhos, amostras secas e destorroadas de Nitossolos Vermelhos férricos são atraídas pelo imã em função da presença expressiva de minerais magnéticos, contendo ferro como a magnetita, presente na fração areia do solo. Devido ao seu material de origem, rico em minerais ferromagnesianos, e maior proximidade da rocha em relação aos Latossolos Vermelhos férricos, apresentam saturação por bases média a alta, sendo comuns Nitossolos Eutróficos com elevado potencial nutricional. Aqueles Distróficos, expressivos no Brasil e menos freqüentes nos Cerrados, embora de menor fertilidade natural, apresentam maiores respostas às adubações quando comparados aos Latossolos, conseqüência de sua CTC mais elevada (Correia et al., 2004).

Na Tabela 6.6 podem ser vistos alguns atributos físicos e químicos de um Nitossolo Vermelho típico dos Cerrados. Nesse ambiente, são comuns solos Eutróficos em superfície, com elevada CTC e saturação por bases, aumentando a saturação e o conteúdo de alumínio em profundidade, sem, contudo, alcançar os valores comumente encontrados nos Latossolos e Argissolos. Em geral, os níveis de alumínio são inferiores aos considerados tóxicos para as plantas cultivadas (Moraes, 1999).

Como os Nitossolos são comumente profundos, muito porosos, sem problemas de drenagem ou aeração, com boas condições físicas, ou seja, sem impedimentos mecânicos ao crescimento das raízes, apresentam boa aptidão para lavouras e demais usos agropastoris, principalmente quando Eutróficos. Esses, são predominantemente cultivados com culturas mais rentáveis, como café, soja e milho e pouco utilizados com arroz de terras altas (Moraes, 1999). Suas maiores limitações ao uso agrícola estão relacionadas à suscetibilidade natural à erosão, quando localizados em relevos acidentados.

### Ambiente de ocorrência

Os Nitossolos Vermelhos férricos formam-se sobre rochas básicas, geralmente associados aos Latossolos Vermelhos férricos na paisagem.



Enquanto estes localizam-se nos topos e terço superior das vertentes, os Nitossolos ocupam as porções médias e inferiores, próximas aos cursos d'água, em áreas bem drenadas e de relevo ondulado ou forte ondulado.

## Neossolos Quartzarênicos

### Características gerais

Nessa classe são incluídos os solos considerados pouco evoluídos, com ausência de horizonte B diagnóstico. Compreende aqueles em vias de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características inerentes ao material originário, muito resistente ao intemperismo.

Os Neossolos Quartzarênicos, antigamente denominados de Areias Quartzosas, são solos com pouca diferenciação de horizontes, com individualização de horizonte A seguido de C. No entanto, sua principal característica reside na textura essencialmente arenosa por todo o perfil, com predominância de minerais altamente resistentes ao intemperismo, como o quartzo e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis, menos resistentes ao intemperismo, na fração areia. O teor máximo de argila nesses solos pode chegar a 150 g kg<sup>-1</sup>, quando o silte está ausente.

Em geral, são muito profundos e bem drenados, sem problemas mecânicos ao crescimento das raízes das plantas. Por outro lado, apresentam problemas relacionados com a granulometria: por serem muito arenosos, com baixa capacidade de agregação das partículas devido aos baixos teores de argila e de matéria orgânica, são muito suscetíveis à erosão; são de baixa fertilidade natural; muito permeáveis, apresentando séria limitação quanto à capacidade de armazenamento de água disponível, sobretudo naqueles em que a areia grossa predomina sobre a areia fina (Moraes, 1999).

Pode-se verificar, na Tabela 6.6, que os Neossolos Quartzarênicos agrupam solos ácidos, com pouco cátions trocáveis (SB) e baixa saturação por bases (V%). Em geral, a saturação por Al (m%) é alta. Portanto, são de baixa fertilidade natural e com pouca reserva dos principais nutrientes para as plantas, principalmente o P, cujos teores são muito baixos. Quando cultivados, o P aplicado nas adubações é pouco adsorvido no solo, tornando-o prontamente disponível às plantas cultivadas. No entanto, existem problemas sérios quanto à lixiviação de nitratos e sulfatos devido à grande macroporosidade e permeabilidade, inerente aos solos de textura arenosa (Correia et al., 2004).



**Tabela 6.6.** Atributos físicos e químicos de perfis selecionados de algumas classes de solos representativas dos Cerrados.

Hor.	Prof. cm	Cor (úmida)	Silte	Argila	C.Org.	pH		SB	CTC	V	m	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P ass.
						H <sub>2</sub> O	KCl						
<b>(1) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO</b> Distrófico típico, textura média, A moderado													
A	00-20	7,5YR 4/4	250	160	8,2	4,7	3,8	0,8	4,6	17	60	81	1
Bt	50-85	5YR 5/6	230	250	2,5	5,0	3,9	0,3	2,7	11	83	106	1
<b>(2) PLINTOSSOLO PÉTRICO</b> Concrecionário Distrófico típico, textura média cascalhenta/argilosa, A moderado													
A	00-18	5YR 3/2	390	320	18,6	5,5	4,2	3,7	9,2	40	7	82	1
F	28-100	10R 3/6	250	260	12,8	5,6	4,3	2,2	5,0	44	9	135	1
<b>(3) NITOSSOLO VERMELHO</b> Distrófico típico textura argilosa/muito argilosa, A moderado													
A	00-20	5YR 3/3	280	380	13,0	5,6	4,4	6,3	10,0	60	14	530	2
Bt	40-85	1,5YR 4/6	230	510	6,0	5,3	4,0	2,5	9,0	28	46	710	1
<b>(1) NEOSSOLO QUARTZARÊNICO</b> Órtico típico, A moderado													
A	00-12	7,5YR 3/2	50	80	12,0	5,0	4,0	0,3	6,3	5	77	20	<1
C	65-105	5YR 4/4	50	90	3,3	5,3	4,5	0,2	4,1	5	50	18	<1

Abreviações: Hor. = Horizonte; Prof. = Profundidade; C. Org. = Carbono orgânico; SB = Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + k<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); CTC = Capacidade de troca de cátions (SB + H + Al); V = Saturação por bases (100 x SB/T); m = Saturação por alumínio (100 x Al<sup>3+</sup>/S + Al<sup>3+</sup>); P ass. = Fósforo assimilável.

Fonte: <sup>(1)</sup> Embrapa (1978); <sup>(2)</sup> Brasil (1977); <sup>(3)</sup> Embrapa (1983).



Os Neossolos Quartzarênicos são considerados solos de baixa aptidão agrícola. O uso contínuo com culturas anuais e perenes mal manejadas pode levá-los rapidamente à degradação (Silva et al., 1994), sendo, por isso, mais recomendados para conservação da fauna e flora.

### Ambiente de ocorrência

As maiores ocorrências de Neossolos Quartzarênicos estão nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, oeste e norte da Bahia, sul do Pará, sul e norte do Maranhão, no Piauí e Pernambuco, em relevo predominantemente plano (Oliveira et al., 1992). Nos Cerrados, estão relacionados a depósitos arenosos de cobertura, também em relevo plano ou suave ondulado (Correia et al., 2004). Embora menos frequentes, podem ocorrer em condições de topografia mais movimentada, quando se tornam extremamente suscetíveis à erosão e degradados com pouco tempo de uso.

## **SOLOS ONDE SE CULTIVA ARROZ IRRIGADO POR INUNDAÇÃO**

Devido à expressividade das várzeas da Região Sul com respeito a sua utilização com a cultura do arroz, será dado ênfase à distribuição e características dos solos de várzea do sul do país, seja pela sua representatividade, comuns nas demais áreas arrozeiras do Brasil, seja pelo maior conhecimento dos solos daquela região.

Por suas características especiais, o arroz irrigado por inundação requer solos planos e mal drenados a fim de garantir a manutenção de uma lâmina de água sobre a superfície do solo durante todo ou a maior parte do ciclo das plantas. O requerimento por água em abundância, barata e de fácil acesso, é outro fator importante na seleção de áreas para a implantação do cultivo de arroz irrigado por inundação (Klamt et al., 1985).

Em função dessas exigências é que as lavouras de arroz irrigado por inundação estão localizadas em áreas total ou parcialmente inundadas ao longo do ano, as várzeas, encontradas nas planícies dos rios, lagoas e lagunas. No Rio Grande do Sul, o arroz irrigado está concentrado nas várzeas ao longo do Rio Jacuí e seus afluentes, na Depressão Central; junto aos Rios Ibicuí e Icamaquã e seus afluentes, na fronteira com a Argentina; junto ao Rio Negro e seus afluentes, na fronteira com o Uruguai; e nas margens das Lagoas dos Patos e Mirim, no litoral. Esta região abrange uma



área de aproximadamente 5.400.000 ha em altitudes que não ultrapassam 200 m (Pinto et al., 2004). Em Santa Catarina, as várzeas ocupam áreas relativamente menores, 685.000 ha, localizadas principalmente nas planícies costeiras e aluviais do Litoral Sul, de Joinville e de Itajaí, e nas planícies aluviais do Planalto de Canoinhas, na fronteira com o Paraná, em altitudes que variam desde valores próximos ao nível do mar até 1.100 m (Pinto et al., 2004). Em São Paulo, nas várzeas do Rio Paraíba; no Rio de Janeiro, nas várzeas do Rio Paraíba do Sul; no Espírito Santo, nas várzeas dos Rios Doce e Itapemirim; em Pernambuco, no médio São Francisco; em Sergipe e Alagoas, nas várzeas do baixo São Francisco; e no Tocantins, nas várzeas do Rio Araguaia e seus tributários, dos quais os Rios Formoso e Javaés concentram a maior área de arroz irrigado por inundação. Podem ser vistas na Fig. 6.2 as principais zonas onde se concentram as lavouras de arroz irrigado por inundação no Brasil.



**Fig. 6.2.** Mapa esquemático evidenciando as principais zonas onde se concentram as lavouras de arroz irrigado por inundação no Brasil.

Fonte: Adaptada de Moraes (1999).





As várzeas caracterizam-se por apresentarem solos planos, comumente formados em condições de excesso de água ou sujeitos a inundações periódicas, que lhes conferem condições especiais, diferentes dos solos de terras altas, no que diz respeito às características físicas, químicas, morfológicas, mineralógicas e biológicas.

Por ser planta hidrófila, o arroz adapta-se bem aos solos mal drenados das várzeas e beneficia-se da maior disponibilidade de nutrientes quando são submetidos à inundação. Espécies de terras altas, como trigo, milho, feijoeiro, soja, pastagem, também podem ser cultivadas nos solos de várzea sempre que o excesso de água for drenado e o arejamento do solo for garantido. O arejamento do solo é importante para o suprimento de oxigênio para a respiração das raízes e permitir a reoxidação dos compostos reduzidos durante o período de inundação, tais como Fe e Mn, que podem tornar-se tóxicos à maioria das plantas cultivadas em condições de alagamento.

A seguir, são apresentados a distribuição e os atributos que caracterizam as classes de solos mais representativas onde se cultiva arroz irrigado por inundação no Brasil, com ênfase aos solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

## Classes de Solos

Os solos de várzea desenvolvem-se sobre materiais de origens bastante distintas, bem como são formados em diferentes graus de hidromorfismo, excesso de água. Em conseqüência, apresentam grande variação, vertical no perfil e horizontal na paisagem, das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, o que determina seu agrupamento em diferentes Ordens, com diferentes limitações e aptidões de uso. Conforme o tipo, o solo pode, ou não, ser adequado ao cultivo com arroz irrigado.

As principais Ordens e eventualmente Subordens taxonômicas em que estão incluídos os solos de várzea, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), são apresentadas na Tabela 6.7, onde também é mostrada a correlação com a antiga nomenclatura de solos utilizada no Brasil (Camargo et al., 1987), com o *Soil Taxonomy* (Estados Unidos, 1999) e WRB (FAO, 1998).



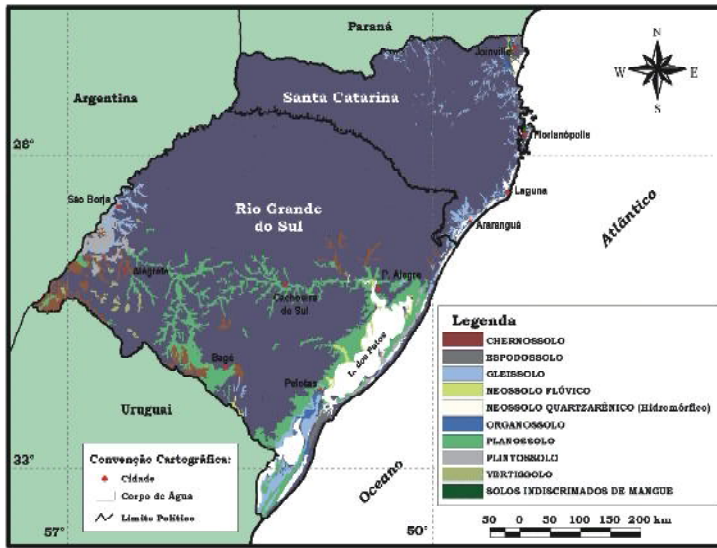
**Tabela 6.7.** Principais classes de solos de várzea onde se cultiva arroz irrigado por inundação no Brasil e correlação taxonômica com outros sistemas de classificação de solos.

Classe de solo	Classificação segundo		
	Antiga nomenclatura usada no Brasil	<i>Soil Taxonomy</i>	WRB
Planossolos	Planossolos, Solonetz Solodizado e parte dos Hidromórficos Cinzentos	Alfisols	Planosols
Gleissolos	Gleis Pouco Húmicos e Gleis Húmicos, Solonchak e parte dos Hidromórficos Cinzentos	Aquents	Gleysols
Vertissolos	Vertissolos	Vertisols	Vertisols
Organossolos	Solos Orgânicos	Ilistosols	Ilistosols
Neossolos Flúvicos	Solos Aluviais	Fluvents	Fluvisols
Neossolos Quartzarênicos (hidromórficos)	Areias Quartzosas Hidromórficas	Quartzipsamments	Arenosols
Plintossolos	Plintossolos e Petroplintossolos	Subgrupos Plinthic de Oxisols, Ultisols, Alfisols, Entisols, Inceptisols	Plinthosols
Chernossolos	Brunizéns	Molisols	Chernozems e Kastanozems

### Solos de várzea do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Na Fig. 6.3 pode ser vista a distribuição dos principais solos de várzea nos estados sulinos. No Rio Grande do Sul, os solos pertencentes às classes citadas na Fig. 6.3 correspondem a cerca de 17% da área total do estado, sendo a classe dos Planossolos a que ocupa maior área, aproximadamente 49% dos solos de várzea, o que corresponde a 8% dos solos de todo estado (Tabela 6.8).





**Fig. 6.3.** Mapa dos solos de várzea dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Fonte: Embrapa (1991); Embrapa Solos (2002).

**Tabela 6.8.** Principais classes de solos de várzea do Rio Grande do Sul e suas respectivas áreas absolutas e relativas.

Classe de solo	Área absoluta (km <sup>2</sup> )	Área relativa (%)	
		Várzea	Estado
Planossolos	23.667,18	49,15	8,40
Gleissolos	12.013,82	24,95	4,26
Chernossolos	5.710,97	11,86	2,03
Plintossolos	2.625,41	5,45	0,93
Neossolos Flúvicos	1.313,87	2,73	0,47
Vertissolos	1.226,99	2,55	0,44
Neossolos Quartzarênicos (Hidromórficos)	943,09	1,96	0,33
Organossolos	653,61	1,36	0,23
<b>TOTAL</b>	<b>48.154,94</b>	<b>100</b>	<b>17,09</b>

Fonte: Embrapa (1991); Embrapa Solos (2000); IBGE (2003).

Em Santa Catarina, os solos de várzea distribuem-se por aproximadamente 7% da área total do estado (Tabela 6.9). A classe dos Gleissolos, geralmente em associação com Cambissolos e Organossolos, é a mais representativa, distribuída em aproximadamente 60% dentre as classes desenvolvidas em ambiente de várzea, o que corresponde a cerca de 4% dos solos de todo o estado.



**Tabela 6.9.** Principais classes de solos de várzea de Santa Catarina e suas respectivas áreas absolutas e relativas.

Classe de solo	Área absoluta (km <sup>2</sup> )	Área relativa (%)	
		Várzea	Estado
Gleissolos	4.056,33	60,39	4,25
Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos ou não	1.167,62	17,38	1,22
Espodossolos	526,93	7,84	0,55
Organossolos	458,16	6,82	0,48
Neossolos Flúvicos	237,40	3,53	0,25
Solos Indiscriminados de Mangue (Gleissolos Sálícos e alagadiços)	156,95	2,34	0,16
<b>TOTAL</b>	<b>6.717,41</b>	<b>100</b>	<b>7,05</b>

Fonte: Embrapa Solos (2002); IBGE (2003).

Na Tabela 6.10 são apresentados alguns atributos físicos e químicos de horizontes selecionados das principais classes de solos de várzea dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina onde se cultiva arroz irrigado por inundação. A descrição dos atributos morfológicos e analíticos que as caracterizam e as diferenciam são detalhadas a seguir.

Neste capítulo não se inclui a descrição das características dos solos situados em patamares mais elevados das várzeas ou em terras baixas adjacentes a elas, de relevo plano a suave ondulado, em geral, de drenagem imperfeita, eventualmente utilizados com a cultura de arroz irrigado por inundação. Tais solos não-hidromórficos, porém mal drenados em sua maioria, pertencem predominantemente às classes dos Luvisolos, solos de elevada fertilidade natural, com horizonte diagnóstico B textural ou B nítico de argila de atividade alta, Cambissolos, solos jovens, com horizonte B em início de formação, denominado B incipiente, Argissolos, solos com horizontes Bt e elevado gradiente textural, e Alissolos, solos com elevado teor de Al extraível. No Rio Grande do Sul, são encontrados na região da Campanha e Fronteira Oeste, enquanto em Santa Catarina ocorrem em patamares mais elevados das várzeas de praticamente todas as regiões, sendo, conforme as condições de relevo, sistematizados e incorporados à lavoura arrozeira (Pinto et al., 2004).



**Tabela 6.10.** Caracterização físico-química de horizontes selecionados das principais classes de solos de várzea onde se cultiva arroz irrigado por inundação nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Hor.	Prof. cm	Cor (úmida)	Silte	Argila	C.Org.	pH		SB	CTC	V	m	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P ass.
						H <sub>2</sub> O	KCl						
			----- g kg <sup>-1</sup> -----				--- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ---	----- % -----			g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>
<b>(1) PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico, típico, textura arenosa/argilosa, A moderado</b>													
A	00-23	10YR 4/1	360	120	4,8	5,4	3,8	3,5	6,7	52	24	12	3
Bt	40-80	10YR 4/2	280	420	2,8	5,3	3,6	10,5	13,6	77	11	38	<1
<b>(2) GLEISSOLO HÁPLICO Tb Aluminico típico, textura argilosa/muito argilosa, A proeminente</b>													
A	00-25	N/3	300	500	34,0	5,7	5,1	17,7	28,2	63	0	42	8
C	55-95	Variegada	200	720	6,9	4,2	3,7	0,9	14,7	6	90	55	1
<b>(1) CHERNOSSOLOS EBÂNICO Carbonático vértico, textura média/argilosa</b>													
A	00-30	10YR 2/1	500	250	16,2	5,9	4,8	17,5	19,4	90	0	25	1
Bt	30-57	10YR 2/1	400	370	9,9	6,5	5,2	30,4	32,0	95	0	39	<1
<b>(2) ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico típico, textura orgânica</b>													
H1	00-45	N2/	440	190	99,7	4,3	4,3	1,4	38,5	4	74	18	6
H2	45-85	N2/	340	350	32,5	4,5	4,3	0,4	21,9	2	85	19	11
<b>(2) NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado</b>													
A	00-20	10YR 4/2	-	-	6,9	5,1	-	0,7	7,8	9	82	-	1
C	30-50	10YR 5/3	-	-	67,9	4,6	-	1,7	19,2	9	68	-	3
<b>(1) VERTISSOLO EBÂNICO Órtico chernossólico, textura argilosa</b>													
A	00-15	7,5YR N2/	430	520	56,4	5,3	4,5	43,8	56,5	78	0	80	3
C	70-120	10YR 4/1	300	590	4,4	6,7	5,3	55,0	56,6	97	0	151	7
<b>(1) NEOSSOLO QUARTZARÊNCIO Hidromórfico Distrófico típico, A proeminente</b>													
A	00-20	N2/	130	80	54,7	4,0	3,6	1,4	20,8	7	73	3	5
C	20-80	10YR3/4	10	20	2,8	5,2	4,3	0,3	2,1	14	50	4	4

Abreviações: Hor. = Horizonte; Prof. = Profundidade; C. Org. = Carbono orgânico; SB = Soma de bases (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> + K<sup>+</sup> + Na<sup>+</sup>); CTC = Capacidade de troca de cátions (SB + H + Al); V = Saturação por bases (100 x SB/T); m = Saturação por alumínio (100 x Al<sup>3+</sup>/S + Al<sup>3+</sup>); P ass. = Fósforo assimilável. Fonte: <sup>(1)</sup> Brasil (1973); <sup>(2)</sup> Dados extraídos do relatório do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina (não publicado).

## Solos de várzea do Tocantins

No domínio dos Cerrados, destaca-se o Estado de Tocantins, terceiro maior produtor de arroz irrigado no Brasil e atualmente considerado entre as regiões mais promissoras para a expansão orizícola irrigada do país devido à grande oferta de extensas áreas de várzea, cujos tipos e características dos solos e condições de hidromorfismo tornam-se aptos ao cultivo irrigado por inundação.

As classes, a extensão e a distribuição geográfica dos solos do Estado de Tocantins são genericamente mostrados na Tabela 6.11 e Fig. 6.4. É na planície sedimentar do Rio Araguaia, onde os solos da classe dos Plintossolos Argilúvicos e Plintossolos Háplicos, Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânicos, predominantemente distróficos e álicos, portanto de baixa fertilidade natural, estão sendo cultivados com arroz irrigado. O vale do Rio Javaés, entre o Rio Araguaia e seus afluentes, Urubu, Javaés e Formoso, é considerado a maior área contínua para irrigação por gravidade do mundo. Nessa extensa planície, com mais de 500.000 ha contínuos de várzea, estão instalados projetos como o Rio Formoso e o Javaés, que visam ao aproveitamento agrícola e racional das várzeas regionais (Vale do Javaés..., 2003). Atualmente a área cultivada com arroz irrigado é de apenas 72.000 ha, evidenciando o grande potencial para a expansão da cultura irrigada no estado.

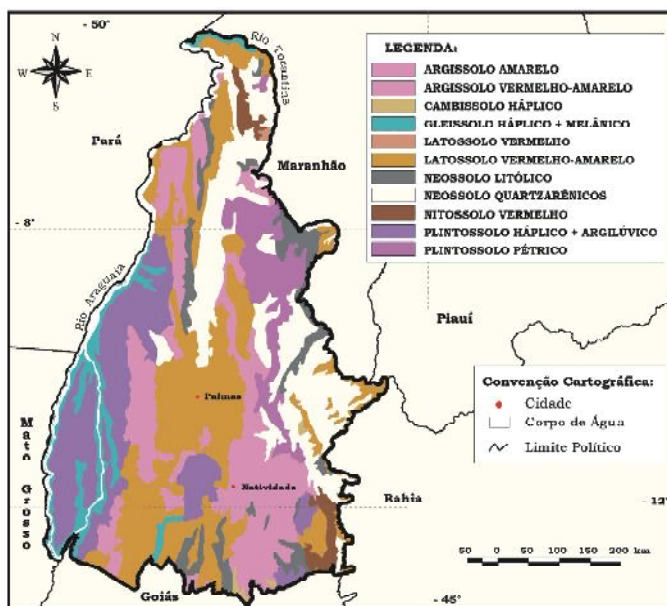


Fig. 6.4. Mapa de solos do Estado de Tocantins.

Fonte: Embrapa Solos (2003).



**Tabela 6.11.** Área absoluta e relativa das classes de solos, em nível categórico de Grande Grupo, do Estado do Tocantins.

Classe de solo	Área absoluta km <sup>2</sup>	Área relativa %
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	72.541,32	26,13
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico	46.671,12	16,81
PLINTOSSOLO HÁPLICO Distrófico + PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Distrófico	42.831,89	15,43
ARGISSOLO AMARELO Distrófico + ARGISSOLO AMARELO Eutrófico	34.316,07	12,36
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	22.068,01	7,95
PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário Distrófico	19.002,36	6,85
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico	16.317,68	5,88
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico + GLEISSOLO MELÂNICO Tb Distrófico	13.311,56	4,79
NITOSSOLO VERMELHO Distrófico + NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico	5.666,85	2,04
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico	886,85	0,32
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico + LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico	275,48	0,10
Corpos de água	3.731,74	1,34
<b>TOTAL</b>	<b>277.620,93</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Adaptada de Embrapa Solos (2003).

## DESCRIÇÃO GERAL DAS PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS DE VÁRZEA

### Planossolos

São solos mal drenados, com horizonte superficial, A e/ou E, de textura mais leve, em geral, arenosa, que contrasta abruptamente com o horizonte subsuperficial, Bt, imediatamente subjacente, adensado e extremamente endurecido quando seco, comumente de acentuada concentração de argila, bem estruturado e de permeabilidade muito lenta, apresentando visíveis sinais de hidromorfismo, cores acinzentadas ou neutras devido à redução do Fe em condições de excesso de água.

Em geral, apresentam seqüência de horizontes A-E-Btg-C, ou Cg ou, menos freqüente, A-Btg-C, ou Cg, sendo o horizonte B plânico considerado o diagnóstico da Ordem dos Planossolos. O sufixo "g" que acompanha o horizonte plânico Bt, Btg, indica a presença de sinais de hidromorfismo. Tal horizonte é um tipo especial de B textural, com elevados teores de argila dispersa, que pode ser responsável pela retenção de lençol de água suspenso, de existência temporária.



O horizonte A quase sempre é acompanhado de horizonte E, horizonte de máxima perda de argila e matéria orgânica no perfil, predominando colorações claras relacionadas a minerais remanescentes e resistentes ao intemperismo, como o quartzo, ambos de textura arenosa e, menos freqüente, média. Os Planossolos com horizontes A + E espessos e arenosos, comumente são de baixa fertilidade natural, podendo encontrar aqueles com elevada saturação por Al extraível. Tais solos não são adequados ao cultivo de arroz irrigado por inundação, pois além da baixa disponibilidade de nutrientes, requerem grande quantidade de água para a manutenção de condições adequadas ao cultivo. São mais usados para pastagens ou culturas de sequeiro, como cebola, milho, abacaxi, melancia e fumo, entre outras. Os Planossolos com horizontes A+E de espessura ao redor de 40 cm são os solos mais cultivados com arroz irrigado por inundação no Rio Grande do Sul.

Em contraste à baixa fertilidade natural dos horizontes A e E, comuns nos Planossolos em geral, normalmente o horizonte B plânico apresenta elevada saturação por bases, Eutrófico, e argila de atividade alta (Tabela 6.10) devido à presença de argilas 2:1 expansivas, como a montmorilonita. Em consequência da elevada quantidade e tipo de argila, são mais difíceis de trabalhar, pois tornam-se muito duros quando secos e muito plásticos e pegajosos quando molhados, o que dificulta o seu preparo.

A análise química de horizontes e atributos selecionados mostrada na Tabela 6.10 revela que os Planossolos são, em geral, muito ácidos, com baixa CTC no horizonte A e alta no B. Os valores de soma e saturação por bases são baixos a médios no horizonte A, mas aumentam com a profundidade, enquanto o Al extraível é baixo por todo o perfil e os teores de matéria orgânica, baixos a médios em superfície.

Os principais fatores limitantes ao uso agrícola desses solos são a má drenagem e os valores relativamente baixos de soma de bases, principalmente nos horizontes superficiais, requerendo fertilização e parcelamento das adubações nitrogenadas e potássicas a fim de diminuir as perdas por lixiviação, que podem ser grandes, notadamente nos Planossolos com horizontes A + E arenosos e espessos, onde o P e K normalmente ocorrem em quantidades limitantes ao crescimento normal das plantas de arroz.

No litoral Sul do Rio Grande do Sul, principalmente ao redor das lagoas Mirim e Mangueira e ao longo do Canal de São Gonçalo, podem ser encontrados Planossolos Nátricos, caracterizados pela presença de elevados teores de sódio trocável. São, em geral, solos pouco





profundos e de permeabilidade muito baixa no horizonte B, resultante da grande proporção de argila dispersa produzida pelo teor elevado de Na. Devido aos elevados teores do elemento e às más condições de drenagem, esses solos são utilizados apenas com pastagens (Pinto et al., 2004).

### Ambiente de ocorrência

São típicos de áreas baixas planas e extensas, onde o relevo favorece o excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução que resultam no desenvolvimento de perfis de coloração neutra ou acinzentada, podendo ou não apresentar manchas avermelhadas (mosqueamento), típicas da movimentação e segregação de compostos de Fe.

Os Planossolos são os mais utilizados com arroz irrigado por inundação no Estado do Rio Grande do Sul e se localizam predominantemente nas regiões da Depressão Central, Campanha e Fronteira Oeste (Pinto et al., 2004). Também ocorrem no nordeste do Brasil, muitos deles com elevados teores de sódio trocável.

## Gleissolos

Compreendem solos hidromórficos, isto é, formados sob grande influência do excesso de umidade, permanente ou temporária. Caracterizam-se por apresentar um horizonte com cores cinzentas ou neutras, horizonte glei, que, em geral, inicia-se dentro de 50 cm da superfície do solo ou imediatamente abaixo de um horizonte A. Tais cores são indicativas da formação dos solos em ambiente redutor devido ao lençol freático permanecer elevado durante a maior parte do ano. Podem, ainda, apresentar mosqueados avermelhados, brunos ou amarelados em decorrência da mobilização e segregação de compostos de Fe em ambiente redutor, que contrastam com o fundo neutro ou acinzentado característico dos Gleissolos. A ausência dessas cores vivas, geralmente nos horizontes mais profundos, evidencia a formação desses solos em condições de umidade permanente, com pouca flutuação do lençol freático.

O horizonte glei, diagnóstico da classe, pode ser um horizonte C, B, E ou A. Os Gleissolos podem apresentar seqüência de horizontes A-Cg, A-Big-Cg, A-Btg-Cg, A-E-Btg-Cg, A-Eg-Btg-Cg, Ag-Cg, H-Cg. O sufixo "g", que acompanha o tipo de horizonte superficial ou subsuperficial, é indicativo das condições de hidromorfismo.



São solos que ocasionalmente podem ter textura arenosa somente nos horizontes superficiais, desde que seguidos de horizonte glei com teores de argila próximos a 15%, não apresentando horizonte B textural seguido de mudança textural abrupta, o que os diferencia dos Planossolos. A textura pode ser bastante desuniforme ao longo do perfil e, via de regra, com apreciáveis variações horizontais a curta distância, porém sempre com teores de argila próximos ou superiores a 15% nos primeiros 50 cm de profundidade ou imediatamente abaixo de um horizonte A. A seqüência de textura ao longo do perfil é bastante importante no delineamento da rede de drenagem, pois é sempre a camada menos permeável a que comanda o processo de percolação da água através do solo, sendo comum encontrar, nesses solos, uma relação inversa entre o teor de argila e a permeabilidade (Oliveira et al., 1992).

Tanto podem ser solos de argila de atividade alta como baixa, com elevada saturação por bases, Eutróficos, ou pobres em bases trocáveis, Distróficos, ou, ainda, com teores de Al elevados (Tabela 6.10). Além disso, podem apresentar conteúdos expressivos de carbonatos, de matéria orgânica no horizonte superficial, sais, sódio ou compostos de enxofre oxidáveis, os quais têm grande influência no comportamento desses solos, muitas vezes impossibilitando seu uso para fins agrícolas.

Por suas características químicas, os Gleissolos Eutróficos possuem boa reserva de nutrientes disponíveis para as plantas. Os Distróficos (Tabela 6.10) são menos férteis, requerendo, além da drenagem que mantém o lençol freático em nível adequado, calagem e adubação para o cultivo de outras espécies anuais de sequeiro. A drenagem promove tanto o melhoramento e manutenção da aeração desses solos, importantes ao cultivo de espécies de sequeiro, como também reduz a concentração de Fe e Mn solúveis e potencialmente tóxicos às plantas, que costumam se desenvolver nos solos com excesso de umidade.

Normalmente, para melhorar a drenagem interna e a aeração, bem como permitir o cultivo de espécies de sequeiro, esses solos são sistematizados em camalhões.

Alguns Gleissolos, denominados de Gleissolos Tiomórficos, contêm compostos de S, materiais sulfídricos, que, após drenagem e oxidação, dão origem a sulfatos de Fe e Al e ácido sulfúrico, os quais tornam o pH extremamente ácido, < 3,5. A presença de tiomorfismo é



evidenciada pelo forte odor de gás sulfídrico (cheiro de ovo podre), e por manchas amarelas de sulfato de Fe, características do mineral denominado jarosita.

Os Gleissolos Tiomórficos têm sido identificados na orla marítima do Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Espírito Santo e no baixo São Francisco, tanto em Sergipe como Alagoas.

Devido ao excesso de S que, em condições de inundação, forma gás sulfídrico, tóxico para o arroz, e que, quando drenados, resulta em valores de pH muito baixos, tornando-os difíceis de reidratar depois de secos, os Gleissolos Tiomórficos são inaptos ao uso agrícola. Devem ser mantidos como reserva da flora e fauna.

Não menos adequados ao uso agrícola são os Gleissolos Sálícos, encontrados em áreas baixas eventualmente inundadas com águas salinas. São caracterizados pela presença de sais solúveis em níveis tóxicos que impossibilitam o desenvolvimento da grande maioria das plantas cultivadas. Em alguns locais, pode-se observar o solo com crostas esbranquiçadas de sais em superfície, onde não cresce vegetação (Klamt et al., 1985). Em geral, apenas plantas nativas, com alta tolerância a sais e Na, halófitas, desenvolvem-se nestes solos (Pinto et al., 2004).

### Ambiente de ocorrência

Ocupam, geralmente, as partes depressionais da paisagem e, como tal, estão permanente ou temporariamente encharcados, salvo se artificialmente drenados. Em geral, desenvolvem-se em sedimentos recentes, nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfismo, como as várzeas e baixadas. Assim, situam-se indiscriminadamente em todas as áreas úmidas do território brasileiro, onde o lençol freático fica elevado a maior parte do ano (Oliveira et al., 1992).

Os Gleissolos são os principais solos cultivados com arroz irrigado em Santa Catarina. No Rio Grande do Sul, ocorrem nas partes mais baixas das várzeas e nas depressões das áreas onde aparecem os Planossolos, sendo também cultivados em grande escala (Pinto et al., 2004). Outras ocorrências expressivas no Brasil são aquelas relacionadas às várzeas da planície amazônica, em Goiás e Tocantins ao longo do Rio Araguaia, em São Paulo e Rio de Janeiro às margens do Rio Paraíba do Sul (Oliveira et al., 1992).



## Chernossolos

Nesta classe estão agrupados solos constituídos por material mineral com elevada saturação por bases (Eutróficos), argila de atividade alta e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural, nítico, incipiente ou horizonte C com elevados teores de cálcio.

Nas regiões onde se cultiva arroz irrigado por inundação, são medianamente profundos, moderada a imperfeitamente drenados, influenciados pelas condições de umidade, o que é evidenciado pelas cores cinzenta e mosqueadas ao longo do perfil. Em geral, são argilosos com gradiente textural pouco evidente entre os horizontes A e B. A fração argila é constituída predominantemente de argilas expansivas do tipo 2:1. A seqüência dos horizontes é A-Bt-C e A-Bi-C, podendo ocorrer a presença de nódulos de carbonato de cálcio, que são representados pela letra k, acrescida ao símbolo do horizonte B ou C, Bik, Btk ou Ck. Em geral, são solos de boa fertilidade natural, com boa reserva de nutrientes para as plantas, com exceção do P e K, que comumente são baixos (Tabela 6.10).

Nas áreas cultivadas com arroz, os Chernossolos pertencem predominantemente à classe dos Chernossolos Ebânicos, predominância de cores escuras, preta ou cinzenta muito escura, na maior parte do perfil, e Argilúvicos, horizonte A chernozêmico assente diretamente sobre B textural ou B nítico, muito férteis e de reação ligeiramente ácida no horizonte A e neutra a alcalina no B devido à presença de elevados teores de carbonatos de cálcio.

A capacidade de troca de cátions (CTC) é alta nos horizontes superficiais e aumenta com a profundidade, do mesmo modo que a soma de bases (SB) e a porcentagem de saturação por bases (V%), o que os caracteriza como Eutróficos (Tabela 6.10). Por serem pouco porosos, moderada a imperfeitamente drenados, com excesso de água durante o período chuvoso, e por apresentarem argilas do tipo 2:1, expansivas e pegajosas quando molhadas, podem apresentar dificuldades à mecanização durante o preparo do solo.

Devido à fertilidade natural elevada desses solos, o arroz irrigado por inundação cresce bem e produz boas colheitas. Podem ser cultivados, também, com outras espécies vegetais desde que manejados adequadamente, promovendo a drenagem superficial a fim de permitir o escoamento superficial da água. Não devem ser trabalhados muito secos, pois são muito duros, nem quando molhados, por serem muito



plásticos e pegajosos. Quando em pastagem, deve ser evitado o pastoreio quando muito molhado, o que favoreceria sua compactação e degradação da pastagem. Sob cultivo com espécies anuais, o controle da erosão torna-se necessário (Klamt et al., 1985).

### Ambiente de ocorrência

Os Chernossolos nas áreas cultivadas com arroz são encontrados normalmente em terras baixas e áreas de várzea de relevo plano ou em áreas contíguas às várzeas em relevo suave ondulado. São derivados de basalto, xistos e siltitos e, no Rio Grande do Sul, estendem-se principalmente nas regiões da Campanha e da Fronteira Oeste. Chernossolos bem drenados são encontrados em patamares mais elevados nas várzeas de rios da Depressão Central daquele estado, próximos às encostas basálticas (Pinto et al., 2004).

### Organossolos

São solos pouco desenvolvidos, de constituição orgânica proveniente de acumulações de restos vegetais em grau variável de decomposição, em ambientes mal a muito mal drenados. Apresentam cor preta, cinzenta muito escura ou marrom, devido aos elevados teores de carbono orgânico. Apesar da natureza predominantemente orgânica, estes solos podem apresentar proporções variáveis de constituintes minerais. Usualmente são ácidos, com altos teores de alumínio trocável, alta capacidade de troca de cátions e baixa saturação por bases, com esporádicas ocorrências de saturação por bases média a alta (Tabela 6.10).

Apresentam horizonte superficial hístico com espessura mínima de 40 cm e teor de matéria orgânica igual ou superior a  $0,2 \text{ kg kg}^{-1}$  de solo, geralmente de coloração escura e freqüentemente assente sobre outras camadas orgânicas. Sua espessura pode atingir vários metros, como nas margens do Rio Jari e outros afluentes do Rio Amazonas, que assentam sobre camadas minerais gleizadas, horizontes minerais de cores neutras ou azuladas em decorrência da redução do ferro na ausência do oxigênio.

A matéria orgânica dos Organossolos pode estar quase completamente decomposta, tipo "muck", menos fibrosa, ou parcialmente decomposta, tipo "peat", mais fibrosa, o que afeta as características físicas desses solos, como a sua densidade, porosidade, retenção de água e nutrientes, drenagem e subsidência, que é a redução da espessura do horizonte H devido à combustão da matéria orgânica após a drenagem, dentre outros fatores.



Apesar de ácidos a fortemente ácidos, apresentam razoável fertilidade natural e a saturação por alumínio, normalmente alta, não se constitui em um problema para as plantas cultivadas, devido, principalmente, a sua complexação pelos compostos orgânicos.

Devido as suas propriedades físicas e ao excesso de água durante a maior parte do ano, que limitam a mecanização, os Organossolos são de difícil aproveitamento agrícola e, portanto, pouco cultivados. O Projeto Jari, nas margens do Rio Jari, no Pará, foi um exemplo interessante de manejo e aproveitamento de Organossolos para o cultivo de arroz irrigado por inundação e pastagem (Moraes, 1999). Em alguns locais no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em condições favoráveis, eles têm sido utilizados com arroz irrigado, milho, soja, hortigranjeiros e pastagem. Quando convenientemente drenados e manejados, os Organossolos apresentam bom potencial para cultivos hortigranjeiros. Entretanto, sua drenagem e utilização podem prejudicar irreversivelmente o ecossistema típico, muito delicado, devendo, por isso, ser muito ponderada sua utilização agrícola (Pinto et al., 2004).

Uma das características desses solos é a diminuição contínua da espessura do horizonte orgânico, subsidência, quando drenados, devido à grande redução do volume pela perda de água, à combustão da matéria orgânica e ao incremento da atividade de microrganismos decompositores de compostos orgânicos. O uso contínuo pode levar ao seu desaparecimento como solo orgânico. A manutenção da umidade no máximo possível é uma das condições de manejo requeridas para diminuir a taxa de subsidência. Do mesmo modo, as queimadas e o emprego de máquinas pesadas, devido à sua baixa capacidade suporte, devem ser evitadas.

O uso de corretivos e fertilizantes aumenta a produtividade, mas também aumenta a atividade biológica, a taxa de decomposição da matéria orgânica e a subsidência, diminuindo a vida útil do solo.

### Ambiente de ocorrência

Os Organossolos são comumente encontrados em áreas baixas, várzeas e depressões onde prevaleçam condições de acumulação de água e de sedimentos orgânicos. Em geral, são áreas muito mal drenadas, relacionadas com os sedimentos aluvionais e lacustres. Na Região Sul, constituem áreas relativamente pequenas, localizadas predominantemente na Planície Costeira, geralmente em associação aos Gleissolos Tiomórficos e aos Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos (Pinto et al.,



2004). Há registro de áreas relativamente significativas entre São Paulo e Mogi das Cruzes, no Estado de São Paulo; Vale do Paraíba, especialmente Jacareí e Resende; na zona cacauzeira e extremo sul baiano; em algumas áreas ribeirinhas ao longo dos Rios Paraná e Iguaçu, no Paraná; municípios de Macaé e São João da Barra, no Estado do Rio de Janeiro, e na zona costeira no norte do Espírito Santo (Oliveira et al., 1992).

## Neossolos Flúvicos

Nesta classe são incluídos os solos considerados pouco evoluídos, derivados de sedimentos recentes, sem desenvolvimento de horizonte B diagnóstico. Em geral, apresentam um horizonte A assente sobre horizonte C, constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, provenientes de depósitos dos rios e lagos e com distribuição irregular de carbono orgânico em profundidade (Tabela 6.10).

São de drenagem variável e, devido à posição que ocupam no relevo, às margens de rios e lagos, podem ser periodicamente inundados, com aporte de depósitos sedimentares, constituindo camadas gleizadas ou não, o que lhes confere morfologia e composição química, mineralógica e granulométrica variáveis.

A grande variação de composição dos sedimentos, originários dos diferentes depósitos, resulta em condições de fertilidade muito variáveis, podendo ocorrer tanto solos Eutróficos, saturação por bases  $\geq 50\%$ , como Distróficos, saturação por bases  $< 50\%$ . Sedimentos arenosos, geralmente originam solos de pH ácido a fortemente ácido, soma de bases trocáveis (SB) e saturação por bases (V%) baixas e conteúdo de nutrientes, incluindo o P, muito baixo. Por outro lado, Neossolos Flúvicos originários de sedimentos argilosos genericamente apresentam valores ligeiramente mais altos, principalmente quanto à SB e P assimilável.

Os solos de textura média e argilosa podem apresentar boa fertilidade natural. Entretanto, devido à má drenagem e à ocorrência de inundações periódicas, esses solos não devem ser usados para a exploração agrícola. Mesmo para o cultivo de arroz irrigado por inundação, requerem nivelamento e proteção contra as inundações.

Além da baixa aptidão agrícola, tais solos localizam-se, em geral, em áreas, margens de rios, consideradas por lei como de proteção de flora e fauna. Por isso, devem ser reservados como área de proteção ambiental (Pinto et al., 2004).



## Ambiente de ocorrência

Raramente ocupam áreas contínuas apreciáveis, pois estão restritos às margens de cursos d'água, lagoas e planícies costeiras onde, geralmente, ocupam pequenas porções das várzeas (Oliveira et al., 1992). No Rio Grande do Sul, os Neossolos Flúvicos são encontrados principalmente na Planície Costeira e, em menor extensão, ao longo dos principais rios de outras regiões. Em Santa Catarina, ocorrem predominantemente nos municípios de Joinville, Itajaí e Florianópolis (Pinto et al., 2004). Áreas importantes, em termos nacionais, são encontradas na Planície Amazônica e nas planícies aluvionais do Rio Paraguai no extremo oeste mato-grossense e no delta dos Rios Paraíba do Sul, Doce e São Francisco (Oliveira et al., 1992).

## Vertissolos

São solos de coloração acinzentada ou preta, argilosos, imperfeitamente drenados, muito plásticos e muito pegajosos, devido à presença de argilas expansivas (tipo 2:1). Comumente são pouco profundos, com seqüência de horizontes A-Cv ou A-Biv-C, sem diferença significativa no teor de argila em profundidade. O sufixo "v", pós-posto aos horizontes B e C refere-se à manifestação de características vérticas, fendas profundas e largas no período seco, ranhuras na superfície dos agregados e presença de agregados cujo eixo longitudinal está inclinado em relação à horizontal, relacionadas à expansão e contração do solo. O horizonte C apresenta, com freqüência, nódulos esbranquiçados de carbonato de cálcio, Ck.

Quimicamente são moderadamente ácidos e de elevada fertilidade natural, ricos em nutrientes, com elevados teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . No entanto, apresentam propriedades físicas pouco adequadas à exploração agrícola, em decorrência, principalmente, da quantidade e do tipo de argila, montmorilonita, que promove a expansão do solo quando úmido, tornando-o muito plástico e muito pegajoso, aderindo aos implementos agrícolas, e que se contrai quando seco, tornando-se extremamente duro e fendilhado, formando torrões compactos difíceis de serem quebrados com o preparo do terreno.

Observa-se na Tabela 6.10 que esses solos apresentam CTC, soma de bases (SB) e porcentagem de saturação por bases (V%) altas no horizonte A, que aumentam em profundidade. A porcentagem de





saturação por bases, que é de 70-80% no horizonte A, pode chegar a 100% nos horizontes subsuperficiais. Os teores de cálcio, magnésio e potássio são altos em todo o perfil do solo. A matéria orgânica é, comumente, alta no horizonte A.

Uma das características importantes dos Vertissolos é a alta capacidade de retenção de água, que se constitui em sério problema para o cultivo de espécies de sequeiro que não toleram baixa tensão de oxigênio na zona das raízes. O aumento da solubilidade do Fe e do Mn e a ocorrência de outros produtos originários da redução do solo, em níveis tóxicos, são problemas que devem ser considerados no aproveitamento desses solos para cultivos de sequeiro. Devido à elevada capacidade de retenção de água, esses solos podem manter-se saturados por muito tempo após as chuvas, o que dificulta a reoxidação dos compostos reduzidos a níveis toleráveis pelos cultivos (Moraes, 1999).

Quando manejados convenientemente, entretanto, podem ser cultivados com outras espécies, além do arroz. Deve-se considerar, contudo, que são solos de difícil manejo, semelhantes aos Chernossolos Ebânicos desenvolvidos em ambientes hidromórficos, mas com tempo de preparo bem mais curto.

Uma cultura comumente encontrada nos Vertissolos é a cana-de-açúcar. No sul, são muito utilizados com pastagens naturais de boa qualidade e, em menor escala, com culturas anuais como trigo, milho e sorgo. Em áreas planas, são freqüentemente cultivados com arroz irrigado por inundação (Pinto et al., 2004).

### Ambiente de ocorrência

São solos desenvolvidos normalmente em ambientes de bacias sedimentares ou a partir de sedimentos com predomínio de materiais de textura fina e com altos teores de Ca e Mg, ou, ainda, diretamente de rochas básicas ricas nesses elementos. Ocorrem distribuídos em diversos tipos de clima, dos mais úmidos, com estação seca definida, aos mais secos (Embrapa, 1999). As maiores áreas estão distribuídas na zona seca do Nordeste, no Pantanal Mato-grossense, no Recôncavo Baiano e na Campanha Rio Grandense (Oliveira et al., 1992) onde se desenvolvem em áreas de relevo plano a suave ondulado, em depressões ou ao longo dos cursos d'água, principalmente nos municípios de Uruguaiana, Alegrete, Quaraí e Santana do Livramento (Pinto et al., 2004).



## Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos

Semelhante ao descrito à classe dos Neossolos Quartzarênicos (não hidromórficos), são solos profundos ou medianamente profundos e essencialmente arenosos. A versão hidromórfica dos Neossolos Quartzarênicos diferencia-se dos demais (da Subordem dos Neossolos Quartzarênicos - não hidromórficos) pela presença do lençol freático elevado durante grande parte do ano e, portanto, de drenagem imperfeita ou má. Em conseqüência, ao horizonte A de coloração escura, rico em matéria orgânica, segue-se um horizonte C de cores acinzentadas, geralmente com mosqueados. São solos de baixa fertilidade natural, pois são ácidos, Distróficos, com baixos valores de soma e saturação por bases e, geralmente, apresentam saturação por alumínio alta no horizonte A, diminuindo no horizonte C. A CTC desses solos é elevada no horizonte superficial, devido à matéria orgânica presente, mas a soma e saturação por bases são baixas, reduzindo ainda mais em profundidade (Tabela 6.10).

Devido ao relevo plano, à presença do lençol próximo ou cobrindo a superfície do solo e à baixa fertilidade natural, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos não devem ser utilizados para fins agrícolas. Quando drenados, tornam-se muito suscetíveis à erosão eólica em função da fraca estrutura e consistência, que até mesmo provoca desmoronamentos nos valos de drenagem (Klamt et al., 1985). Normalmente, são encontrados com pastagens nativas muito pobres.

### Ambiente de ocorrência

Ocorrem próximos às margens das lagoas e rios das planícies costeiras nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Neste, são bem mais extensos em área comparativamente aos de Santa Catarina, onde não chegam a formar unidades simples nos levantamentos de solos disponíveis da região, e sim, associações ou inclusões com os Neossolos Quartzarênicos não hidromórficos (Pinto et al., 2004). No Brasil, os Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos são pouco expressivos em extensão, distribuindo-se nas bordas das veredas e em alguns cursos d'água.

## REFERÊNCIAS

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G. de; MADEIRA NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.



BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (DNPEA. Boletim Técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do sul do Estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro, 1971. 839 p. (DNPEA. Boletim Técnico, 18).

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, jan./abr. 1987.

COELHO, M. R.; SANTOS, H. G. dos; SILVA, E. F. da; AGLIO, M. L. D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 1-11.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**: 5. aproximação. Goiânia: UFG: EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 29-61.

CURI, N.; LOPES, A. S. Difficulties in the application of soil taxonomy in Brazil and the brazilian experience with building up oxisols fertility. In: INTERNACIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP: CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLS, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1988. Part 1, p. 231-235.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 101 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988. 54 p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 3).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da margem direita do rio Paraná, Estado de Goiás**. Rio de Janeiro, 1983. 503 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 23).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, 1978. 455 p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 53).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Mapa de solos do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. **Programa e resumos...** Porto Alegre: SBCS, 1991. p. 264.



- EMBRAPA SOLOS. **Mapa digital de solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html>>. Acesso em: 15 dez. 2003.
- EMBRAPA SOLOS. **Zoneamento pedoclimático do Rio Grande do Sul para a cultura do arroz irrigado**. Rio de Janeiro, 2000. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos 20).
- EMBRAPA SOLOS. **Mapa de solos do Estado de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html>>. Acesso em 15 dez. 2002. Escala 1:250.000.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2. ed. Washington, 1999. 869 p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).
- FAO. **World reference base for soil resources**. Roma, 1998. 88 p. (FAO. World Soil Resources Reports, 84).
- GOMES, J. B. V. **Solos do bioma cerrado**: análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos e macro e micromorfologia. 2002. 122 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- IBGE. Departamento de Cartografia. Sistema de Projeção Policônica. **Malha municipal digital do Brasil – situação em 2001**. Rio de Janeiro, 2003. Escala 1:2.500.000.
- IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Sistema de Coordenadas Geográficas. **Mapa digital de vegetação atual do Brasil**. Rio de Janeiro, 1992. Escala 1:10.000.000.
- KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W. de; CARVALHO FILHO, A. Cerrado: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31.
- KLAMT, E.; KÄMPF, N.; SCHNEIDER, P. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 43 p. (Boletim Técnico de Solos, 43).
- MORAES, J. F. V. **Effect of phosphate on zinc adsorption on aluminum and iron hydrous oxides and in soils**. 1982. 142 f. Tese (Doutorado em Solos) - University of California, Riverside.
- MORAES, J. F. V. Solos. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 88-115.
- OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.
- PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz Irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.



RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORREGA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa, MG: NEPUT, 1995. 304 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo**: interações e aplicações. Brasília, DF: MEC; Lavras: ESAL ; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81 p.

SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, set./dez. 1994.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283-315.

VALE do Javaés/Formoso: a mesopotâmia tocantinense. **Centro-Norte Agronegócios**, Palmas, v. 1, n. 1, p. 42-43, ago. 2003.



# Características Morfofisiológicas da Planta Relacionadas à Produtividade

*Beatriz da Silveira Pinheiro*

**RESUMO** - O grande contraste entre os dois ecossistemas, várzeas e terras altas, em que se cultiva arroz no Brasil, tem ocasionado variações nas características da planta, conferindo adaptação às cultivares. Apesar de os processos fisiológicos não diferirem de um ambiente para o outro, podem ser otimizados no ecossistema várzeas, sob o sistema de cultivo irrigado, levando a grandes diferenças de produtividade. A conceituação de ideotipo, com base no estudo das características morfológicas e fisiológicas determinantes da produtividade, tem sido aplicada a várias culturas e a planta de arroz irrigado beneficiou-se particularmente desse conceito. A chamada "Revolução Verde", resultante da drástica alteração do tipo de planta do arroz irrigado do grupo Indica, praticamente dobrou o potencial produtivo da cultura na Ásia tropical e expandiu-se a outros continentes, inclusive sob clima sub-tropical e temperado. As tentativas de estabelecer um novo ideotipo para romper o patamar de produtividade estabelecido pela IR 8, ainda não teve o sucesso desejado e possivelmente só venha ser atingido com modificações mais drásticas sobre os processos fisiológicos. Para o sistema de cultivo sequeiro, dadas as peculiaridades climáticas prevaletentes no ecossistema terras altas, o risco advindo da deficiência hídrica fez com que, no passado, maior ênfase fosse colocada sobre a resistência à seca e estabilidade de produção, do que sobre o potencial produtivo, propriamente dito. Dessa forma, as cultivares de tipo de planta tradicional, do grupo Japonica tropical, foram amplamente utilizadas para abertura dos Cerrados no Brasil. Com a migração da fronteira agrícola para regiões favorecidas quanto à distribuição pluvial, novas cultivares de tipo de planta melhorado, resultantes de cruzamento entre os grupos Japonica tropical e Indica, foram adotadas com sucesso e tiveram grande impacto sobre a produtividade média do cultivo a partir de meados da década de 90. Neste capítulo são discutidas as implicações do tipo de planta na produtividade da cultura, enfocando as principais características morfológicas e fisiológicas, bem como alguns parâmetros climáticos.

## IIINTRODUÇÃO

A produção de arroz no Brasil provém tanto de várzeas sistematizadas e condições ótimas, quanto à disponibilidade de água, como de terras altas, em solos oxissolos bem drenados, onde a cultura depende exclusivamente das chuvas para o desenvolvimento dos



processos fisiológicos determinantes da produção. O grande contraste entre esses dois ecossistemas faz com que ocorram variações nas características que vão conferir adaptação às cultivares. Apesar de que os processos fisiológicos não vão diferir de um ambiente para o outro, podem ser otimizados no ecossistema várzeas, sob o sistema de cultivo irrigado por inundação, levando a grandes diferenças de produtividade. Assim, um genótipo adaptado a esse sistema de cultivo pode atingir até 12 t de grãos ha<sup>-1</sup>, enquanto um genótipo sob o sistema de sequeiro, mesmo em condições ótimas, não ultrapassa de 6 - 7 t ha<sup>-1</sup>.

O estudo das características morfológicas e fisiológicas determinantes da produtividade tem levado à conceituação do ideotipo para várias culturas, e o arroz irrigado beneficiou-se particularmente desse conceito. A chamada "Revolução Verde", resultante da drástica alteração do tipo de planta do arroz irrigado, praticamente dobrou o potencial produtivo da cultura na Ásia tropical e expandiu-se a outros continentes, inclusive sob clima sub-tropical e temperado. Atualmente, a pesquisa busca superar o patamar de produtividade do arroz irrigado, através de um novo tipo de planta, mas ainda não obteve o sucesso desejado. No ecossistema terras altas no Brasil, o risco advindo da deficiência hídrica fez com que maior ênfase fosse colocada, no passado, sobre a resistência à seca e à estabilidade de produção, do que sobre o potencial produtivo propriamente dito. Contudo, a migração do cultivo para áreas de menor risco climático, associada à preferência do consumidor por grão longo fino, levou a uma mudança do ideotipo e das prioridades do programa de melhoramento. Atualmente, novas cultivares de arroz de terras altas, de alto potencial produtivo, estão disponíveis tanto para as regiões brasileiras consideradas favorecidas quanto à distribuição pluvial, quanto para sistemas sob irrigação suplementar. As implicações das características morfológicas e fisiológicas na determinação da produtividade, sob diferentes sistemas de cultivo, serão examinadas no presente capítulo.

## **FASES DE DESENVOLVIMENTO DA PLANTA DE ARROZ**

O ciclo de vida da planta de arroz pode ser dividido em três fases distintas (Vergara et al., 1969; Vergara, 1970): fase vegetativa; fase reprodutiva; e fase de maturação.

210

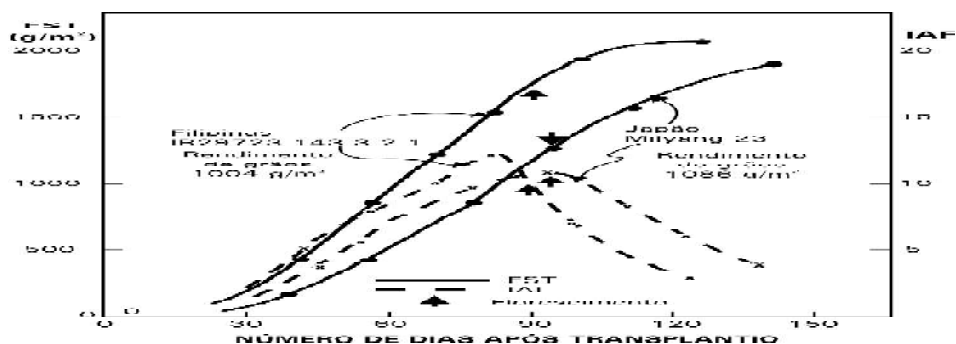
A fase vegetativa corresponde ao período compreendido entre a germinação da semente e a iniciação da panícula. É modificada pela temperatura e pelo fotoperíodo, o que permite sua divisão em fase vegetativa básica, ou basal, e fase sensível ao fotoperíodo. Diferenças



varietais na duração do crescimento devem-se basicamente a diferenças na fase vegetativa (Tanaka et al., 1964; Vergara et al., 1969; Vergara, 1970). A emissão de perfilhos e a diferenciação das folhas ocorre nessa fase. O número máximo de perfilhos coincide com o início da diferenciação de panículas em cultivares de ciclo curto, enquanto em cultivares de ciclo longo se prolonga pela fase reprodutiva.

A fase reprodutiva, que vai da iniciação da panícula ao florescimento, tem duração relativamente constante de cultivar para cultivar, requerendo normalmente 35 dias em condições tropicais (Vergara, 1970). O processo de desenvolvimento da panícula, em nível citológico, foi dividido por Matsushima (1975), em 25 estádios. Essa divisão foi simplificada pelo mesmo autor, para sua aplicação prática. Dessa forma, são reconhecidos dois períodos, o de formação da panícula jovem, que vai da determinação da primeira bráctea ao estágio final de diferenciação de espiguetas, e o de gestação da panícula, que finaliza com a maturação do grão de pólen. Este último período, etapa crucial do desenvolvimento reprodutivo, é dividido em quatro subperíodos: de diferenciação da célula-mãe do pólen; de divisão da célula-mãe do pólen (meiose); de formação da exina; e de maturação do pólen (Tabela 7.1).

**Tabela 7.1.** Duração do processo de diferenciação da estrutura reprodutiva em plantas de arroz.



Fonte: Adaptada de Matsushima (1975).

A panícula jovem torna-se visível a olho nu como uma estrutura cônica, plumosa, medindo de 0,5 a 1,5 mm, cerca de dez dias após sua diferenciação (Fernandez et al., 1985). Contudo, como essa estrutura em desenvolvimento encontra-se envolvida pela bainha das folhas, sua observação só é possível mediante dissecação do colmo (Vergara, 1970). O alongamento dos entrenós normalmente tem início com a diferenciação da panícula e ocorre apenas nos quatro últimos





entrenós. O alongamento do último entrenó, o qual subtende a inflorescência, determina a emergência da panícula (Fernandez et al., 1985). A emergência da panícula dá início ao período de florescimento, em que ocorrem os processos de abertura de flores, polinização e fertilização.

De acordo com Chandraratna (1964) a panícula, em condições normais, completa sua emissão em três dias. O florescimento tem seu pico do 2º ao 4º dia após a emergência. No intervalo que precede a abertura da espiguetas, os filetes alongam-se rapidamente, pressionando as anteras contra a porção superior da espiguetas. A deiscência da antera ocorre em sincronia com a abertura da espiguetas, mas pode também precedê-la ou segui-la. O pólen pode perder sua viabilidade cinco minutos após a deiscência, bem como permanecer viável por até 50 h. Ainda de acordo com Chandraratna (1964), o intervalo entre a iniciação da panícula e a sua emissão representa a fase mais vulnerável do ciclo da planta de arroz, em que esta exibe a mais alta sensibilidade aos fatores adversos de ambiente.

A fase de maturação, etapa final do ciclo de vida da planta, vai do florescimento à maturação dos grãos; tem uma duração de 30 a 35 dias e subdivide-se em estágio de grão leitoso, ceroso e maduro (Vergara, 1970).

O processo de crescimento da planta de arroz exibe variações quanto ao padrão de absorção de nutrientes e metabolismo, durante as várias fases de desenvolvimento (Murayama, 1995). Na fase vegetativa, os nutrientes, incluindo N, P, K e S são absorvidos ativamente, enquanto fotoassimilados são produzidos e proteínas são sintetizadas de forma a sustentar os processos de perfilhamento e de expansão foliar (Tabela 7.2).

Durante a fase reprodutiva, caracterizada pelo desenvolvimento do primórdio da panícula e alongamento do caule, os fotoassimilados são transformados em componentes da parede celular, como lignina e celulose. Os fotoassimilados em excesso são armazenados nos colmos e bainhas na forma de amido. Na fase de maturação, a morfogênese da planta já se completou e os fotoassimilados acumulam-se nas panículas na forma de amido. À medida que esse processo avança, os carboidratos, proteínas e minerais acumulados nas folhas movem-se para as panículas e a planta torna-se senescente (Tabela 7.2).



**Tabela 7.2.** Processos, principais compostos orgânicos e nutrientes envolvidos no crescimento, durante as três fases do ciclo de vida da planta de arroz.

	Fase vegetativa	Fase Reprodutiva	Fase de maturação
Processos envolvidos	Emergência de perfilhos e folhas	Desenvolvimento do primórdio da panícula, alongamento dos entrenós	Enchimento de grãos, senescência da raiz e parte aérea
Compostos orgânicos	Proteínas	Celulose e lignina; amido	Amido
Nutrientes	N, P, K e S	Mg, Ca e S	Translocação de N,P, S e Mg para panículas

Fonte: Adaptada de Murayama (1995).

### Fases do desenvolvimento baseadas em critério morfológico

As fases de desenvolvimento da planta de arroz, descritas anteriormente, são amplamente utilizadas na literatura, mas devido a sua longa duração, não permitem estabelecer um referencial confiável para comparação de dados entre ensaios. Counce et al. (2000), propuseram um método preciso de determinar o estágio da planta de arroz com base em critério morfológico bem definido.

Na sua proposta, a fase de plântula é separada da fase vegetativa, e a fase de enchimento de grãos é considerada como parte da fase reprodutiva. A fase de plântula é composta de quatro estádios de crescimento, enquanto a fase vegetativa é composta de um número variável de estádios, i.e., 1 a n, em que n corresponde ao número total de folhas do colmo principal. Já a fase reprodutiva se subdivide em dez estádios. Na Tabela 7.3 encontra-se a relação desses vários estádios, com uma breve descrição do critério para sua diferenciação.

É importante observar que os eventos morfológicos ocorrem sincronizados e sequencialmente, de forma que vários estádios se justapõem, quando se consideram os vários perfilhos/panículas da mesma planta ou os grãos de uma mesma panícula. Dessa forma, uma planta desenvolve simultaneamente, vários estádios ao mesmo tempo.



**Tabela 7.3.** Descrição de eventos e marcadores morfológicos relativos às fases e estádios de desenvolvimento da planta de arroz, de acordo com a classificação de Counce et al. (2000).

Fase de desenvolvimento	Estádio	Marcador morfológico/Descrição do evento no colmo principal	Eventos concomitantes no mesmo colmo
Plântula	S0	Semente seca	
	S1	Emergência do coleoptilo	
	S2	Emergência da radícula	
	S3	Emergência do perfilo do coleoptilo	
Vegetativo	V1	Formação do colar da primeira folha no colmo principal	
	V2	Formação do colar da segunda folha no colmo principal	Formação das raízes nodais V2 a R0
	V3	Formação do colar da terceira folha no colmo principal	
	V4	Formação do colar da quarta folha no colmo principal	Processo de perfilhamento V3 a Vn, podendo ir até R9
	Vn	Formação da n folha (folha-bandeira) no colmo principal	
	R0	Início do desenvolvimento da panícula	V9 a V10
	R1	Diferenciação da panícula	Formação das ramificações e diferenciação da lema e da pálea V11 a V12
	R2	Formação do colar da folha-bandeira	Microsporogênese e emborrachamento V13
	R3	Emissão da panícula na bainha, ponta acima do colar	Alongamento do pedúnculo R2
Reprodutivo	R4	Antese: um ou mais floretes da panícula em antese	Polinização R3
	R5	Expansão do grão em comprimento e largura: ao menos uma cariopse da panícula do colmo principal apresenta alongamento	Crescimento da cariopse R4
	R6	Expansão do grão em espessura: ao menos uma cariopse da panícula do colmo principal preencheu completamente a casca	Enchimento dos grãos, estágio de grão leitoso R5;
	R7	Secarimento do grão: ao menos um grão do colmo principal apresenta-se com pericarpo amarelo	Enchimento dos grãos, estágio ceroso e massa dura; R6
	R8	Maturação do grão: ao menos um grão do colmo principal apresenta-se com pericarpo marrom	Grãos secos, maturidade fisiológica R7;
	R9	Completa maturidade da panícula: todos os grãos apresentam-se com pericarpo marrom	Mudanças pós-colheita; R8

Fonte: Adaptada de Counce et al. (2000).

## CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

214

### Classificação botânica e morfologia

A espécie *Oryza sativa* é uma Monocotiledônea da família Poaceae, de acordo com a classificação de Cronquist (1988). Como tal,



caracteriza-se por possuir caules ocos, flores reduzidas de cor verde e aquênios especializados, ou cariopses, como frutos.

Embora não se pretenda fazer uma revisão da morfologia da planta de arroz, descrita em detalhe por Chang & Bardenas (1965), e adaptada para o Português por Fageria (1984), com base nessa literatura, pode-se descrever, resumidamente, a planta de arroz, quanto às suas principais características morfológicas, da seguinte forma:

### Raiz

A raiz seminal, ou radícula, surge da coleorriza logo após o seu aparecimento e é seguida por uma ou duas raízes seminais secundárias, todas elas desenvolvendo raízes laterais. Persistem apenas por um curto período de tempo após a germinação, sendo logo substituídas pelo sistema secundário de raízes adventícias. Estas são produzidas a partir de nós inferiores dos caules jovens. São fibrosas, possuindo muitas ramificações e pêlos radiculares.

### Folha

A folha primária, surgida do coleoptilo, difere das demais por ser cilíndrica e não apresentar lâmina. A segunda folha, e todas as demais, são dispostas de forma alternada no colmo, surgindo a partir de gemas situadas nos nós. A porção da folha que envolve o colmo denomina-se bainha. A porção pendente da folha é a lâmina. Na junção dessas duas partes situa-se o colar, do qual emergem dois pequenos apêndices em forma de orelha, sendo por essa razão denominados de aurículas, e uma estrutura membranosa em forma de língua, denominada lígula. A partir do colmo principal originam-se de 8 a 14 folhas, dependendo do ciclo da cultivar. A última folha a surgir em cada colmo denomina-se folha-bandeira. Variedades diferem quanto ao seu comprimento, largura, ângulo de inserção, pubescência e cor. Essas características são de grande relevância na caracterização e descrição varietal.

### Caule

O caule da planta de arroz é composto por um colmo principal e um número variável de colmos primários e secundários, ou perfilhos. Durante o período vegetativo, um perfilho é visualizado como uma estrutura composta de folhas e gemas axilares. O caule propriamente



dito encontra-se na base do perfilho, sendo visível mediante dissecação, como um conjunto de nós. Somente no período reprodutivo da cultura é que os nós se distanciam devido ao alongamento dos entrenós, permitindo a sua visualização.

As características dos entrenós, tais como comprimento, diâmetro e espessura, determinam a resistência ao acamamento. A cor dos nós e entrenós, o número de perfilhos e o seu ângulo são importantes características de descrição varietal.

### Panícula

A inflorescência determinada da planta de arroz denomina-se panícula. Localiza-se sobre o último entrenó do caule, erroneamente considerado como um pedúnculo, e é subtendida pela folha-bandeira. É composta pela ráquis principal, que possui nós dos quais saem as ramificações primárias que, por sua vez, dão origem às ramificações secundárias de onde surgem as espiguetas. Estas são formadas por dois pares de brácteas ou glumas. O par inferior é rudimentar, sendo suas glumas denominadas de estéreis. As glumas do par superior denominam-se pálea e lema e contém no seu interior a flor propriamente dita, composta por um pistilo e seis estames. O pistilo contém um óvulo. A lema pode ter uma extensão filiforme denominada arista, que é um importante descritor varietal.

### Grão

É formado pelo ovário fecundado, contendo uma única semente aderida às suas paredes (pericarpo), envolvida pela lema e a pálea. Estas, juntamente com as glumas estéreis e estruturas associadas, formam a casca. O grão sem casca denomina-se cariopse. Um diagrama do grão de arroz encontra-se no capítulo 23 deste livro.

### Raças ou grupos eco-geográficos

A literatura aponta para a existência de diferenças varietais no que se refere às características morfológicas e serológicas e à fertilidade dos híbridos intervarietais. De acordo com Chang & Bardenas (1965), Kato e colaboradores, em 1928, classificaram o arroz cultivado em duas subespécies, *Indica* (hsien) e *Japonica* (keng); posteriormente, na década de 50, outros pesquisadores japoneses, adicionaram a subespécie *Javanica* a essa classificação, para incluir



os ecotipos bulu e tongil da Indonésia. Oka (1958), citado por Glaszmann (1987), postulou que os grupos *Japonica* e *Javanica* podem ser considerados, respectivamente, como os componentes de clima temperado e tropical de um único grupo varietal.

As características dos três grupos varietais foram descritas por Chang & Bardenas (1965):

*Indica* - Folhas largas de cor verde-claro; perfilhamento profuso e estatura alta; tecidos com consistência macia. Grãos finos, com pêlos curtos na lema e pálea; na maioria das vezes não apresentam arista e degranam facilmente. Sensibilidade variável ao fotoperíodo.

*Japonica* - Folhas estreitas de cor verde-escuro; médio perfilhamento e baixa estatura; tecidos de consistência dura. Grãos curtos e redondos, pêlos densos e longos na lema e pálea; arista ausente ou longa; baixo degrane. Sensibilidade variável ao fotoperíodo.

*Javanica* - Folhas largas, rígidas, de cor verde-claro; baixo perfilhamento e alta estatura; tecidos de consistência dura. Grãos largos e espessos, pêlos longos na lema e pálea; arista ausente ou longa; baixo degrane. Baixa sensibilidade ao fotoperíodo.

Chang & Bardenas (1965) previam que essa classificação morfofisiológica fosse gradativamente perder seu significado; contudo, ganhou renovado interesse após os estudos realizados por Glaszmann et al. (1984) e Glaszmann (1987), que utilizaram a variação enzimática detectada através de análise eletroforética para investigar a estrutura genética da espécie. Foi estabelecida a existência de seis grupos varietais, com predominância dos grupos I e VI, os quais apresentam grande complementaridade com a classificação morfofisiológica. Já os grupos II, III, IV e V constituem um "pool" alternativo de genes aos grupos I e VI, sugerindo um padrão de evolução diferenciado.

O Grupo I corresponde ao grupo *Indica*, compreendendo o arroz irrigado de clima tropical. Esse grupo está disseminado por toda a Ásia tropical e domina o sul do continente indiano. Em Bangladesh, corresponde ao ecotipo aman; no sudeste da Ásia Continental, engloba todas as variedades irrigadas; na Indonésia, corresponde ao ecotipo tjereh e, na China, ao ecotipo hsien.

O Grupo VI corresponde à soma dos grupos *Japonica* e *Javanica*, confirmando o postulado por Oka (1958), citado por



Glaszmann (1987), de que são um mesmo grupo varietal. É dominante em regiões de clima temperado e em áreas elevadas do sudeste e sul da Ásia. Inclui os ecotipos bulu de Java e Bali, a maioria dos tipos cultivados em sistema de sequeiro do sudeste da Ásia, o ecotipo keng da China e os genótipos tradicionais do Japão e da Coréia.

Glaszmann (1988), estudando o padrão de distribuição geográfica desses mesmos grupos varietais, observou que o tipo I é altamente polimórfico, o que pode ser resultado de uma origem difusa de uma população selvagem, e de significativa introgressão de arrozos simpátricos e daninhos. Em contraste, o grupo VI é menos polimórfico e a sua diversidade parece ser mais intensa nas regiões elevadas do sudeste da Ásia continental. Isso sugere que o grupo VI pode ter tido origem nessa região e daí se disseminado para o leste, oeste e sul. Estudando caracteres quantitativos e qualitativos, Jacquot & Arnaud (1979) verificaram grande semelhança dos arrozos de sequeiro africano com os asiáticos e sul-americanos. Foram classificados como grupos G3 e G4 e mostraram muita similaridade fenotípica com o grupo *Javanica*. A confrontação da classificação morfológica e enzimática (Glaszmann et al., 1984), confirmou essa similaridade. Com base nas evidências da classificação enzimática, neste capítulo consideraremos a existência de dois grandes grupos, *Indica* e *Japonica*, especificando como *Japonica* tropical o antigo grupo *Javanica*.

Estudos recentes, com a utilização de marcadores moleculares, indicou que as cultivares do grupo *Japonica* apresentam uma maior diversidade genética nos cromossomos 6 e 7, e uma diversidade consideravelmente menor no cromossomo 2, em comparação com o grupo *Indica* (Ni et al., 2002).

### Diferenças morfológicas entre arroz irrigado e de sequeiro

Chang & Bardenas (1965) consideram que não existe critério, morfológico ou fisiológico, que possa diferenciar o arroz com base no ecossistema a que estão adaptados, várzeas ou terras altas. Ao estudar a evolução e diversificação de arrozos asiáticos e africanos, Chang (1976) postulou que a ampla dispersão do genoma asiático levou à formação das três raças eco-geográficas, bem como ao surgimento das várias formas de cultivo da cultura. De acordo com O'Toole & Chang (1979), o arroz tradicionalmente cultivado sob o sistema de sequeiro evoluiu do arroz irrigado há algumas centenas de anos, através de pressão exercida pelo



homem, ao deslocar-se de áreas baixas de várzeas para locais mais elevados. Contudo, sabe-se que a pressão natural de seleção exercida no ecossistema terras altas induziu a alterações e adaptações, especialmente no hábito de crescimento radicular. De acordo com Yoshida & Hasegawa (1982), de uma maneira geral, as cultivares tradicionais de sequeiro apresentam raízes longas e espessas, enquanto as semi-anãs, finas e fibrosas. Normalmente, a maior relação raiz-parte aérea está relacionada a uma maior proporção de raízes espessas. Além disso, o trabalho dos melhoristas levou à exploração das diferenças entre grupos varietais e, conseqüentemente, dos seus atributos morfológicos, no sentido de melhor adaptar os materiais a cada ambiente.

As cultivares de arroz irrigado em uso no Brasil pertencem ao grupo *Indica*, ou Grupo I da classificação de Glaszmann (Glaszmann, 1988). São, na maioria dos casos, seleções locais de coleções de linhagens introduzidas dos programas do International Rice Research Institute (IRRI), nas Filipinas, e do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), na Colômbia, ou produto de cruzamentos entre essas mesmas linhagens. Por sua vez, as cultivares tradicionais de arroz de sequeiro do Brasil pertencem ao grupo *Japonica* tropical ou Grupo VI, da classificação de Glaszmann. Contudo, desde meados da década de 90, os novos lançamentos são produto de hibridizações entre os grupos *Indica* e *Japonica* tropical, para obter cultivares com tipo de planta melhorado e tipo de grão similar ao dos genótipos comerciais de arroz irrigado.

Assim, a introgressão de genes de um grupo em outro está criando tipos derivativos, em termos morfológicos e enzimáticos, e levando a uma gradativa perda da identidade dos mesmos. Adicionalmente, hibridizações voltadas para ampliar a base genética das cultivares comerciais, tem levado à mescla de atributos das espécies do gênero *Oryza*, como *O. glumaepatula* (Brondani et al., 2001, 2002), *O. rufipogon* (Xiao et al., 1996) e *O. glaberrima* (Defoer et al., 2004).

O cruzamento interespecífico de *O. sativa* com *O. glaberrima*, de origem africana, levou à criação de um novo grupo de genótipos, os NERICA (abreviatura de "new rice plant type for Africa"). Este trabalho é considerado como um marco para o melhoramento do arroz nesse continente, pois permitiu o desenvolvimento de cultivares comerciais rústicas, tolerantes a estresses bióticos e abióticos e, por





isso mesmo, de grande potencial para aumentar a produção em ambientes desfavoráveis (Defoer et al., 2004).

## **CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS**

Da mesma forma que a morfologia, a fisiologia da planta de arroz não será examinada em detalhe no presente capítulo, abordando-se apenas alguns aspectos selecionados. Na literatura internacional, várias revisões são voltadas ao assunto, dentre as quais destacamos Ishizuka (1971), Yoshida (1972, 1983), Murata & Matsushima (1975) e, mais recentemente, Matsuo et al. (1995). Na literatura disponível em Português, recomenda-se consultar Fageria (1984, 1989), Ferraz (1987) e Akita (1995).

Os processos fisiológicos essenciais que controlam a produção econômica dos cereais são a atividade fotossintética, a área total das folhas e a partição dos produtos da fotossíntese para os grãos (Boyer & McPherson, 1976). A relevância desses processos para a determinação da produtividade, nos sistemas de cultivo irrigado, em várzeas, e de sequeiro, com ou sem irrigação suplementar, será examinada a seguir.

### **Fotossíntese e processos associados**

A fotossíntese diária é a base para a determinação da taxa de crescimento da cultura e, conseqüentemente, do acúmulo de fitomassa. A radiação solar impõe limite à fotossíntese total e conseqüentemente à produtividade atingida pela cultura (Loomis & Williams, 1963). A taxa máxima de fotossíntese observada em arroz, uma espécie C-3, de 47 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> à 25°C, é menor do que a de gramíneas C-4, como o milho, o milheto e o sorgo, entre 60 e 70 kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, mas similar à de trigo e soja, de acordo com dados compilados por Penning de Vries et al. (1989). Entretanto, espécies C-3 normalmente apresentam melhor performance do que as C-4 em temperaturas baixas (abaixo de 15°C). A redução da eficiência quântica da fotossíntese é de 5% para cada 4°C de aumento na temperatura, enquanto a taxa de respiração aumenta em 30%, indicando que a respiração desempenha um papel dominante negativo.

A fotorespiração induzida por O<sub>2</sub> em espécies C-3 eleva o requerimento de energia para reduzir uma molécula de CO<sub>2</sub> de 12 para 15 quanta (Penning de Vries et al., 1989). Akita et al. (1990)



encontraram valores de 17 quanta para plantas de arroz entre 25 - 30°C. Experimentos de simulação indicam que a supressão da fotorespiração em arroz poderia causar acréscimos de produtividade de 6 a 9% (Penning de Vries et al., 1991). Contudo parece extremamente remota a possibilidade de incorporar características C-4 em arroz. Outro processo relacionado que reduz a eficiência de fixação de carbono é a respiração de manutenção, que consome cerca de 24% do carbono fixado. Penning de Vries & Spitters (1990) estimam que a redução de 10% dessa respiração aumentaria a produção de grãos em 5%.

Parece haver consenso entre pesquisadores na área de simulação que a respiração de crescimento não pode ser aumentada, pois é um complemento da eficiência de conversão de assimilados em fitomassa seca, que é bastante alta (Penning de Vries et al., 1991). Produzir 1 kg de grãos de arroz requer 1,4 kg de fotoassimilados e libera 0,3 kg de CO<sub>2</sub> (Penning de Vries et al., 1983).

Sabe-se que a fixação de CO<sub>2</sub> pelas panículas de arroz é pequena, quando comparada com a de outros cereais. O estudo de Machado et al. (1990), com duas cultivares nacionais, obteve valores entre 9 e 13%. De acordo com os mesmos autores, o balanço de carbono nas panículas foi nulo, apenas compensando as perdas respiratórias à luz.

### **A área foliar e suas implicações sobre a produção de fitomassa e de grãos**

A análise de crescimento provê uma importante ferramenta ao estudo das limitações à produção e as formas usualmente utilizadas para expressá-la tem por base a alteração da superfície foliar e da fitomassa seca. As formas mais usuais de expressar a área foliar são: o índice da área foliar (IAF), que se refere à relação entre a superfície foliar e a superfície do terreno (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) e a duração da área foliar (DAF), que é a integral da área foliar no tempo (dia).

A partir do clássico estudo de Watson (1952), concluiu-se que a variação da área foliar e a sua duração são os principais responsáveis para a variação da produção; a variação na taxa de assimilação líquida seria de menor importância. Assim, o IAF foi utilizado extensivamente na análise da produção de fitomassa seca. Contudo, Loomis & Williams (1963), posteriormente, demonstraram



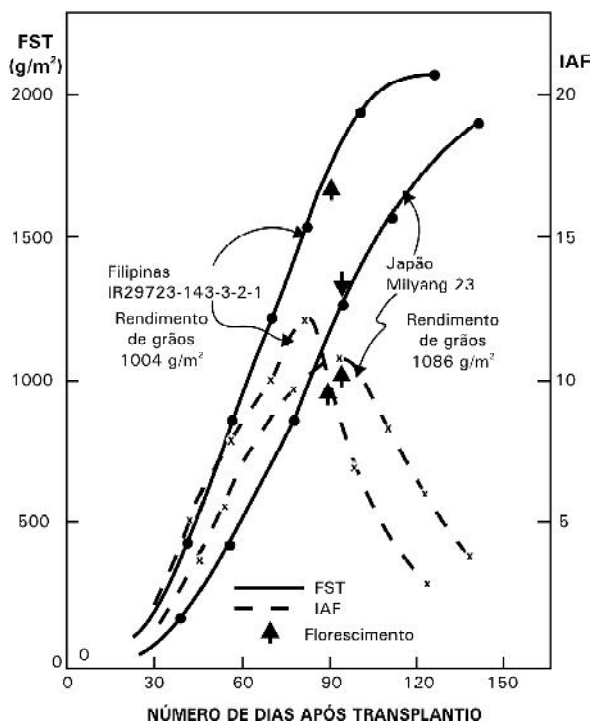
que a taxa fotossintética da folha é um importante determinante da taxa de crescimento da cultura.

Penning de Vries et al. (1989) apontam que os fatores da folha mais importantes para a fotossíntese são a curva de resposta à luz, a radiação interceptada e sua distribuição na copa vegetal. De acordo com a ampla revisão de literatura feita por Yoshida (1972) sobre os aspectos fisiológicos da produção das culturas, a interceptação da luz pela copa é fortemente influenciada pelo tamanho e forma da folha, ângulo e orientação azimutal, separação vertical, arranjo horizontal, além da absorção pela estrutura não-foliar. A ótima arquitetura da planta, no que se refere à distribuição de luz para a máxima fotossíntese, varia com as condições climáticas, em especial o ângulo de incidência da luz e a proporção entre luz direta e luz difusa.

De acordo com a equação desenvolvida por Monsi & Saeki (1953), citados por Murata & Matsushima (1975), a distribuição de luz em uma comunidade vegetal é determinada pelo IAF e pelo coeficiente de extinção que, por sua vez, é determinado pelo ângulo das folhas. Quanto menor o coeficiente de extinção, melhor a distribuição de luz e menor a saturação lumínica das folhas individuais. Dessa forma, explica-se por que a relação entre a área foliar e a produtividade cresce apenas até o ponto em que o sombreamento mútuo começa a reduzir a taxa fotossintética por unidade de área foliar, e que folhas eretas sejam o arranjo mais eficiente para a fotossíntese sob alto IAF.

O IAF varia de acordo com a fase de crescimento, apresentando seu máximo ao redor do florescimento, enquanto a fitomassa seca total (FST) apresenta uma variação similar ao IAF, até o florescimento. À partir daí, o IAF diminui devido à senescência das folhas, enquanto a FST segue crescendo até completar-se o processo de enchimento de grãos. Na Fig. 7.1, está ilustrada a variação desses dois parâmetros, para o caso do arroz irrigado, utilizando dados obtidos em clima tropical, durante a estação seca no IRRI, nas Filipinas e em clima temperado, no Japão. Foram observados valores máximos de IAF entre 10 e 12, e de FST entre 18 e 22 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a produtividade de grãos situou-se ao redor de 10 t ha<sup>-1</sup>. Os autores destacam que o crescimento e a produtividade de cultivares semi-anãs, durante a estação chuvosa nas Filipinas são, respectivamente, 25 e 40% menores que os observados na estação seca.

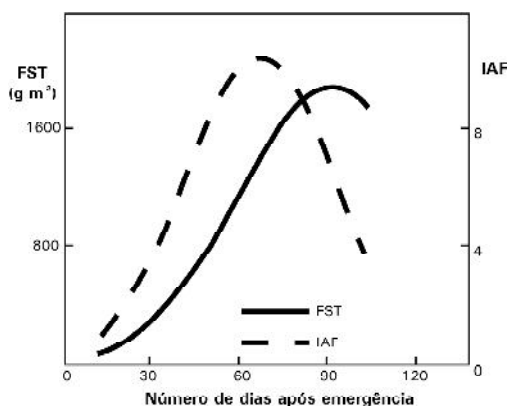




**Fig 7.1.** Evolução do índice de área foliar (IAF) e da fitomassa seca total (FST) do arroz irrigado, em clima tropical (Filipinas) e temperado (Japão).

Fonte: Adaptada de Akita et al. (1990).

Os valores máximos de IAF e de FST obtidos no sistema de cultivo de sequeiro sem irrigação suplementar são normalmente inferiores aos obtidos no sistema irrigado por inundação controlada. A Fig. 7.2, apresenta a variação do IAF e do FST para uma linhagem de terras altas de tipo de planta moderno, sob condições ótimas para crescimento.



**Fig 7.2.** Evolução do índice de área foliar (IAF) e da fitomassa seca total (FST) de uma cultivar moderna de arroz de sequeiro favorecido, no Centro-Oeste do Brasil.

Fonte: Adaptada de Stone & Pereira (1994a).

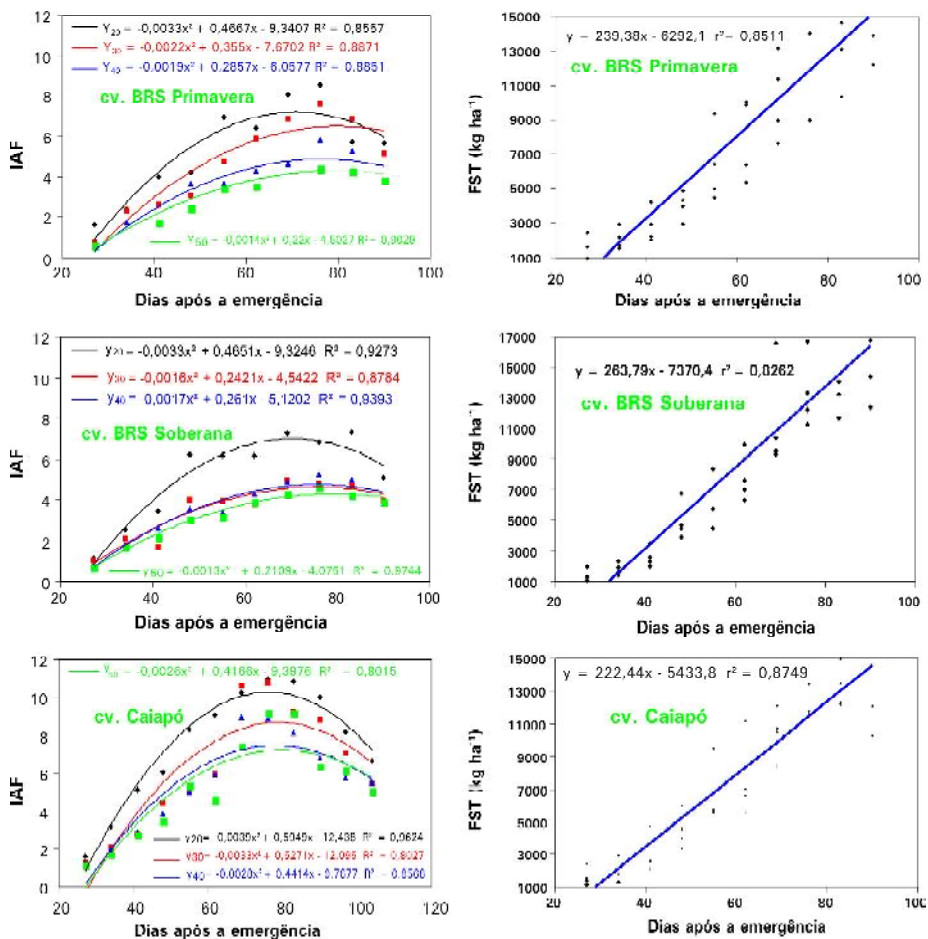


Yoshida (1972) aponta controvérsias na literatura no que se refere à existência de um IAF ótimo, definido como o valor sob o qual a taxa de crescimento da cultura atinge o seu máximo, reduzindo-se além desse ponto. Como o IAF é uma característica muito variável, pode ser amplamente alterado pela manipulação da época e densidade de semeadura, espaçamento entre as linhas de plantio e aplicação de fertilizantes. Assim, um objetivo do manejo é atingir um IAF adequado para obter a máxima produtividade.

Para o sistema de cultivo de sequeiro, Pinheiro & Guimarães (1990) obtiveram, para uma cultivar de tipo de planta tradicional, IAC 47, uma ampla variação do IAF, entre 1,5 e 8,3, em 13 experimentos de campo, em várias épocas de semeadura. A produtividade máxima, de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, foi obtida sob valores de IAF entre 4,5 e 6,3, associados à boa disponibilidade de água e radiação solar. Sob IAF entre 1,0 e 2,0, a produtividade foi inferior a 2 t ha<sup>-1</sup>; ao redor de 3 permitiu produtividades entre 2 e 3 t ha<sup>-1</sup>; superior a 5, resultou em acamamento e baixa eficiência de absorção de luz, especialmente quando associado a tempo encoberto.

Através da variação do espaçamento entre linhas e da fertilização, e utilizando cultivares de tipo de planta tradicional e moderno, Stone & Pereira (1994a), obtiveram valores de IAF entre 1,5 e 10,3, e de FST entre 6,5 e 18 t ha<sup>-1</sup>. Contudo, os altos crescimentos não se traduziram em altas produtividades, mesmo nas linhagens modernas, que se mantiveram ao redor de 3,5 t ha<sup>-1</sup>, devido à alta incidência de doenças (Stone & Pereira, 1994b). Para a cultivar Maravilha, lançada em 1996 para plantio em ambientes favorecidos quanto à disponibilidade hídrica (sequeiro favorecido), Stone et al. (1999) obtiveram produtividades de 5 t ha<sup>-1</sup>, em um IAF de 5 e FST de 10 t ha<sup>-1</sup>. Em estudo mais recente, Guimarães et al. (2003), utilizando Caiapó, de tipo de planta tradicional, e BRS Primavera e BRS Soberana, de tipo de planta moderno, sob espaçamentos de 0,20 a 0,50 m, observaram altos valores de IAF (entre 6 e 11) e FST (entre 12 e 15 t ha<sup>-1</sup>), para todas essas cultivares, em especial sob os espaçamentos menores (Fig. 7.3). Apesar da cultivar Caiapó ter apresentado maior taxa de crescimento da área foliar, além de maiores valores absolutos de IAF e FST em comparação com a BRS Primavera e a BRS Soberana, estas apresentaram maior taxa de crescimento da cultura (TCC), além de maior massa da matéria seca por unidade de área foliar (FST/IAF), conforme pode ser observado na Fig. 7.4.

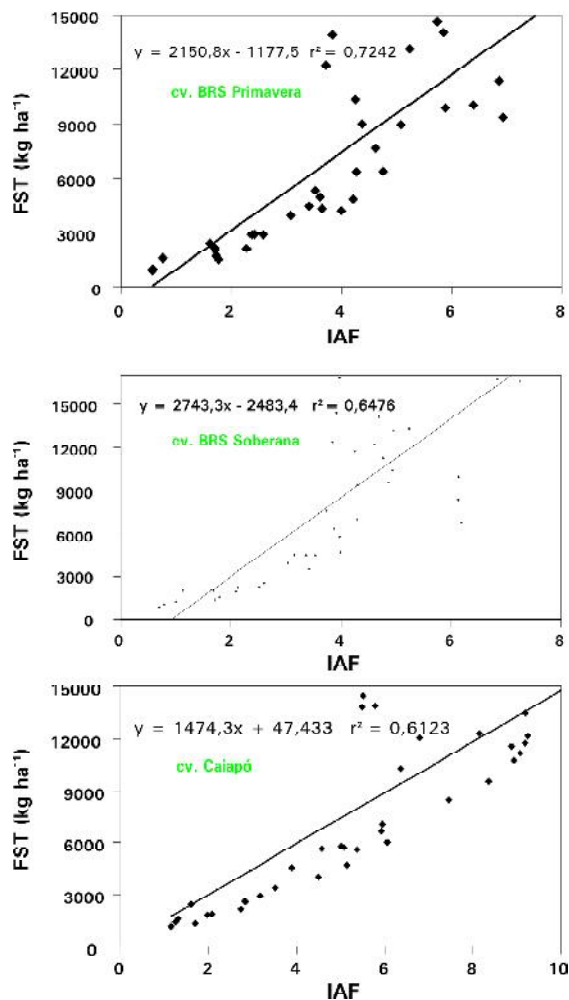




**Fig 7.3.** Índice de área foliar (IAF) e fitomassa seca total (FST) para as cultivares modernas, BRS Primavera e BRS Soberana, comparados com a cultivar tradicional Caiapó, sob diferentes espaçamentos.

Fonte: Adaptada de Guimarães et al. (2003).





**Fig 7.4.** Relação entre a fitomassa seca total (FST) e o índice de área foliar (IAF) para as cultivares modernas, BRS Primavera e BRS Soberana, em comparação com a cultivar tradicional Caiapó.  
Fonte: Adaptada de Guimarães et al. (2003).

### Partição de fotoassimilados para os grãos

A produtividade de grãos da cultura de arroz pode ser estimada pelo produto dos seus componentes, quais sejam: o número de panículas por unidade de área; o número de espiguetas por panícula; o percentual de fertilidade das espiguetas; e a massa média dos grãos (Tanaka et al., 1964; Matsushima, 1975).



De acordo com Matsushima (1975), o número de panículas é determinado basicamente durante o período logo após o transplântio até a fase de máximo perfilhamento; o número de espiguetas no período que vai dos 32 aos 5 dias que antecedem o florescimento; a fertilidade das espiguetas, da diferenciação do último entrenó do colmo até 35 - 40 dias após florescimento; a massa dos grãos, da diferenciação da ramificação secundária da raquis até 33 - 38 dias após o florescimento. Assim, é importante que todas as etapas de desenvolvimento decorram sob condições adequadas, promovendo o crescimento da superfície foliar e, conseqüentemente, o acúmulo de fitomassa. Por outro lado, de nada adianta uma boa produção de fitomassa se não houver um bom enchimento de grãos.

Apesar de a maioria dos fotoassimilados contidos nos grãos ser proveniente de fotossíntese realizada durante a fase de maturação, sabe-se que parte dos carboidratos acumulados na bainha da folha e no colmo antes do florescimento é translocado para a panícula (Yoshida & Anh, 1968). Dessa forma, o carboidrato contido nos grãos pode ser dividido em duas frações: aquela acumulada antes do florescimento (carboidrato de reserva) e aquela resultante da fotossíntese realizada após o florescimento.

Cock & Yoshida (1972) estimaram que 68% dos carboidratos armazenados na fase vegetativa é remobilizado para os grãos, 20% é consumido com respiração e 12% permanece nos órgãos vegetativos. Contudo, essa contribuição aparente pode variar de acordo com o ciclo da cultivar, pois genótipos de ciclo curto tendem a acumular pouco carboidrato durante a fase vegetativa, enquanto os de ciclo longo acumulam uma fração considerável (Vergara et al., 1966). Sabe-se que cerca de 25% dos carboidratos dos grãos de cultivares de ciclo longo provém das reservas, em contraste com 0 a 6% em cultivares de ciclo curto (Yoshida & Anh, 1968).

As condições culturais e ambientais também desempenham um papel nessa contribuição aparente. O nitrogênio tende a reduzi-la (Yoshida & Anh, 1968) e, sob altas doses, mais de 80% do carboidrato do grão provém da fotossíntese pós-florescimento. Sob deficiência hídrica, Reyniers et al. (1982) estimaram que as reservas podem contribuir com até 57% da produção de grãos.

Raissac (1992) observou variações na capacidade de cultivares de arroz de terras altas, tanto em armazenar quanto em remobilizar carboidratos. Sob condições de boa disponibilidade hídrica, a maior





parte dos carboidratos dos grãos originou-se de fotossíntese recente enquanto, sob deficiência hídrica, das reservas dos caules e bainhas. Segundo o mesmo autor, a utilização de reservas no enchimento dos grãos é um fenômeno meramente compensatório, ligado à incapacidade da fonte em satisfazer a demanda do dreno representado pela panícula, devido à características intrínsecas da cultivar ou ocasionado por estresses ambientais.

Yoshida (1972) indica que os termos produtividade biológica (PB) e produtividade econômica (PE) foram introduzidos por Nichiporovich, em 1954, significando, respectivamente, a fitomassa total produzida pela planta e a fitomassa com utilidade econômica. A relação entre a PB e a PE é denominada de índice de colheita (IC). No caso da cultura do arroz, e de cereais em geral, a PB é representada pela soma da massa de palha e de grãos, por ocasião da colheita, enquanto a PE é a massa de grãos, sendo usualmente referida na literatura como produtividade ou rendimento de grãos.

De acordo com Akita (1995), no processo de melhoramento de cultivares de arroz irrigado, o aumento da PE não foi devido ao aumento da PB e sim ao aumento do IC. Este aumento, por sua vez, relacionou-se com o aumento do número de espiguetas, proporcionando um aumento efetivo do dreno metabólico. A menor partição de fotoassimilados para o crescimento de órgãos vegetativos em cultivares semi-anãs resultou em maior acúmulo de carboidratos não estruturais (CNE) nos caules e bainhas antes do florescimento. Essa fração, composta por amido, açúcares e aminoácidos, pode atingir até  $2 \text{ t ha}^{-1}$ , sendo prontamente translocada para as panículas e utilizada no enchimento dos grãos. O autor estimou que, para obter uma PE de  $15 \text{ t ha}^{-1}$ , seria necessário uma PB de  $22 \text{ t ha}^{-1}$ , obtendo-se valores de fitomassa seca ao redor de  $14 \text{ t ha}^{-1}$  no florescimento e  $8 \text{ t ha}^{-1}$  durante o enchimento dos grãos. Nessa estimativa foi considerado o acúmulo de CNE de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  e um índice de colheita de 0,6. O número de espiguetas para obter tal rendimento seria de  $72 \text{ mil/m}^2$ , com 90% de fertilidade e massa de 100 grãos de 2,3 g.

Atingir esses números não parece ser muito factível. Apesar da PB preconizada por Akita (1995) ser observada durante a estação seca nos trópicos, o IC para o arroz no sistema de cultivo irrigado, apresenta valores muito inferiores (ao redor de 0,5), enquanto o número máximo de espiguetas, observado em híbridos de alto rendimento é de apenas  $55 \text{ mil t ha}^{-1}$ .



No que se refere ao sistema de cultivo de sequeiro, a Tabela 7.4 apresenta valores obtidos em dois experimentos de campo com cultivares de tipo de planta tradicional (Rio Verde, Caiapó e Rio Paranaíba) e melhorado (Progresso), sob duas doses de nitrogênio. A PB variou de 6 a 10 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a produtividade variou de 3,5 a 5,5 t ha<sup>-1</sup>, situando-se em valores abaixo dos observados por Akita (1995) para arroz irrigado. No que se refere ao IC foram observados valores superiores a 0,5 para todos os genótipos, no segundo experimento.

**Tabela 7.4.** Produtividade econômica, produtividade biológica e índice de colheita de cultivares de arroz, em dois experimentos sob o sistema de cultivo de sequeiro (sem irrigação suplementar), em dois níveis de nitrogênio.

Genótipo	Produtividade econômica (t ha <sup>-1</sup> )		Produtividade biológica (t ha <sup>-1</sup> )		Índice de colheita (%)	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
Rio Verde	3,60	4,86	7,91	8,96	0,45	0,54
Caiapó	3,14	5,42	7,79	10,82	0,39	0,50
Rio Paranaíba	3,65	5,33	8,23	10,16	0,44	0,52
Progresso	3,39	5,30	6,79	10,49	0,50	0,51

Experimento 1: 40 kg N ha<sup>-1</sup>; Experimento 2: 80 kg N ha<sup>-1</sup>

Fonte: Adaptada de Pinheiro et al. (1998).

## IMPLICAÇÕES DO TIPO DE PLANTA SOBRE A PRODUTIVIDADE

Donald (1968) propôs a busca de modelos de planta, ou ideotipos, como método de melhoramento, oferecendo uma alternativa ao enfoque tradicional, embasado na seleção direta para produtividade. Entretanto, este enfoque não era novo: os princípios básicos em fisiologia e, especialmente, as variações de morfologia da planta vinham sendo, desde muito, utilizados intuitivamente no melhoramento das culturas.

De acordo com Rasmusson (1987), o grau de utilização do conceito de ideotipo para aumento do potencial produtivo varia de acordo com a circunstância. Parece ser uma metodologia adequada para subsidiar o melhoramento quando o aumento desse potencial é a meta principal. O mesmo autor recomenda que 75% dos esforços sejam enfocados sobre métodos tradicionais e 25% orientado para a obtenção do ideotipo.

A alteração do tipo de planta do arroz irrigado para as regiões tropicais resultou em um enorme impacto sobre a produtividade,



primeiramente na Ásia e, posteriormente, alastrando-se para os demais continentes. Dadas as peculiaridades do ecossistema terras altas, o risco advindo da deficiência hídrica fez com que a maior ênfase no melhoramento para o arroz nesse ecossistema fosse colocada sobre a resistência à seca e à estabilidade de rendimento do que sobre o potencial produtivo. As implicações do tipo de planta sobre a produtividade nos dois ecossistemas, várzeas e terras altas, são examinados a seguir.

### **Tipo de planta de arroz irrigado**

O fundamento científico para a alteração do tipo de planta de arroz irrigado que desencadeou a dita “Revolução Verde” foi dado por estudos em fisiologia, realizados sobre o grupo *Japonica* de clima temperado, por diversos pesquisadores japoneses.

De acordo com Jennings (1964) e Beachell & Jennings (1965), os principais argumentos para aplicar esses princípios no melhoramento do grupo *Indica* foram: em regiões de clima temperado eram atingidos altos rendimentos como resultado da resposta à nitrogênio dos genótipos do grupo *Japonica*, associados à práticas culturais intensivas; os baixos rendimentos observados na região tropical eram resultado de alta temperatura e umidade, dias curtos e baixa intensidade luminosa, em associação com o tipo de planta do grupo *Indica*.

Na tentativa de melhorar o tipo de planta de arroz tropical, foram realizados vários cruzamentos mal sucedidos entre *Indica* e *Japonica*, devido ao fato dos melhoristas continuarem selecionando o tipo de planta *Indica* nas progênes obtidas. Somente após o reconhecimento de que a resposta ao nitrogênio estava associada à baixa estatura e a colmos fortes, é que foram utilizadas as cultivares anãs do grupo *Indica*, originárias de Taiwan, como fonte de baixa estatura em cruzamentos com cultivares do mesmo grupo (Khush, 1974). O cruzamento de uma dessas fontes, Dee-geo-woo-gen, com a variedade tradicional Peta da Indonésia, resultou na criação do IR 8, cuja adoção em larga escala a partir de 1966, desencadeou a chamada “Revolução Verde”. Apesar de as alterações no tipo de planta terem sido eminentemente de caráter morfológico, causaram profundas alterações sobre o uso dos recursos, em especial da luz e do nitrogênio, o que resultou em maior produtividade econômica.

O aumento de produtividade das cultivares semi-anãs não poderia ser viabilizado sem o aumento concomitante das doses de nitrogênio. Cultivares de alto rendimento removem muito mais nitrogênio do que o



disponível via mineralização ou em relação às doses recomendadas no passado. Isso também se verificou para a planta moderna de trigo. Austin et al. (1993) observaram que a cultivar moderna de trigo produziu somente  $0,3 \text{ t ha}^{-1}$  a mais do que a antiga, na ausência de nitrogênio; sob  $144 \text{ kg ha}^{-1}$  desse nutriente, a nova cultivar produziu 3,5 vezes mais. A análise da série de dados históricos permitiu verificar que a produtividade do trigo, na Inglaterra, aumentou de 4 a 7 vezes do século 13 ao 17, mas que as cultivares melhoradas somente suplantaram as "landraces" sob manejo melhorado (Austin, 1994).

Diferenças mais profundas na fotossíntese e respiração dos dois tipos de planta de arroz postuladas inicialmente não foram demonstradas. Um dos argumentos fisiológicos para preconizar a redução de estatura é que plantas altas possuem maior proporção de tecidos não fotossintéticos (bainhas e caules), devendo, portanto, apresentar maiores perdas de carbono fotossintético por respiração do que plantas de baixa estatura.

O estudo de Cock & Yoshida (1973) demonstrou que não existe um IAF ótimo para Peta ou IR 8. Ambas apresentaram taxas de crescimento similares sob baixo IAF, aumentando com este parâmetro até um IAF de 6,0, quando ambos os tipos de planta atingiram um platô. Nesse ponto, a taxa de fotossíntese da IR 8 foi um pouco maior que a de Peta, mas a respiração não se relacionou de forma linear, e sim de forma assintótica, com o IAF, em ambos os tipos de planta. Os autores concluíram que a relação entre a fotossíntese e a respiração é relativamente estável para uma ampla faixa de taxas fotossintéticas, sendo improvável que um valor ótimo de IAF resulte do desequilíbrio entre esses dois processos. Assim, a existência de um valor ótimo de IAF para Peta é resultante da sua arquitetura foliar propriamente dita, em que folhas decumbentes, sob altos valores de IAF, apresentam menor fotossíntese total.

Evans et al. (1984) compararam grupos de genótipos utilizados nas Filipinas no período de 70 anos, a partir do início do século. Constataram que os genótipos utilizados nas seis primeiras décadas de abrangência do estudo apresentavam características muito similares. Com o advento das cultivares semi-anãs, nas décadas de 60 e 70, observaram uma profunda alteração na maioria das características morfológicas estudadas, quais sejam: redução do comprimento da folha, do seu ângulo de inserção e da altura do colmo e aumento do número de perfilhos. Os mesmos autores indicam que não ocorreram alterações nas taxas de crescimento ou de fotossíntese da cultura, em paralelo com o evidente aumento do



índice de colheita e da produtividade econômica do novo tipo de planta, em relação aos materiais utilizados anteriormente ao IR 8. Esses benefícios decorreram basicamente da maior transmissão de luz através da copa, derivada de folhas mais eretas. Enquanto os materiais mais antigos apresentavam coeficientes de extinção entre 0,5 e 0,6, o novo tipo de planta apresentou valores inferiores a 0,4.

O impacto da “Revolução Verde” também fez-se sentir de forma muito clara na América Latina, durante a década de 80. Tal impacto foi medido por Sanint (1992), que estimou o total de benefícios da adoção do novo tipo de planta em 250 mil dólares anuais.

É muito difícil separar o efeito do componente varietal do efeito das práticas de manejo associadas à adoção das cultivares semi-anãs. No Brasil, a combinação desses dois fatores trouxe um incremento de rendimento estimado inicialmente em mais de 30% para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Carmona et al., 1994). Atualmente, as produtividades nesses dois estados é superior a 6 t ha<sup>-1</sup>.

### O novo tipo de planta de arroz irrigado

As estatísticas de demanda para a Ásia prevêem um incremento que não será satisfeito, caso se mantenha a tendência de urbanização de áreas sob a cultura e o atual rendimento por unidade de área. É evidente que os rendimentos em nível de lavoura estão muito abaixo do potencial e muito pode ser feito para diminuir ou eliminar esse desnível através de técnicas melhoradas de manejo.

Vários estudos foram realizados visando a estabelecer as estratégias a serem utilizadas na alteração da planta de arroz para elevar o potencial produtivo da cultura, estagnado ao redor de 12 t ha<sup>-1</sup> desde a adoção do IR 8. Akita (1989, 1995) considera possível o aumento do índice de colheita atual das semi-anãs, situado entre 0,4 e 0,5, para um valor ao redor de 0,6. Como principais estratégias o autor preconiza o aumento da produtividade biológica, para um valor ao redor de 22 t ha<sup>-1</sup>, via incremento da eficiência de produção de espiguetas e da duração da fase de maturação, de 30 para 45 dias.

Uma tendência observada nos países asiáticos é a passagem gradativa do sistema de transplântio, predominante na região, para o sistema de semeadura direta em solo seco, devido especialmente à redução da mão-de-obra. Os estudos de Schnier et al. (1990) e Dingkuhn et al. (1991) indicam que cultivares semi-anãs, sob semeadura direta, apresentam um crescimento excessivo, devido à densidade de semeadura



e, especialmente, à ausência do “choque de transplântio”, resultando em produção excessiva de folhas e perfilhos, seguido da diluição do nitrogênio e senescência prematura. Para atingir o mesmo nível de produtividade do sistema de transplântio, exigem maiores doses de nitrogênio.

Utilizando resultados de vários experimentos de campo, bem como aplicando técnicas de simulação, Dingkuhn et al. (1991) concluíram que as seguintes modificações na fisiologia da planta poderiam melhorar o rendimento de grãos, tanto em transplântio quanto em semeadura direta: prolongamento do período de maturação; manutenção de uma alta concentração de nitrogênio nas folhas, aumentando o gradiente vertical na copa; alocação de mais fotossimilados ao crescimento da folha nos estádios iniciais; redução do crescimento das folhas no final da fase vegetativa e na fase reprodutiva; e expansão da capacidade de armazenamento de fotoassimilados nos caules.

Venkateswarlu et al. (1986, 1987), constataram que a massa individual de grãos em um dado genótipo é variável em função de sua posição na panícula, e sugeriram que é possível aumentar o potencial produtivo, maximizando a proporção desses grãos. Com base nesses estudos, Vergara et al. (1991), sugerem um novo ideótipo, o “tipo de planta de alta densidade de grãos”. Para aumentar a densidade dos grãos, esses autores sugerem várias alterações morfo-fisiológicas, entre as quais moderado perfilhamento; panículas longas, com muitas ramificações primárias e largos feixes vasculares no pedicelo; plantas de estatura intermediária; folhas espessas e eretas; bainha da folha bandeira de cor verde-escuro, capaz de realizar fotossíntese; senescência vagarosa; e alta taxa fotossintética sob baixos níveis de radiação fotossinteticamente ativa.

Os trabalhos de melhoramento para esse tipo de planta, conhecido pela sigla NPT (new plant type), foram iniciados pelo IRRRI em 1989, utilizando na sua composição, genitores do grupo *Japonica* tropical com introdução seletiva de genes do *Japonica* de clima temperado e, em menor proporção, do grupo *Indica* (Khush, 1995). As novas linhas NPT, predominantemente de base *Japonica*, tem poucos perfilhos e grandes panículas, em contraste com as cultivares *Indica* de alta produtividade, que possuem alto número de panículas, de tamanho relativamente pequeno. Para determinar se essas linhas tem um maior potencial para a produção de espiguetas do que o material *Indica* elite, Sheehy et al. (2001), determinaram, em condições de campo, o número total de espiguetas juvenis e o número de espiguetas na colheita de linhas NPT, estabelecendo um modelo para quantificar o potencial produtivo e sua redução pela perda de espiguetas entre a fase juvenil e



de maturidade. O modelo indicou que caso todas as espiguetas juvenis se transformassem em grão, o potencial produtivo seria o dobro do obtido com as NPT, sugerindo que a capacidade da fonte, e não o tamanho do dreno, é que está impondo limitação à sua produtividade.

Laza et al. (2003), compararam 47 entradas, envolvendo híbridos F1, linhagens do grupo *Indica*, NPT e progênies de cruzamentos de NPT com *Indica*. A produtividade dos híbridos foi a mais alta e a das NPT, a mais baixa. A produtividade se associou ao índice de colheita, tanto na estação seca quanto na estação chuvosa, mas não se associou à FST. Foi observada uma relação negativa entre a fitomassa acumulada antes do florescimento (T) e a fitomassa acumulada do florescimento à maturidade fisiológica (Wr). As linhas NPT apresentaram a maior Wr média, mas também o T mais baixo, dentre todos os grupos, justamente o oposto dos híbridos F1.

Os resultados de Peng et al. (1999), também indicam que o melhoramento via NPT não obteve os resultados esperados, devido ao baixo enchimento de grãos e à baixa produção de biomassa. Estes autores sugerem que a seleção de parentais com bom enchimento de grãos, introdução de genes *Indica* no background do *Japonica* tropical, e refinamento do ideotipo original deve melhorar o seu desempenho.

Com o apoio de ferramentas moleculares, um novo enfoque vem sendo dado a pesquisa sobre o ideotipo de arroz irrigado. Zhikang et al. (1999), usaram um mapa completo de ligação com 115 marcadores RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), para estudar vários caracteres, incluindo ângulo dos perfilhos e das folhas, de 2418 linhas F4 derivadas de F2, do cruzamento entre cultivares *Indica* e *Japonica*. Um gene maior (Ta) e 11 QTLs (Quantitative Trait Loci) foram responsáveis pela grande variação desses caracteres na população estudada. O gene Ta respondeu por 47,5% da variação fenotípica no ângulo dos perfilhos e teve um grande efeito pleiotrópico sobre o ângulo das folhas. Oito QTLs adicionais, para ângulo das folhas e da folha bandeira, coletivamente explicam 52 e 66,4% da variação genotípica desses caracteres. Os autores concluíram que o tipo de planta e a produtividade podem ser melhorados pela manipulação deliberada desses QTLs, em um programa de seleção assistida por marcadores.

Assim, a nova tendência no melhoramento para o NPT é usar ferramentas moleculares, bem como lançar mão de novos “pools” gênicos no gênero *Oryza*. Um exemplo de trabalho bem sucedido foi o desenvolvimento das novas cultivares NERICA. No Brasil, a introgressão de genes de *O. glumaepatula* em *O. sativa*, monitorada por marcadores moleculares, permitiu obter linhagens com alto número de perfilhos e maior capacidade de rebrota da soca (Brondani et al., 2001, 2002).



## Tipo de planta de arroz de sequeiro tradicional

Até meados da década de 80, as cultivares melhoradas utilizadas na abertura de áreas dos Cerrados eram originárias do Instituto Agronômico de Campinas. Cultivares como IAC 1246, IAC 47, IAC 25, IAC 164 e IAC 165, pertencem ao grupo *Japonica* tropical, sendo de porte alto, baixo perfilhamento e folhas longas e decumbentes. Estudos sobre as características agronômicas e morfológicas relacionadas ao desempenho de variedades tradicionais de sequeiro, em comparação com linhagens introduzidas, em sua maioria do grupo *Indica*, de porte e perfilhamento intermediários ou semi-anãs de cultivo irrigado, sob deficiência ou boa disponibilidade hídrica foram realizados pelo programa de agrofisiologia na Embrapa Arroz e Feijão, na década de 80, para dar subsídios ao programa de melhoramento. Trabalhando com 49 cultivares de tipo de planta contrastante, Pinheiro et al. (1985) verificaram que a disponibilidade de água afetou a importância relativa das várias características na determinação da produtividade (Tabela 7.5). Sob deficiência hídrica, as características mais relevantes foram o número de dias até o florescimento, o percentual de fertilidade das espiguetas e o ângulo das folhas; na ausência de deficiência hídrica, as características mais relevantes foram o número de panículas por unidade de área, o índice de área foliar e a largura das folhas.

**Tabela 7.5.** Correlações lineares simples da produtividade com seus componentes e algumas características morfofisiológicas, no experimento que sofreu deficiência hídrica (Exp I) e naquele que recebeu irrigação suplementar (Exp II).

Variáveis	Exp I	Exp II
Panículas m <sup>2</sup>	0,202*	0,508**
Espiguetas/panícula	0,034 ns	0,050 ns
Fertilidade das espiguetas	0,700**	0,479**
Massa de 100 grãos	0,423**	-0,100 ns
Dias até 50% da floração	-0,612**	-0,101 ns
Índice de área foliar	-0,113 ns	0,357**
Altura da planta	0,286**	-0,264**
Comprimento da panícula	0,251*	-0,153 ns
Comprimento da tolha bandeira	0,340**	-0,137 ns
Largura da folha bandeira	0,204*	-0,421**
Ângulo da folha bandeira	-0,392**	-0,063 ns
Comprimento da 2ª folha	0,109 ns	-0,347**
Largura da 2ª folha	0,128 ns	-0,463**
Ângulo da 2ª folha	-0,436**	-0,186 ns

\*, \*\*, ns: significativo ao nível de 5% de probabilidade, 1% de probabilidade, e não significativo, respectivamente

Fonte: Adaptada de Pinheiro et al. (1985).





As nove melhores cultivares compuseram um estudo subsequente (Embrapa, 1984), envolvendo três pares de experimentos em três épocas de plantio (novembro a janeiro). Nas duas últimas épocas ocorreu deficiência hídrica e, por meio da irrigação suplementar, foi possível induzir as situações desejáveis para a comparação dos tipos de planta.

A primeira época caracterizou-se por chuvas abundantes e bem distribuídas e dias totalmente encobertos na fase reprodutiva da cultura. Essas condições, aliadas à boa fertilidade do solo, estimularam o crescimento da área foliar e as cultivares nacionais de sequeiro tradicional foram capazes de desenvolver valores de IAF e DAF tão altos quanto os das semi-anãs de cultivo irrigado (Tabela 7.6). A comparação do rendimento de grãos dos três grupos indicou que o grupo de cultivares introduzidas de porte intermediário foi superior aos demais (Tabela 7.7). Entretanto, a maior produtividade, nessa época, foi apresentada pela IAC 25, de ciclo curto. As duas outras cultivares nacionais, ambas de ciclo médio, apresentaram altos índices de acamamento, o que deprimiu a produtividade do grupo.

**Tabela 7.6.** Duração da área foliar (DAF) na fase reprodutiva e índice de área foliar (IAF) na floração observados em cultivares de diferente tipo de planta em três épocas de plantio, submetidas ou não à deficiência hídrica

Grupo/Cultivar	1ª época		2ª época s/irrigação		2ª época c/irrigação		3ª época s/irrigação		3ª época c/irrigação	
	DAF	IAF	DAF	IAF	DAF	IAF	DAF	IAF	DAF	IAF
<b>1. Nacionais (porte alto)</b>										
IAC 25	130,8b	5,32a	113,9d	3,76d	98,2d	3,45c	50,1b	2,28c	59,2c	2,38bc
EEPG 389	180,9ab	6,72a	117,8d	3,67d	138,6cd	4,39c	71,7ab	2,53bc	72,1bc	2,17c
IAC 47	310,3ab	7,52a	173,9abc	5,24abcd	159,8abcd	6,69ab	117,2a	3,86abc	101,9abc	3,37abc
<b>2. Introduzidas (porte médio)</b>										
IIAI 13	257,5ab	5,7ba	178,8abc	5,82ab	178,4abc	6,32ab	117,0a	4,42a	114,8ab	3,70abc
Kn 361-1-B-6	279,3ab	7,51a	155,7bcd	4,78abcd	157,2bcd	5,08bc	86,8ab	3,31abc	101,8abc	4,36a
Salumpikit	249,3ab	7,66a	223,8a	6,73a	228,8a	7,52a	98,3ab	4,03ab	129,9a	4,67a
<b>3. Introduzidas (semi-anãs)</b>										
IEL 1444	222,9ab	6,82a	184,3abc	5,72abc	194,7abc	7,35a	109,9ab	3,94abc	97,9abc	4,01ab
C 22	386,5a	7,17a	190,3ab	5,76abc	212,1ab	7,54a	85,5ab	3,54abc	95,7abc	3,40ab
SE 302-G	220,5ab	6,04a	133,8cd	4,08cd	146,1bcd	5,02bc	83,3ab	3,27abc	78,9abc	3,31abc

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Fonte: Embrapa (1984).



**Tabela 7.7.** Produtividades ( $t\ ha^{-1}$ ) obtidas por cultivares de diferente tipo de planta, em três épocas de plantio, submetidas ou não à deficiência hídrica na fase reprodutiva.

Grupo/Cultivar	1ª época	2ª época sem irrigação	2ª época com irrigação	3ª época sem irrigação	3ª época com irrigação
<b>1. Nacionais (porte alto)</b>					
AC 25	3,53a	2,62a	3,34ab	1,77a	2,23ab
EPG 369	2,86ab	2,18a	2,94b	1,09b	2,41ab
AC 47	2,45ab	1,86ab	4,05a	0,24c	3,01a
Média do grupo	2,95	2,22	3,44	1,03	2,55
<b>2. Introduzidas (porte médio)</b>					
RAT 13	3,47a	1,19bc	3,94ab	0,17c	2,64a
Kn 361-1-8-6	3,48a	0,24d	3,64ab	0,26c	1,05c
Salumpikit	2,78ab	0,06d	2,97b	0,02c	2,09ab
Média do grupo	3,23	0,50	3,52	0,13	1,93
<b>3. Introduzidas (semi-anãs)</b>					
ET 1444	3,31a	1,23bc	4,06a	0,09c	1,48bc
C 22	2,10ab	0,06d	2,90b	0,20c	1,51bc
SE 302-G	1,79b	0,71cd	3,00ab	0,02c	0,96c
Média do grupo	2,40	0,67	3,32	0,10	1,32

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Embrapa (1984).

A segunda época de plantio apresentou crescimento um pouco menor do que o da primeira (Tabela 7.6). Apesar do período encoberto durante a fase vegetativa, a fase reprodutiva caracterizou-se pela alta radiação derivada da estiagem, que ocorreu dos 82 aos 97 dias após a semeadura. No experimento que recebeu irrigação suplementar, a combinação de fatores favoráveis, quais sejam, água, radiação solar e ausência de acamamento, permitiu que fossem atingidas altas produtividades, ao redor de  $4,0\ t\ ha^{-1}$  (Tabela 7.7). Nessa situação, o tipo de planta não impôs limitação à produtividade, não sendo observadas diferenças entre grupos. Nessa mesma época de plantio, sob deficiência hídrica, os maiores rendimentos foram obtidos pelo grupo nacional, especialmente devido à presença de cultivares precoces, cujo florescimento ocorreu antes da estiagem, caracterizando uma reação de escape. Os dois grupos de cultivares introduzidas apresentaram diferenças de produtividade que expressam a sua relativa resistência à seca. Assim, dentre as introduzidas, destacou-se a cultivar africana IRAT 13, do grupo *Japonica* tropical, que apresentou produtividade similar à da IAC 47 (Tabela 7.7), sendo ambas utilizadas extensivamente como genitores no programa de melhoramento para resistência à seca.



Na terceira época, o crescimento da área foliar foi menor do que o das demais épocas (Tabela 7.6). As chuvas não foram bem distribuídas e ambos os experimentos receberam irrigação suplementar durante grande parte do ciclo. Os regimes hídricos diferenciais foram aplicados dos 82 aos 106 dias após a semeadura e, nessa situação de alta demanda evaporativa, as cultivares nacionais revelaram-se superiores às dos demais grupos, tanto sob irrigação suplementar quanto sob deficiência hídrica, denotando não só maior resistência à seca como maior eficiência do uso da água suplementar aplicada (Tabela 7.7).

Assim, concluiu-se que, para condições de alto risco de deficiência hídrica, a incorporação de ciclo precoce, bem como de características de resistência à seca, expressa pela fertilidade de espiguetas, deveriam ser prioritárias em relação a melhoria do tipo de planta. Nesse sentido, o programa de melhoramento genético de arroz privilegiou, por longo tempo, cruzamentos dentro do grupo *Japonica* tropical, utilizando genótipos africanos e nacionais como genitores. Desses cruzamentos resultaram cultivares como Rio Paranaíba e Guaraní, que ocuparam os Cerrados até meados da década de 90.

Por outro lado, chegou-se também à conclusão de que a alteração no tipo de planta tradicional de sequeiro traria acréscimos de produtividade para ambientes favorecidos, que incluem tanto o cultivo em regiões de boa distribuição pluvial como aquele sob irrigação suplementar. Essas alterações implicavam em redução da estatura da planta, aumento do perfilhamento e redução do comprimento das folhas superiores, visando a evitar o acamamento, aumentar a eficiência de absorção de luz e alterar o ponto de inflexão da curva que expressa a relação entre o índice de área foliar e a produtividade.

### O novo tipo de planta de arroz de sequeiro: o arroz de terras altas

Com base nos critérios acima descritos, parte do programa de melhoramento de arroz voltado para o ambiente favorecido, passou, desde meados da década de 80, a dedicar atenção ao tipo de planta, utilizando basicamente genitores do grupo *Indica* em cruzamentos. Com o passar do tempo, a mudança da preferência do consumidor brasileiro por grão longo-fino levou também o programa voltado para o ambiente de risco climático - ou desfavorecido- a utilizar extensivamente em cruzamentos, genitores do grupo *Indica*, visando transferir suas características de grão para a base *Japonica*. Adicionalmente, com a migração da fronteira agrícola para áreas climaticamente favorecidas, a resistência a seca perdeu sua alta prioridade no programa de melhoramento. Estas mudanças de



prioridade e do ambiente do cultivo levaram a uma gradual redução do programa voltado para o ambiente desfavorecido e concentração da equipe na criação de cultivares de arroz de tipo de planta moderno e tipo de grão longo-fino. As primeiras cultivares lançadas sob esse novo cenário da cultura, agora referida como arroz de terras altas, foram as cultivares Maravilha, Primavera, Canastra, Carisma e Confiança, lançadas em 1996. Apresentam estatura ao redor de 90 - 100 cm, 250 - 350 panículas por m<sup>2</sup>, com aproximadamente 150 - 180 espiguetas por panícula e 2,3 a 2,5 g de massa de 100 grãos.

Enquanto o potencial produtivo das cultivares tradicionais, como a IAC 47 e Rio Paranaíba, situa-se ao redor de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, obtido com um índice de área foliar ao redor de 3,5-4,0 m<sup>2</sup> de folha m<sup>-2</sup> de terreno (Embrapa, 1984; Pinheiro & Guimarães, 1990), as novas cultivares de terras altas, em condições experimentais podem apresentar produtividades de até 7 t ha<sup>-1</sup>, sob índices de área foliar entre 6 e 8 m<sup>2</sup> de folha m<sup>-2</sup> de terreno, na ausência de acamamento.

As cultivares de arroz de terras altas são aptas ao sistema de cultivo sob irrigação suplementar. Em ensaios conduzidos em Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul foram observados incrementos significativos de produtividade em relação ao controle sem irrigação, que, dependendo do local e do regime de chuvas, variou entre 30% e 200%, (Stone et al., 1999; Arf et al., 2001; Rodrigues & Arf, 2002; Soratto et al., 2002). Este incremento é atribuído ao aumento do número de grãos por panícula e da massa de grãos (Stone & Silva, 1998; Soratto et al., 2002).

Apesar dos consideráveis avanços do melhoramento, alguns pontos fracos do novo tipo de planta são detectados. O arranjo foliar, com folhas mais curtas, estreitas e eretas, leva a uma baixa cobertura inicial do terreno, e conseqüente menor competitividade com plantas daninhas. Ademais, sob condições de deficiência hídrica na fase reprodutiva, as cultivares de terras altas apresentam desempenho inferior ao das tradicionais (Pinheiro et al., 2000a; Pinheiro, 2003).

Há que considerar, contudo, que as cultivares de tipo de planta tradicional, apesar de mais tolerantes à seca, não se beneficiam de boas condições hídricas e de fertilidade do solo, pois um crescimento ótimo implica em mau aproveitamento da luz e do nitrogênio, devido ao acamamento. Já as novas cultivares, sob adequada disponibilidade hídrica, permitem a adoção de práticas de manejo que conduzem a altas produtividades.

Assim, a alteração do tipo de planta e de grão do arroz para cultivo no ecossistema de terras altas, associada à migração da cultura



para regiões climaticamente favorecidas, efetivamente resultou em uma evolução da produtividade da cultura. Depois de um longo período em que se manteve estagnada, a produtividade da cultura, com uma média nacional ao redor de  $1 \text{ t ha}^{-1}$ , desde o lançamento das novas cultivares de terras altas, apresentou uma rápida evolução. A média atual da cultura elevou-se para  $1,9 \text{ t ha}^{-1}$ , enquanto no Estado do Mato Grosso já atinge  $2,9 \text{ t ha}^{-1}$ . As lavouras otimizadas, que utilizam cultivares de terras altas chegam a ter médias próximas de  $4 \text{ t ha}^{-1}$ .

Conclui-se, portanto, que as novas cultivares conseguiram elevar o potencial produtivo da cultura de arroz no ecossistema de terras altas, permitindo que, em ambientes favoráveis, esse potencial se traduza em expressivos incrementos de produtividade e rentabilidade para o produtor.

## **IMPLICAÇÕES DOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS SOBRE A MORFOLOGIA, FISILOGIA E PRODUTIVIDADE**

### **Radiação solar**

A radiação solar impõe limite à fotossíntese total e conseqüentemente à produtividade atingida pela cultura (Loomis & Williams, 1963). O experimento clássico conduzido por Yoshida & Parao (1976) também destacado no capítulo de Clima, ilustra de forma muito clara a influência da radiação na produtividade ao estudar o comportamento da cultivar IR 8 sob vários níveis de IAF, durante a estação seca e estação chuvosa nas Filipinas. As produtividades na estação seca foram sempre superiores às da estação chuvosa, para um mesmo valor de IAF, em valores superiores a 4,0. Em valores inferiores, as produtividades foram similares nas duas estações, denotando incompleta interceptação de luz pela copa da planta.

Existe uma grande variabilidade na disponibilidade de radiação solar entre as localidades e, de maneira geral, as maiores produtividades são observados nos locais com maior radiação (Yoshida, 1983; Akita, 1995). O balanço de energia de cultivares semi-anãs em condições tropicais foi estudado por Akita (1995). A fitomassa seca total, o IAF, a taxa de respiração e a fotossíntese bruta foram maiores no transplântio de março, em que a radiação era 20% maior, do que no transplântio de julho.

Resultados obtidos na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia, GO, no ecossistema de terras altas (Pinheiro & Guimarães, 1990; Pinheiro et al., 1990), sob baixo nível de radiação durante período excepcionalmente encoberto, indicam que, mesmo para o arroz de tipo de planta tradicional, esse parâmetro climático pode impor limitação ao rendimento, apesar de



atuar de forma indireta, Na fase vegetativa, estimulou o crescimento da IAC47, cujo IAF alcançou valores superiores a 6,0, resultando posteriormente em altos níveis de acamamento e baixa fertilidade das espiguetas. Na fase reprodutiva, afetou a diferenciação da estrutura reprodutiva, resultando em baixo número de espiguetas por panícula. Nas duas situações, o potencial produtivo da cultivar, de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, foi reduzido em cerca de 50%.

Em áreas dos Cerrados situadas na pré-Amazônia, o tempo encoberto é comum, fazendo com que cultivares do tipo tradicional não atinjam produtividade adequada, devido ao crescimento excessivo com conseqüente redução na absorção da radiação solar causada por auto-sombreamento e acamamento. Já as novas cultivares de terras altas, de menor estatura, maior número de perfilhos, com folhas mais curtas e eretas, e resistentes ao acamamento, são aptas a se beneficiar de boas práticas de manejo, e em especial do aumento da adubação nitrogenada, pois o estímulo ao crescimento vai se traduzir em altas produtividades.

## Temperatura

De acordo com Yoshida (1981), a temperatura crítica, máxima ou mínima, determina o ambiente no qual o ciclo de vida da planta de arroz pode se completar. Dentro dessa faixa, a temperatura afeta a taxa de desenvolvimento das folhas e panículas e de enchimento dos grãos, estabelecendo o ciclo da cultivar sob esse ambiente. Os valores são específicos para cada estágio de desenvolvimento e variam com a cultivar, duração da temperatura crítica, alterações diárias e atividade fisiológica da planta. De acordo com o mesmo autor, a faixa ótima para crescimento situa-se entre 25 e 30°C, com variações nos dois sentidos, de acordo com o estágio considerado.

Temperaturas extremas, mesmo ocorrendo por pequenos períodos, podem afetar a produtividade, se coincidirem com períodos de maior sensibilidade da planta de arroz. A coincidência do período de redução da célula-mãe do pólen, que ocorre de 10 a 14 dias antes do florescimento, com temperaturas inferiores a 15°C, pode trazer problemas ao grão de pólen e resultar em esterilidade de espiguetas (Lin & Peterson, 1975). Temperaturas superiores a 35°C, especialmente nos períodos de gametogênese e floração, resultam também em esterilidade de espiguetas (Yoshida et al., 1981).

Para o arroz irrigado, cultivado na Região Sul do Brasil, muitas vezes a temperatura situa-se abaixo do valor crítico, especialmente durante a fase reprodutiva da cultura, sendo esse estresse ambiental responsável por cerca



de 30% de quebra de produção (Terres & Galli, 1985). Os programas de melhoramento voltados para essa região têm, dentre os seus objetivos, obter cultivares tolerantes às baixas temperaturas. A Embrapa, em parceria com várias instituições de pesquisa locais e latino-americanas, vem desenvolvendo populações por seleção recorrente, visando extrair linhagens tolerantes a esse estresse, ao mesmo tempo em que busca identificar marcadores moleculares para acompanhar a introgressão de genes em cruzamentos com progenitores de ampla diversidade genética.

Em adição à disponibilidade de cultivares mais tolerantes ao frio, o conhecimento do risco de ocorrência de baixas temperaturas no período reprodutivo da cultura nas várias épocas de semeadura e para as várias microregiões do Estado do Rio Grande do Sul (Steinmetz & Braga, 2001), devidamente difundido e utilizado como mecanismo de crédito agrícola, pode minimizar em muito o problema.

Durante a estação normal de cultivo de arroz de terras altas nos Cerrados, que vai de outubro a abril, a temperatura média varia entre 23 e 25° C, enquanto as mínimas são raramente inferiores a 15° C ou as máximas superiores a 35° C, permitindo uma boa adaptabilidade à cultura. Contudo, temperaturas inferiores a 15° C são uma ocorrência normal nessa região no período de maio a julho, tornando-se um fator limitante à produção em determinadas situações, tais como cultivos tardios, que podem se fazer necessários em sistemas agrícolas sob irrigação suplementar.

Nas várzeas irrigadas da Região Norte, e em especial, do Estado do Tocantins, tem sido verificado que as altas temperaturas podem ocasionar esterilidade de espiguetas e quebras consideráveis de produtividade nas lavouras. De acordo com Santos et al. (2003), esse problema está mais relacionado com a alta temperatura da água de irrigação, que pode chegar até 50°C em determinadas horas do dia. A ausência de lâmina de água até a floração minimizou esse problema, propiciando maior produtividade de grãos. Sua ausência durante todo o ciclo também aumentou a produtividade, mas reduziu a qualidade dos grãos.

## Deficiência Hídrica

Durante a abertura dos Cerrados, nas décadas de 70 e 80, a deficiência hídrica foi considerada como a maior limitação climática ao rendimento do arroz na região. Contudo, desde o início dos anos 90, este estresse abiótico vem perdendo importância, por dois fatores. O primeiro está relacionado com a gradativa ascensão da fronteira agrícola na direção sudeste-noroeste, para regiões naturalmente menos sujeitas a períodos de estiagem. O segundo diz respeito à regionalização agroclimática da



cultura. Utilizando modelos de simulação do balanço hídrico, foram elaborados mapas que indicam as microregiões favoráveis e o períodos adequados de plantio, de forma a evitar coincidência entre a fase crítica de sensibilidade da cultura, com o momento de maior probabilidade de seca. Esse trabalho, descrito em detalhe no Capítulo 5, permite nortear o crédito agrícola e reduzir as perdas de lavouras nos vários estados, servindo como um importante instrumento de regionalização da cultura, para o Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento.

A escolha das épocas de plantio mais adequadas, bem como a utilização de cultivares com ciclo apropriado, exerce um papel de destaque na minimização do risco por deficiência hídrica (Pinheiro et al., 2000a). De maneira geral, o período recomendado de plantio da cultura de arroz nos Cerrados vai da primeira semana de outubro à segunda semana de novembro. Cultivares de ciclo curto podem ter seu período de plantio ampliado de duas a três semanas em relação às de ciclo médio, sem incorrer em maior risco por seca. Por outro lado, plantios precoces podem sofrer prejuízos em determinados anos, devido à instalação tardia das chuvas.

Mas apesar desses avanços tecnológicos e da nova localização do cultivo, em áreas de menor risco climático, a deficiência hídrica tem voltado à agenda da pesquisa com prioridade, devido à maior sensibilidade à seca das novas cultivares de arroz de terras altas, em relação às cultivares tradicionais.

### Efeito da deficiência hídrica

O efeito da deficiência hídrica depende da coincidência entre o seu período de ocorrência e o dos processos fisiológicos determinantes da produtividade, além da tolerância relativa da planta.

De forma geral, a deficiência hídrica não causa prejuízos muito severos à produção quando ocorre na fase vegetativa da planta de arroz (O'Toole & Chang, 1979; O'Toole & Moya, 1981; Reyniers et al., 1982). Dentre os períodos da fase reprodutiva, destacam-se como especialmente sensíveis o período de divisão e redução da célula-mãe do pólen (meiose) e o de florescimento (Matsushima, 1968). De acordo com Hsiao (1982), a acentuada sensibilidade do arroz na floração supera a dos demais cereais.

A deficiência hídrica interfere em todos os processos fisiológicos e, por isso mesmo, tem acentuado efeito sobre a produção de fitomassa e o rendimento de grãos. Sua intensidade pode ser estimada pela medição do potencial da água das folhas. Hsiao (1973) indica que a interferência nos diversos processos dá-se em diferentes níveis de





estresse, sendo o crescimento o mais sensível dentre todos os processos fisiológicos, enquanto a assimilação de  $\text{CO}_2$  e a respiração um pouco menos sensíveis e, porquanto, afetados mais tardiamente em um ciclo de estresse (Tabela 7.8).

**Tabela 7.8.** Sensibilidade dos processos da planta à deficiência hídrica.

Processos ou Parâmetros afetados	MUITO SENSÍVEL	Valor de potencial da água requerido para afetar processos		MODERADAMENTE INSENSÍVEL
	0 MPa	1 MPa	2 MPa	
Crescimento da célula	-----			
Síntese da parede celular	-----			
Síntese de proteína	-----			
Formação de protoclorofila	-----			
Nível de redutase de nitrato	-----			
Acumulação de ácido abscísico	-----			
Nível de citocininas		-----		
Abertura estomática		-----		
Assimilação de $\text{CO}_2$		-----		
Respiração		-----		
Acumulação de prolina		-----		
Acumulação de fotoassimilados			-----	

Fonte: Hsiao (1973).

Em decorrência dessa sensibilidade diferencial dos processos, os diferentes sintomas vão, gradativamente, fazendo-se notar. Como a redução do crescimento é um sintoma menos óbvio, o primeiro sintoma observado visualmente é o enrolamento das folhas, inicialmente leve, mas com rápida progressão. Logo após, verifica-se o amarelecimento da folha, decorrente da inibição da síntese de proteínas e de formação de protoclorofila. Se a planta está no estágio vegetativo, os processos de perfilamento e de alongamento das folhas vão ser inibidos, em função do já citado efeito sobre o crescimento. Como resultado, a planta vai apresentar um baixo IAF, o que vai reduzir seu potencial produtivo, caso retornar a condições favoráveis (Pinheiro & Guimarães, 1990).

Machado et al. (1996), trabalhando com períodos curtos de deficiência hídrica, impostos durante a fase de floração e de crescimento linear dos grãos, observaram que, sob potencial da água na folha inferior a -1,75 MPa, a assimilação de  $\text{CO}_2$  foi praticamente nula desde as primeiras horas da manhã em qualquer das fases. A transpiração atingiu apenas 10% da observada no controle irrigado e a condutância estomática foi inferior a  $0,6 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-2}$ , tendendo a um valor nulo sob alta irradiância.



Os estudos pioneiros de Farquhar & Richards (1984) e Farquhar et al. (1989), indicaram o potencial da discriminação isotópica de carbono ( $\Delta$ ) como um parâmetro de seleção no melhoramento para resistência à seca, devido a sua alta correlação com a eficiência de uso de água. Esta metodologia foi avaliada no Brasil, por Pinheiro et al. (2000b), em estudo financiado pela Comunidade Européia, que envolveu vários ensaios de campo e um grande número de genótipos, submetidos à deficiência hídrica na fase reprodutiva. A discriminação isotópica de carbono foi medida em várias frações da planta, incluindo os açúcares solúveis extraídos do último entrenó do colmo ( $\Delta_s$ ) (Tabela 7.9). Foi possível verificar o maior efeito da deficiência hídrica sobre essa amostra, do que sobre a matéria seca das folhas, dos grãos e dos entrenós superiores. Contudo, a relação do  $\Delta_s$  com a fertilidade das espiguetas e a produtividade de grãos foi fraca, sugerindo que esse parâmetro não é um indicador seguro da resistência à seca em arroz para ser utilizado como ferramenta eficiente em programas de melhoramento. Estudos mais recentes, conduzidos no Japão (Zhao et al., 2004), sobre três cultivares submetidos a três regimes hídricos indicaram uma grande variação dos valores de  $\Delta$  entre cultivares e estágios de crescimento. A relação do  $\Delta$  com a eficiência de uso da água na fase reprodutiva também não foi consistente.

**Tabela 7.9.** Coeficientes de correlação linear simples entre características avaliadas no controle irrigado e nas parcelas submetidas à deficiência hídrica, em três experimentos de campo conduzidos na Embrapa Arroz e Feijão.

Características correlacionadas	1991		1992		1994		Média*	
	Controle irrigado	Estresse	Controle irrigado	Estresse	Controle Irrigado	Estresse	Controle Irrigado	Estresse
Prod x $\Delta_s$	-0,162	-0,337	-0,548	-0,416	-0,111	-0,168	-0,273	-0,307
Prod x $\Delta_f$	--	--	-0,089	-0,214	--	+0,182	--	--
Prod x $\Delta_e$	-0,355	-0,212	--	--	-0,111	+0,041	--	--
Prod x $\Delta_g$	-0,362	-0,393	-0,247	+0,207	-0,274	-0,108	-0,294	-0,098
Prod x Fert	+0,288	+0,491	+0,339	+0,842	+0,579	+0,811	+0,403	+0,715
Prod x Disf	-0,269	-0,271	-0,274	-0,541	+0,049	-0,330	-0,171	-0,380
Fert x $\Delta_s$	-0,209	+0,222	-0,577	-0,482	+0,047	-0,040	-0,246	-0,100
Disf x $\Delta_s$	-0,235	-0,520	+0,384	+0,084	-0,256	-0,318	-0,052	-0,251
GL	18	18	16	16	22	22	43	43
R	0,444	0,444	0,468	0,468	0,404	0,404	0,288	0,288

$\Delta_s$ = discriminação isotópica de carbono em açúcares solúveis extraídos do último entrenó do colmo, ao final do período de imposição do estresse hídrico;  $\Delta_f$ = discriminação isotópica de carbono da folha-bandeira, ao final do período de imposição do estresse hídrico;  $\Delta_e$ = discriminação isotópica do último entrenó do colmo e  $\Delta_g$ = discriminação isotópica do grão, ambos na colheita; Disf= número de dias do início da imposição do estresse ao 50% do florescimento; Fert= fertilidade das espiguetas; GL= graus de liberdade; r= valor do coeficiente de correlação à 5% de probabilidade.

Fonte: Pinheiro et al. (2000b).



Em uma situação em que a camada de solo explorada é pequena, devido a impedimentos no perfil ou ao limitado desenvolvimento do sistema radicular, a planta muito rapidamente vai deprimir a reserva de água e entrar em déficit, comprometendo os processos fisiológicos básicos. Em condições de deficiência hídrica aplicada no período reprodutivo da cultura, observa-se uma forte relação positiva entre a produtividade e a densidade radicular na camada de 60 - 80 cm do perfil do solo (Pinheiro et al., 1996). De acordo com Guimarães & Moreira (2001), a planta de arroz é muito sensível à compactação do solo. Por essa razão, a sensibilidade da cultura a seca, pode ser agravada sob o sistema de plantio direto, que geralmente resulta em compactação subsuperficial, limitando o crescimento inicial da cultura e consequentemente o aprofundamento do sistema radicular.

De acordo com os estudos de Pinheiro (1989), na fase reprodutiva da cultura a inibição da emissão das panículas é um sintoma característico de deficiência hídrica, resultando em panículas mal expostas, ou mesmo não emitidas; um outro sintoma é o dessecamento parcial ou total das espiguetas. Juntamente com a inibição da antese, esses sintomas resultam em alta esterilidade de espiguetas. Assim, a fertilidade de espiguetas é o componente que melhor se relaciona à produtividade de grãos, sob condições de deficiência hídrica na fase reprodutiva (Pinheiro et al., 1985, 2000b; Lafitte, 2002).

Lafitte & Courtois (2002), testaram 45 cultivares em uma série de ensaios de campo, com o objetivo de estimar a interação genótipo x ambiente para várias características tidas como relevantes em condições de deficiência hídrica. Observaram grande variação entre produtividades entre ambientes. As características que melhor se relacionaram aos escores da interação cultivar x ambiente foram a data do florescimento, o conteúdo relativo de água da folha, a pressão de raiz, a área foliar e a profundidade radicular. Pinheiro (2003), descreveu a metodologia utilizada na Embrapa Arroz e Feijão para subsidiar o programa de melhoramento, bem como as dificuldades encontradas nesse tipo de trabalho.

A maioria das cultivares de tipo de planta tradicional, do grupo *Japonica* tropical, recomendadas para o sistema de cultivo de sequeiro nas décadas de 80 e 90 possuem moderada tolerância à seca; por sua vez, as primeiras cultivares de terras altas, derivativos do grupo *Indica* e *Japonica* tropical, apresentam menor tolerância à seca do que as tradicionais (Pinheiro et al., 2000a, Pinheiro, 2003).

Para ilustrar o efeito da deficiência hídrica sobre a produtividade, apresentados na Tabela 7.10, os resultados do ensaio de avaliação final da tolerância à seca do ano agrícola 1998/1999. O experimento foi instalado sob delineamento de blocos ao caso e parcela subdividida, com dois tratamentos



(controle irrigado e deficiência hídrica) e 24 genótipos, em subparcelas, semeados de forma escalonada, visando sincronia do ciclo reprodutivo, condição essencial à uma adequada avaliação. Essa sincronia, contudo, não foi plenamente atingida, conforme pode ser observado pela variação no número de dias decorridos desde a data de início do ciclo de deficiência hídrica, até a data de 50% do florescimento. A estiagem que durou 14 dias durante o florescimento e início do enchimento de grãos, período muito crítico da cultura, resultou em deficiência hídrica de alta intensidade. Os tratamentos foram analisados como experimentos independentes, sendo a quebra de produtividade (QP) calculada pela relação:  $QP = 1 - (\text{produtividade sob estresse} / \text{produtividade sob suplementação hídrica})$ .

**Tabela 7.10.** Desempenho de linhas avançadas, cultivares de arroz de tipo de planta tradicional e tipo de planta moderna, sob irrigação suplementar ou deficiência hídrica durante o florescimento e início do enchimento de grãos. Embrapa Arroz e Feijão, Ensaio de Avaliação Final da Tolerância à Seca 1998/1999.

Genótipo	Grupo de semeadura <sup>(1)</sup>	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		DISF <sup>(2)</sup>	Quebra de produtividade
		Controle irrigado	Deficiência hídrica		
CNA8553	G1	3450,4ab	405,0a	6,8	0,8910ab
CNA8561	G1	5473,3a	455,4a	7,0	0,9197a
CNA8564	G1	4179,4ab	1697,2a	4,8	0,6065abc
Canastra	G1	3319,1ab	1890,0a	12,5	0,4381c
Maravilha	G1	5230,9a	1089,9a	13,5	0,7964abc
Caiapó	G1	4821,0ab	1179,6a	7,3	0,7903abc
CNA8305	G2	3587,7ab	1310,4a	9,0	0,638abc
CNA8436	G2	3344,4ab	1257,8a	8,0	0,645abc
CNA8540	G2	3253,5ab	834,6a	8,0	0,7275abc
CNA8541	G2	3356,0ab	1153,1a	9,0	0,6319abc
CNA8545	G2	3795,6ab	841,3a	14,0	0,7871abc
CNA8548	G2	4178,9ab	1313,6a	10,3	0,6862abc
CNA8552	G2	3919,3ab	425,3a	7,3	0,8973ab
CNA8557	G2	4102,3ab	1103,3a	11,5	0,7284abc
R. Paranaíba	G2	3696,9ab	1586,5a	13,8	0,5680abc
CNA8177	G3	3453,0ab	860,7a	11,0	0,748abc
CNA8536	G3	3608,6ab	1657,0a	15,3	0,5762abc
CNA8435	G4	3198,1ab	2039,6a	8,0	0,5465abc
BRS Primavera	G4	4223,2ab	675,5a	8,8	0,8400ab
Carajás	G4	4217,8ab	1038,2a	12,8	0,7532abc
Guarani	G4	2664,1b	1225,3a	10,5	0,5401bc

Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tuckey à 5% de probabilidade.

<sup>(1)</sup>Grupo 1: cultivares mais tardias, semeadura em 27/01/1998; grupo 2: 03/02/1998; grupo 3: 10/02/1998; grupo 4, cultivares mais precoces, 17/02/1998.

<sup>(2)</sup>DISF: número de dias do início do ciclo de deficiência hídrica até 50% do florescimento.



O alto coeficiente de variação, comum em ensaios de deficiência hídrica, associado à alta intensidade da deficiência hídrica, não permitiu detectar diferenças significativas para a produtividade ou para a quebra induzida por seca entre a maioria das entradas. Contudo, as cultivares Guarani, de ciclo curto, e Canastra, de ciclo médio, apresentaram um desempenho superior às entradas do seu grupo de semeadura, incluindo a testemunha de ciclo médio Rio Paranaíba.

Graças aos avanços da biotecnologia, a linha de pesquisa em resistência à seca que estava reduzida pela falta de avanços expressivos, voltou reforçada à agenda. A identificação de regiões do genoma que contribuem para a resposta à seca pode subsidiar o melhorista no desenvolvimento de cultivares mais resistentes. Vários QTLs já foram mapeados (Champoux et al., 1995; Courtois et al., 2000; Kamoshita et al., 2002; Babu et al., 2003; Lanceras et al., 2004), permitindo que marcadores moleculares sejam efetivamente utilizados em programas de melhoramento na seleção assistida.

Da mesma forma, técnicas de transformação genética começam a ser empregadas para obter genótipos com maior tolerância à seca. A introdução de genes da bactéria *Escherichia coli* para biossíntese de trehalose, um açúcar não redutor que atua na estabilização de estruturas biológicas, sob condições de estresse, apresentou resultados muito promissores. As plantas transformadas acumularam de 3 a 10 vezes mais trehalose e foram mais resistentes à seca e salinidade (Garg et al., 2002).

Esse novo panorama, potencializado pelo esforço concentrado dos centros internacionais de pesquisa do CGIAR, em estreita parceria com os programas nacionais, sob a égide dos "Challenge Programs", certamente deverá prover avanços substanciais no que se refere ao aumento da resistência à seca da cultura do arroz. Ressalta-se, contudo que a utilização de cultivares menos sensíveis à seca, por si só, não é uma salvaguarda às perdas de produtividade. A resposta da cultura vai depender não só do relativo balanço entre sua área foliar e sistema radicular, como também da integração entre os processos de retirada de água do solo e sua perda para a atmosfera. Portanto, seu comportamento é modulado pelo clima, ambiente e manejo, os quais desempenham um papel tão importante quanto as características genotípicas no seu desempenho agrônomo.

Assim, além da escolha criteriosa da época de semeadura e do ciclo da cultivar, com base no zoneamento agroclimático da microregião



de cultivo (Steinmetz et al., 1988; Silva et al., 1997), que desempenham papel fundamental na minimização do risco por deficiência hídrica, os cuidados no manejo da cultura, incluindo o preparo profundo do solo, adubação balanceada e adequada densidade de semeadura, propiciam maior aprofundamento do sistema radicular e maior disponibilidade de água para as plantas (Embrapa, 1992; Pinheiro et al., 2000a).

## REFERÊNCIAS

- AKITA, S. Aspectos ecofisiológicos relacionados ao aumento do potencial de rendimento biológico e comercial da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. v. 1, p. 57-76. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 60).
- AKITA, S. Improving yield potential in tropical rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE, 1987, Hangzhou, China. **Progress in irrigated rice research**. Manila: IRRI. 1989. p. 41-73.
- AKITA, S.; PARAO, F. T.; LAZA, R. C.; BLANCO, L. C.; CORONEL, V. P. Physiological basis of rice yield potential improvements in the tropics. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PHYSIOLOGY, 1988, New Delhi, India. **Proceedings...** New Delhi: Society of Plant Physiology and Biochemistry, 1990. v. 1, p. 60-74.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E.; CRUSCIOL, C. A. C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 871-879, jun. 2001.
- AUSTIN, R. B. Plant breeding opportunities. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (Ed.). **Physiology and determination of crop yields**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 567-586.
- AUSTIN, R. B.; FORD, M. A.; MORGAN, C. L.; YEOMAN, D. Old and modern wheat cultivars compared on the broadbulk wheat experiment. **European Journal of Agronomy**, v. 2, p. 141-147, 1993.
- BABU, R. C.; NGUYEN, B. D.; CHAMARERK, V.; SHANMUGASUNDARAM, P.; CHEZHIAN, P.; JEYAPRAKASH, P.; GANESH, S. K.; PALCHAMY, A.; SADASIVAM, S.; SARKARUNG, S.; WADE, L. J.; NGUYEN, H. T. Genetic analysis of drought resistance in rice by molecular markers: association between secondary traits and field performance. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 4, p. 1457-1469, July/Aug. 2003.
- BEACHELL, H. M.; JENNINGS, P. R. Need for modification of plant type. In: IRRI. **The mineral nutrition of the rice plant**. Baltimore: Johns Hopkins, 1965. p. 29-35.
- BOYER, J.; McPHERSON, H. G. Physiology of water deficits in cereal grains. In: IRRI. **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p. 321-343.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. Development and mapping of *Oryza glumaepatula*-derived microsatellite markers in the interspecific cross of *O. glumaepatula* x *O. sativa*. **Hereditas**, Lund, v. 134, n. 1, p. 59-71, 2001.



BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. QTL mapping and introgression of yield related traits from *Oryza glumaepatula* to *O. sativa* using microsatellite markers.

**Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 104, n. 6/7, p. 1192-1203, May 2002.

CARMONA, P. S.; TERRES, A. L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 a 1990: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **A**

**pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80: avaliação crítica dos principais resultados.** Goiânia, 1994. p. 269-275. (EMBRAPA-CNPAF Documentos, 40).

CHAMPOUX, M. C.; WANG, G.; SARKARUNG, S.; MACKILL, D. J.; O'TOOLE, J. C.; HUANG, N.; MCCOUCH, S.R. Locating genes associated with root morphology and drought avoidance in rice via linkage to RFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 90, n. 7/8, p. 969-981, June 1995.

CHANDRARATNA, M. F. **Genetics and breeding of rice.** London: Longmans, 1964. 389 p.

CHANG, T. T. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and African rices. **Euphytica**, Dordrecht, v. 25, n. 2, p. 425-441, June 1976.

CHANG, T. T.; BARDENAS, E. A. **The morphology and varietal characteristics of the rice plant.** Los Baños: IRRI, 1965. 40 p. (IRRI. Technical Bulletin, 4).

COCK, J. H.; YOSHIDA, S. Accumulation of <sup>14</sup>C labelled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, v. 41, n. 2, p. 226-234, June 1972.

COCK, J. H.; YOSHIDA, S. Photosynthesis, crop growth and respiration of a tall and short rice varieties. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 19, n. 1, p. 53-59, Mar. 1973.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A uniform, objective, and adaptative system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, Mar./Apr. 2000.

COURTOIS, B.; MCLAREN, G.; SINHA, P. K.; PRASAD, K.; YADAV, R.; SHEN, L. Mapping QTLs associated with drought avoidance in upland rice. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 6, n. 1, p. 56-66, Feb. 2000.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants.** 2. ed. Bronx: The New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

DEFOER, T.; WOPEREIS, M. C. S.; JONES, M. P.; LANÇON, F.; EREINSTEIN, O.; GUEI, R. Q. Rice-based production systems for food security and poverty alleviation in Sub-Saharan Africa. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 53 p. 85-96, 2004. Edição especial.

DINGKUHN, M.; PENNING DE VRIES, F. W.; DE DATTA, S. K.; VAN LAAR, H. H. Concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. In: IRRI. **Direct seeded flooded rice in the tropics.** Los Baños, 1991. p. 17-38.

DONALD, C. M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Dordrecht, v. 17, n. 3, p. 385-403, Dec. 1968.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Relatório científico.** Goiânia, 1984. p. 100-113.

EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação. **Recomendações técnicas para o arroz em regiões com deficiência hídrica: zonas 10, 16, 19, 20, 58, 59, 60, 61 e 91.** Brasília, DF, 1992. 130 p.



EVANS, L. T.; VISPERAS, R. M.; VERGARA, B. S. Morphological and physiological changes among rice varieties used in the Philippines over the last seventy years. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 8, n. 1/2, p. 105-124, Feb. 1984.

FAGERIA, N. K. **Adução e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 18).

FARQUHAR, G. D.; RICHARDS, R. A. Isotopic composition of plant carbon correlates with water-use efficiency of wheat genotypes. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 11, n. 6, p. 539-552, 1984.

FARQUHAR, G. D.; EHLERINGER, J. R.; HUBICK, K. T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 40, p. 503-537, 1989.

FERNANDEZ, F.; VERGARA, B. S.; YAPIT, N.; GARCIA, O. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. In: TASCÓN J., E.; GARCIA D., E. (Ed.). **Arroz: investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. p. 83-101.

FERRAZ, E. C. Ecofisiologia do arroz. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p. 186-202.

GARG, A. K.; KIM, J. K.; OWENS, T. G.; RANWALA, A. P.; CHOI, Y. D.; KOCHIAN, L. V.; WU, R. J. Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 99, n. 25, p. 15898-15903, Dec. 2002.

GLASZMANN, J. C. Geographic pattern of variation among Asian native rice cultivars (*Oryza sativa* L.) based on fifteen isozyme loci. **Genome**, Ottawa, v.30, n. 5, p. 782-792, Oct. 1988.

GLASZMANN, J. C. Isozymes and classification of Asian rice varieties. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 74, n. 1, p. 21-30, 1987.

GLASZMANN, J. C.; BENOIT, H.; ARNAUD, M. Classification des riz cultivés (*Oryza sativa* L.) Utilisation de la variabilité isoenzymatique. **Agronomie Tropicale**, Paris, v. 39, n. 1, p. 51-66, jan./mars 1984.

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 4, p. 703-707, abr. 2001.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, F. X. **Cultivares de arroz de terras altas com arquitetura moderna: crescimento e eficiência produtiva**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 61).

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.

HSIAO, T. C. The soil-plant-atmosphere continuum in relation to drought and crop production. In: IRRI. **Drought resistance in crops with emphasis on rice**. Los Baños, 1982. p. 39-52.

ISHIZUKA, Y. Physiology of the rice plant. **Advances in Agronomy**, New York, v. 23, p. 241-315, 1971.

JACQUOT, M.; ARNAUD, M. Classification numérique de variétés de riz. **Agronomie Tropicale**, Paris, v.34, n. 2, 157-173, avr./juin. 1979.





JENNINGS, P. R. Plant type as a rice breeding objective. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 1, p. 13-15, Jan./Feb. 1964.

KAMOSHITA, A.; WADE, L. J.; ALI, M. L.; ZHANG, K.; SARKARUNG, S.; NGUYEN, H. Mapping QTLs for root morphology of a rice population adapted to rainfed conditions. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 104, n. 5, p. 880-893, Apr. 2002.

KHUSH, G. S. Aumento do potencial genético de rendimento do arroz: perspectivas e métodos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. v. 1, p. 13-29. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 60).

KHUSH, G. S. Rice. In: KING, R. C. (Ed.). **Handbook of genetics**. New York: Plenum, 1974. v. 2, p. 31-58.

LAFITTE, R. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 76, n. 2/3, p. 165-174, July 2002.

LAFITTE, H. R.; COURTOIS, B. Interpreting cultivar x environment interactions for yield in upland rice: assigning value to drought-adaptive traits. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 5, p. 1409-1420, Sept./Oct. 2002.

LANCERAS, J. C.; PANTUWAN, G.; JONGDEE, B.; TOOJINDA, T. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 135, n. 1, p. 384-399, May 2004.

LAZA, M. R. C.; PENG, S.; AKITA, S.; SAKA, H. Contribution of biomass partitioning and translocation to grain yield under sub-optimum growing conditions in irrigated rice. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 6, n. 1, p. 28-35, 2003.

LIN, S. S.; PETERSON, M. L. Low-temperature induced floret sterility in rice. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 5, p. 657-660, Sept./Oct. 1975.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity: an estimate. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 1, p. 67-72, Jan./Feb. 1963.

MACHADO, E. C.; LAGÔA, A. M. M. A.; AZZINI, L. E.; TISSELLI FILHO, O. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de arroz de sequeiro submetidos à deficiência hídrica, em diferentes fases de crescimento. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, DF, v. 8, n. 2, p. 139-147, ago. 1996.

MACHADO, E. C.; SILVEIRA, J. A. G. da; BASTOS, C. R. Trocas de CO<sub>2</sub>, acúmulo de fitomassa e remobilização de reservas durante o crescimento de panículas de duas cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, DF, v. 2, n. 1, p. 63-70, 1990.

MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. **Science of the rice plant**: physiology. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. v.2, 1240 p.

MATSUSHIMA, S. Water and physiology of *Indica* rice. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, p. 102-109, Mar. 1968. Edição especial.

MATSUSHIMA, S. **Crop science in rice**: theory of yield determination and its application. Tokyo: Fuji, 1975. 379 p.



- MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. Rice. In: EVANS, L.T. (Ed.). **Crop physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. p. 73-99.
- MURAYAMA, N. Development and senescence. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. v. 2, p. 119-178.
- NI, J.; COLOWIT, P.M.; MACKILL, D. J. Evaluation of genetic diversity in rice subspecies using microsatellite markers. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 601-607, Mar./Apr. 2002.
- O'TOOLE, J. C.; CHANG, T. T. Drought resistance in cereals - rice: a case study. In: MUSSELL, H.; STAPLES, R. C. (Ed.). **Stress physiology in crop plants**. New York: Wiley Interscience, 1979. p. 373-405.
- O'TOOLE, J. C.; MOYA, T. B. Water deficits and yield in upland rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 4, n. 3, p. 247-259, Oct. 1981.
- PENG, S.; CASSMAN, K. G.; VIRMANI, S. S.; SHEEHY, J.; KHUSH, G. S. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 6, p.1552-1559, Nov./Dec. 1999.
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; SPITTERS, C. J. T. The potential for improvement in crop yield simulation. In: MUCHOW, R. C.; BELLAMY, J. A. (Ed.). **Climatic risk in crop production**. Brisbane: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 1990. p. 123-140.
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; JANSEN, D. M.; TEN BERGE, H. F. M.; BAKEMA, A. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual plants**. Wageningen: PUDOC, 1989. 271 p. (PUDOC. Simulation Monograph, 29).
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; KROPFF, M. J.; TENG, P. S.; KIRK, G. J. D. **Systems simulation at IRRI**. Los Baños: IRRI, 1991. 67 p. (IRRI. Research Paper Series, 151).
- PENNING DE VRIES, F. W. T.; VAN LAAR, H. H.; CHARDON, M. C. M. Bioenergetics of growth of seeds, fruits and storage organs. In: IRRI. **Potential production of crops different environments**. Los Baños, 1983. p. 35-79.
- PINHEIRO, B. da S. **Estudo das relações hídricas durante o processo de emissão de panículas e antese do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.)**. 1989. 176 f. Tese (Doutor em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- PINHEIRO, B. S. Integrating selection for drought into a breeding program: the Brazilian experience. In: FISHER, K. S.; LAFITTE, R.; FUKAI, S.; ATLIN, G.; HARDY, B. (Ed.). **Breeding rice for drought prone environments**. Los Baños: IRRI, 2003. p. 75-83.
- PINHEIRO, B. da S.; GUIMARÃES, E. P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. 1. níveis limitantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 6, p. 863-872, jun. 1990.
- PINHEIRO, B. da S.; KONRAD, M. L. de F.; CARMO, M. P. do; VILELA, C. da C. Componentes fisiológicos da interferência de *Brachiaria brizantha* sobre genótipos de arroz em cultivo consorciado. In: REUNIAO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**: resumos expandidos. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. v. 1, p. 153-156. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 85).



PINHEIRO, B. da S.; MARTINS, J. F. da S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. 2. manifestação através dos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 6, p. 873-879, jun. 1990.

PINHEIRO, B. da S.; RAISSAC, M. de; CARMO, M. P. do; FERREIRA JUNIOR, E. Atributos de resistência à seca da cultivar de arroz Rio Paranaíba e de seus progenitores. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 9., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 1, p. 119. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 62).

PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L. F.; GUIMARÃES, E. P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 87-95, jan. 1985.

PINHEIRO, B. da S.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. **Minimização do risco por deficiência hídrica em arroz de sequeiro na região dos cerrados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000a. 39 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 36).

PINHEIRO, B. S.; AUSTIN, R. B.; CARMO, M. P.; HALL, M. A. Carbon isotope discrimination and yield of upland rice as affected by drought at flowering. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 1939-1947, out. 2000b.

RAISSAC, M. de. L'utilización des carbohydrates de réserve et son incidence sur la production chez le riz. **Agronomie Tropicale**, Paris, v. 46, n. 2, p. 97-105, 1992.

RASMUSSEN, D. C. An evaluation of ideotype breeding. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 6, p. 1140-1146, Nov./Dec. 1987.

REYNIERS, F. N.; TRUONG-BINH; JACQUINOT, L.; NICOU, R. Breeding for drought resistance in dryland rice. In: IRRI. **Drought resistance in crops with emphasis on rice**. Los Baños, 1982. p. 273-292.

RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 365-368. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

SANINT, L. R. New rice technologies for Latin America: social benefits, past reminiscences and issues for the future. In: CIAT. **Trends in CIAT commodities 1992**. Cali, 1992. p. 1-35. (CIAT. Working Document, 111).

SANTOS, A. B. dos; SILVA, S. C. da; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeitos do manejo da irrigação na temperatura da água e no comportamento do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25.; 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 181-183.

SCHNIER, H. F.; DINGKUHN, M.; DE DATTA, S. K.; MENGEL, K.; FARONILLO, J. E. Nitrogen fertilization of direct-seeded flooded vs. transplanted rice: I. nitrogen uptake, photosynthesis, growth, and yield. **Crop Science**, Madison, v. 30, n.6, p. 1276-1284, Nov./Dec. 1990.



SHEEHY, J. E.; DIONORA, M. J. A.; MITCHELL, P. L. Spikelet numbers, sink size and potential yield in rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 77- 85, June 2001.

SILVA, S. C. da; MEIRELES, E. J. V.; ASSAD, E. D.; XAVIER, L. de S.; CUNHA, M. A. C. da. **Caracterização do risco climático para a cultura do arroz de terras altas no Estado de Mato Grosso**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1997. 18 p. (EMBRAPA-CNPAF Documentos, 76).

SORATTO, R. P.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O. Manejo de água em cultivares de arroz irrigados por aspersão no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 369-372. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

STEINMETZ, S.; BRAGA, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de semeadura nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 429-438, dez. 2001. Número especial.

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; FOREST, F. **Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil: síntese e interpretação dos resultados**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1988. 66 p. (EMBRAPA-CNPAF Documentos, 23).

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos do espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo de água do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 10, p. 1577-1592, out. 1994a.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos do espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 11, p. 1701-1713, nov. 1994b.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A.; YOKOYAMA, L. P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 927-932, jun. 1999.

TANAKA, A.; NAVASERO, S. A.; GARCIA, C. V.; PARAO, F. T.; RAMIREZ, E. **Growth habit of the rice plant in the tropics and its effects on nitrogen response**. Los Baños: IRRI, 1964. 80 p. (IRRI. Technical Bulletin, 3).

TERRES, A. L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas e Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 83-94.

VENKATESWARLU, B.; PARAO, F. T.; VERGARA, B. S. Occurrence of good and high density grains on rice panicles. **SABRAO Journal**, Tokyo, v. 19, p. 1-6, 1987.

VENKATESWARLU, B.; VERGARA, B. S.; PARAO, F. T.; VISPERAS, R. M. Enhanced grain yield potentials in rice by increasing the number of high density grains. **Philippine Journal of Crop Science**, Manila, v. 11, p. 151-152, 1986.



VERGARA, B. S. Plant growth and development. In: UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES. **Rice production manual**. Laguna, 1970. p. 17-37.

VERGARA, B. S.; CHANG, T. T.; LILIS, R. **The flowering response of the rice plant to photoperiod**: a review of literature. Los Baños: IRRI, 1969. 75 p.

VERGARA, B. S.; TANAKA, A.; LILIS, R.; PURANABHAVUNG, S. Relationship between growth duration and grain yield of rice plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 12, n. 1, p. 31-39, 1966.

VERGARA, B. S.; VENKATESWARLU, B.; JANORIA, M.; ANH, J. K.; KIM, J. K.; VISPERAS, R. M. Rationale for a low-tillering rice plant type: concepts for a new plant type for direct seeded flooded tropical rice. In: IRRI. **Direct seeded flooded rice in the tropics**. Los Baños, 1991. p. 39-53.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, New York, v. 4, p. 101-145, 1952.

XIAO, J.; GRANDILLO, S.; AHN, S. N.; MCCOUCH, S. R.; TANKSLEY, S. D.; LIN, J. M.; YUAN, L. P. Genes from wild rice improve yield. **Nature**, London, v. 384, n. 6606, p. 223-224, Nov. 1996.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 23, p. 437-464, 1972.

YOSHIDA, S. Rice. In: IRRI. **Potential productivity of field crops under different environments**. Los Baños, 1983. p. 103-127.

YOSHIDA, S.; ANH, S. B. The accumulation process of carbohydrate in rice varieties in relation to their response to nitrogen in the tropics. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 14, p. 153-162, 1968.

YOSHIDA, S.; HASEGAWA, S. The rice root system: its development and function. In: IRRI. **Drought resistance in crops with emphasis on rice**. Los Baños, 1982. p. 97-114.

YOSHIDA, S.; PARAO, F. T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: IRRI. **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p. 471-494.

YOSHIDA, S.; SATAKE, T.; MACKILL, D. S. **High temperature stress in rice**. Los Baños: IRRI, 1981. 15 p. (IRRI. Research Paper Series, 67).

ZHAO, B. Z.; KONDO, M.; MAEDA, M.; OZAKI, Y.; ZHANG, J. B. Water-use efficiency and carbon isotope discrimination in two cultivars of upland rice during different developmental stages under three water regimes. **Plant and Soil**, The Hague, v. 261, n. 1/2, p. 61-75, Apr. 2004.

ZHIKANG, L.; PATERSON, A. H.; PINSON, S. R. M.; STANSEL, J. W.; LI, Z. K. RFLP facilitated analysis of tiller and leaf angles in rice (*Oryza sativa* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 109, n. 2, p. 79-84, Jan. 1999.



# Recursos Genéticos

Jaime Roberto Fonseca; Cláudio Brondani;  
Rosana Pereira Vianello Brondani; Paulo Hideo Nakano Rangel

**RESUMO** - O gênero *Oryza* possui duas espécies cultivadas, *Oryza sativa*, cultivada no mundo todo, e *O. glaberrima*, cultivada em alguns países da África Ocidental, e mais de 20 espécies silvestres, distribuídas nas regiões tropical e subtropical. Apesar de não ser o centro de origem e de domesticação do arroz, o Brasil possui algumas espécies silvestres e milhares de cultivares tradicionais, crioulas, ou antigas da espécie *O. sativa*, que, no conjunto, constituem uma importante fonte de genes, já adaptadas às nossas condições de cultivo e de inestimável valor devido ao seu uso potencial pelo programa de melhoramento genético do arroz. Ciente da importância de preservação desses recursos genéticos *ex situ*, isto é, fora do seu ambiente original, na forma de Coleção de Base (ColBase), Coleção Ativa (ColAtiva), Coleção de Trabalho e Coleção Nuclear, e, objetivando sua utilização na pesquisa, a Embrapa Arroz e Feijão vem realizando coletas de espécies silvestres e variedades tradicionais de arroz no território brasileiro. Do início do programa, em 1979, até 2002, foram realizadas 24 expedições de coleta, sendo 17 de variedades cultivadas e sete de espécies silvestres. Ao todo, foram coletadas 2.329 amostras, sendo 2.193 de variedades tradicionais e 136 das espécies silvestres *O. glumaepatula*, *O. grandiglumis*, *O. alta* e *O. latifolia*. A espécie *O. glumaepatula*, por ser diplóide e possuir o genoma AA, como o arroz cultivado, vem sendo utilizada como fonte doadora de genes para características agrônomicas de interesse, por meio de cruzamentos com cultivares elite de arroz. A análise genética com marcadores moleculares tem contribuído decisivamente para monitorar a incorporação de genes nestes cruzamentos interespecíficos, além de ser utilizada para a determinação da identidade genética e o grau de relacionamento genético entre os genótipos de arroz em uso pelo programa de melhoramento genético e aqueles componentes da Coleção Nuclear Brasileira do Arroz.

## INTRODUÇÃO

Os Recursos Genéticos abrangem espécies de plantas, animais e microrganismos de interesse sócioeconômico atual ou potencial, podendo ser conservados *in situ* e *ex situ*. A conservação *in situ* refere-se à conservação de população original em seu meio ambiente natural, enquanto a *ex situ*, corresponde à manutenção do germoplasma sob condições controladas, fora de seu ambiente natural (Valois, 1995), e é feita de forma organizada em coleções mantidas em bancos de germoplasma, geralmente na forma de sementes, como acontece para o arroz.

As coleções de germoplasma, apresentando variabilidade genética de interesse para os programas de pesquisa, principalmente de



melhoramento genéticos, são classificados em coleções de Base, Ativa e Nuclear. Coleção de Base (ColBase) inclui um conjunto de acessos distintos na sua integridade, preservados a longo prazo em temperatura entre -18 e -20°C. É o repositório de germoplasma para suprimento das coleções ativas, sendo excepcionalmente usada pelos pesquisadores. A coleção Ativa (ColAtiva) destina a conservar amostras de germoplasma a médio prazo, 5 a 10 anos, em temperatura de zero a abaixo de 15°C. A estrutura física que conserva a ColAtiva é denominada de Banco Ativo de Germoplasma. A Coleção Nuclear (também conhecida por "Core Collection"), concebida para estimular e facilitar a utilização do germoplasma, representa como estrutura 70 a 80% da variabilidade genética da ColBase, e em torno de 10% dos seus acessos (Brown, 1989; Freire et al., 1995, 1999). Muitos bancos de germoplasma conservam também a Coleção de Trabalho, que possui estrutura restrita na sua variabilidade genética para as características exigidas, e está sob a responsabilidade dos pesquisadores ou das instituições onde são realizados os trabalhos (Engler & Chang, 1991). Na Embrapa Arroz e Feijão, a coleção de trabalho dos pesquisadores é mantida em uma câmara de conservação com temperatura de 12°C, sem controle da umidade relativa.

Diversos centros de pesquisa agrônômica, na América e fora dela, possuem coleções valiosas de arroz. A maior coleção de *Oryza* sp. existente pertence ao International Rice Research Institute (IRRI), nas Filipinas. Essa coleção, em 2004, já atingia mais de 90.000 amostras de variedades cultivadas e espécies selvagens, sendo a maioria de variedades tradicionais da espécie *Oryza sativa* ([www.irri.org/grc/irg/biodiv.genebank.htm](http://www.irri.org/grc/irg/biodiv.genebank.htm)). A China possui uma coleção de 40.000 acessos e a Índia de 25.000 (Khush, 1997). Coleções de outras instituições internacionais estão relacionadas na Tabela 8.1, permitindo que se tenha uma idéia da dimensão da variabilidade armazenada e a disposição dos pesquisadores.

No Brasil, a Embrapa mantém uma rede nacional de bancos de germoplasma que é coordenada pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN). O Banco Ativo de Germoplasma (BAG-Arroz) da Embrapa Arroz Feijão, fundado em 1975, faz parte dessa rede nacional de bancos e conserva, a médio prazo, a ColAtiva, em ambiente controlado de 12°C e 25% de umidade relativa. No BAG, as espécies silvestres e variedades tradicionais são prioritariamente preservadas por serem um repositório natural de genes de tolerância a doenças, insetos, salinidade, seca, dentre outras características, as quais podem ser transferidas para cultivares comerciais pelo programa de melhoramento genético do arroz.



**Tabela 8.1.** Coleções de base e ativa de arroz, *Oryza sativa*.

Instituição	País	Número de amostras		Ano de fundação
		ColBase	ColAtiva	
China National Rice Research Institute - CNRRI	China	30.843	-	1990
National Seed Storage Laboratory - NSSL	USA	20.775	16.008	1958
Rural Development Administration - RDA	Coréia	19.146	-	1988
Regional Research Center - RRC	Tailândia	18.341	-	1981
MIAR	Japão	13.854	-	1978
International Institute of Tropical Agriculture - IITA	Nigéria	12.311	-	1981
Bogor Institute of Food Crops - BORIF	Indonésia	11.835	-	1984
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia - CENARGEN	Brasil	8.500 <sup>(1)</sup>	-	1974

<sup>(1)</sup> Estimativa

Fonte: Adaptada de Engler & Chang (1991).

As principais funções do BAG para conservação dos recursos genéticos de arroz consistem de: introdução dos acessos, por meio da documentação e arquivamento; manutenção da coleção em condições viáveis, com a multiplicação, em telado ou casa de vegetação e no campo, para obtenção de sementes de alta qualidade e em quantidade suficiente para atender a ColBase e a solicitação de pesquisadores; regeneração, quando o poder germinativo for inferior a 85%, para manutenção da integridade genética da amostra; intercâmbio com distribuição e troca de germoplasma dentro e fora do país; caracterização e avaliação, visando a individualização fenotípica de cada acesso; utilização e manutenção do banco de dados informatizado (Silva et al., 2001).

A ColAtiva de germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão, cuja duplicata é também preservada no CENARGEN, conta com aproximadamente 10.469 acessos de arroz, 4.476 (ou 43%), do exterior e 5.992 (ou 57%), do Brasil. A coleção total é composta por: 2.518 linhagens brasileiras; 3.475 variedades nacionais, das quais 2.702 são variedades tradicionais ou regionais, obtidas por expedições de coleta; 3.014 linhagens e 1.461 variedades, de outros países (Silva et al., 2002). Também existem coleções de arroz mantidas por outras instituições, como por exemplo, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) que conta com um acervo de 2.087 amostras (Freire et al., 1999).

Vários trabalhos propõem a utilização de descritores botânico-agronômicos de arroz, objetivando a caracterização dos acessos nos





BAGs (Chang & Bardenas, 1965; Souza et al., 1972; Embrapa, 1977; IBPGR-IRRI, 1980; Fonseca & Bedendo, 1984; Brasil, 1997). Hernandez (1988) destaca a importância do uso de descritores padronizados, o que, segundo o autor, facilita o uso dos recursos genéticos, ajudando os pesquisadores na seleção de genótipos para uso nos programas de melhoramento.

De acordo com IBPGR-IRRI (1980), os descritores de arroz são divididos em três categorias: dados de passaporte ou identificação dos acessos; caracterização; e avaliação preliminar. A caracterização corresponde aos atributos ou caracteres botânicos de fácil visualização, enquanto a avaliação preliminar compreende um número limitado e consensual de atributos agrônômicos que são propostos por especialistas na cultura.

Na Embrapa Arroz e Feijão, a caracterização e avaliação de germoplasma de arroz iniciaram no ano de 1978, em genótipos brasileiros de terras altas introduzidos no BAG e utilizaram, inicialmente, os descritores contidos no "Manual de Métodos de Pesquisa em Arroz" (Embrapa, 1977). Posteriormente, passou-se a utilizar os descritores morfológicos propostos pelo International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) e pelo IRRI, o que gerou algumas publicações sobre características morfo-agronômicas encontradas em variedades de arroz (Fonseca et al., 1981, 1982b; Fonseca & Bedendo, 1984).

A partir de 1982, foram instalados os Campos de Avaliação Multidisciplinar de Germoplasma de Arroz (CAM), onde eram plantados, anualmente, as introduções brasileiras, oriundas de expedições de coleta de germoplasma, e introduções estrangeiras, de várias origens; Ensaios Internacionais do IRRI e do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Institut de Recherches Agronomiques Tropicales (IRAT); International Institute of Tropical Agriculture (IITA); e outros (Fonseca & Freire, 1985). Os CAM foram implantados até fins de 1989, ressaltando que nos anos agrícolas de 85/86, 86/87 e 87/88, não houve caracterizações das entradas e, sim, apenas atividades de seleção dos melhores genótipos com características desejáveis pelo programa de melhoramento da unidade. Nesse período foram utilizados 28 descritores propostos pelo IBPGR-IRRI (1980).

A partir de 1994, têm sido utilizados os seguintes descritores: ângulo, comprimento e largura da folha bandeira; pubescência da folha; presença e cor do apículo e arista; tipo e exercício da panícula; porte



da planta; cor e pubescência das glumelas; classe do grão; e ciclo cultural. De 1982 a 1999, foram caracterizadas 7.150 entradas, sendo selecionadas 701 (Fonseca, 1999).

As informações referentes ao germoplasma de arroz introduzidos no BAG, dados de passaporte, e os dados dos descritores em cada ano de caracterização dos CAM, foram armazenados usando um programa SAS-WS. Atualmente, está em fase de implantação o Banco de Dados SIBAG (Sistema de Informatização de Banco de Germoplasma), com os objetivos de: armazenar e disponibilizar os dados à comunidade científica; estabelecer uma gerência efetiva e eficiente do germoplasma; disponibilizar de forma instantânea via Internet os dados de interesse; contribuir para intensificar o intercâmbio de informações; e fortalecer a integração da Rede de Germoplasma do Serviço Nacional de Pesquisa Agropecuária. Do total das introduções na ColAtiva foram caracterizados e/ou avaliados até 2001, 81% do germoplasma de arroz (Silva et al., 2002).

Com base no o Decreto-Lei n.º 2366, de 5 de novembro de 1997, que trata da proteção de cultivares, e na portaria n.º 527, de 31 de dezembro de 1997, que referencia o registro de cultivares, iniciou-se na Embrapa Arroz e Feijão, no período agrícola 1997/1998, um trabalho de caracterização e avaliação de cultivares comerciais e linhagens promissoras de arroz a serem lançadas pela Embrapa e seus parceiros. Para tais atividades, que se fundamentam em assegurar a identidade dos materiais, resguardar os direitos de seus criadores, e solucionar problemas nos campos de produção de sementes, no registro e na comercialização, têm sido utilizados 27 descritores mínimos de arroz exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) (Brasil, 1997). São eles: cor e pubescência do limbo foliar; cor da aurícula e da lígula; ângulo da folha bandeira; comprimento e espessura do colmo; ângulo dos perfilhos; cor do internódio; coloração de antocianina nos nós do colmo; comprimento, tipo e exercício da panícula; resistência à degranação; comprimento e distribuição das aristas na panícula; cor do estigma; cor e pubescência das glumelas; cor do ápículo na floração e maturação; cor das glumas estéreis; ciclo cultural; massa de 1.000 grãos; comprimento, forma e cor dos grãos, com e sem casca. Além dessas características, informações adicionais de reação a doenças e pragas também são requeridos. De 1997 a 2001, foram caracterizadas 53 linhagens e cultivares de arroz de terras altas e irrigado lançadas comercialmente (Fonseca et al., 2001).



A Embrapa Arroz e Feijão tem se preocupado com a preservação e conservação dos recursos genéticos de arroz em relação as suas espécies e formas silvestres. Do gênero *Oryza* sp. foram coletadas na Bacia Amazônica, Pantanal Matogrossense e norte de Goiás, as seguintes espécies: *O. glumaepatula*, *O. latifolia* Desv., *O. alta* e *O. grandiglumis* (Doell.) Prod.; e introduzidas as espécies *O. glaberrima* Steud., *O. officinalis* Wall ex Watt, *O. breviligulata* A Chev. et Roehr, *O. punctata* Kotschy ex Steud., *O. rufipogon* Griff. e *O. perenis* Moench.

A conservação dos recursos genéticos constitui uma atividade de preocupação e importância mundial e seu uso adequado constitui a segurança de um futuro melhor para as gerações vindouras. Um indicador importante do uso do germoplasma conservado é o somatório de mais de 12.000 amostras de arroz distribuídas de 1975 a 2002, pelo BAG-Arroz, à comunidade científica.

### **A ESPÉCIE *Oryza sativa***

O gênero *Oryza* está classificado na tribo Oryzeae, subfamília Oryzoideae, família Poacea (Graminae). Este gênero possui duas espécies cultivadas, *O. sativa*, cultivada no mundo todo, e *O. glaberrima*, cultivada em alguns países da África Ocidental, e mais de 20 espécies silvestres, distribuídas nas regiões tropical e subtropical. O arroz cultivado é classificado em duas subespécies, *Indica* e *Japonica* (Chang, 1976; Oka, 1991), conforme descrito em detalhes no Capítulo 7 deste livro.

Estima-se que o gênero *Oryza* surgiu a no mínimo 130 milhões de anos e disseminou-se como uma gramínea silvestre no supercontinente de Gondwana, que posteriormente separou-se e deu origem aos Continentes Asiático, Africano, Americano, Australiano e Antártico. Hoje, as espécies do gênero *Oryza* estão distribuídas em todos esses continentes, à exceção da Antártica (Khush, 1997). Os recursos genéticos do gênero *Oryza* incluem, portanto, espécies silvestres, híbridos naturais entre o arroz cultivado e espécies silvestres, cultivares comerciais, variedades tradicionais, híbridos, mutantes e linhagens de programas de melhoramento genético, totalizando mais de 100.000 genótipos (Chang, 1976).

A domesticação das espécies silvestres de *Oryza* começou provavelmente há 9.000 anos. Na Ásia, a domesticação pode ter ocorrido independentemente na Índia, Myanmar, Tailândia, Laos, Vietnã e China. Inicialmente, o arroz foi cultivado em solo sem inundações.



Foi na China que o processo de alagamento do solo e transplântio de plântulas foi aperfeiçoado, o que tornou o arroz plenamente domesticado. Descobertas arqueológicas identificaram grãos de arroz datados de 4.000 a.C. na Tailândia, 6.750 a.C. na Índia e 7.040 a.C. na China. A partir da Ásia, o arroz foi introduzido na Grécia em 324 a.C., e posteriormente, na Europa, onde somente no século XV passou a ser cultivado em maior escala (Khush, 1997).

Os portugueses introduziram no Brasil o arroz *Indica* e o arroz *Japonica* tropical, durante o período colonial. No Brasil, a maioria das variedades de arroz de terras altas pertence ao grupo *Japonica* tropical e de arroz irrigado, ao grupo *Indica* (Khush, 1997). Encontram-se na Tabela 8.2 as principais diferenças fenotípicas entre os dois grupos.

**Tabela 8.2.** Comparações entre as principais características dos tipos *Japonica* e *Indica*.

Característica	<i>Japonica</i>	<i>Indica</i>
Forma e cor da folha	Estreita e verde escura	Larga e verde clara
Ângulo da folha bandeira e ráquis	Grande	Pequeno
Comprimento do colmo	Curto	Longo
Rigidez do colmo	Mole e difícil de quebrar	Duro e fácil de quebrar
Acamamento	Difícil	Fácil
Formato do grão	Largo e espesso, seção transversal arredondada	Longo, estreito e levemente achatado
Degrana	Baixa	Alta
Apículo	Geralmente ausente, poucas variedades com pequeno apículo	Presente, com variação no comprimento
Comprimento e número de tricomas na gluma	Relativamente denso e curto	Pouco denso e relativamente longo
Relação comprimento: largura do grão	2,5 ou menos	2,5 ou mais
Germinação	Lenta	Rápida
Resistência ao KCl	Alta	Suscetível
Tolerância à baixa temperatura	Alta	Suscetível
Resistência à seca	Baixa	Alta
Destruição do endosperma por álcali	Fácil	Difícil

Fonte: Watanabe (1997).



De origem subtropical, o arroz é cultivado no mundo entre os paralelos 55°N, na China, até 36°S, no Chile. A seleção por agricultores durante séculos sob várias condições de cultivo tem resultado em uma grande quantidade de variedades. Durante o processo de cultivo e domesticação de *O. sativa*, um grande número de mudanças morfológicas e fisiológicas ocorreu. Folhas mais largas e longas, colmos mais grossos, e panículas mais longas resultaram em plantas de tamanho maior. Também houve um aumento no número de folhas e na sua taxa de desenvolvimento, massa de grãos, vigor de plântula e capacidade de emitir perfilhos. A taxa fotossintética de folhas individuais aumentou levemente, assim como o período de enchimento de grãos. Em contrapartida, houve diminuição ou perda de algumas características, como dormência da semente, degrana da panícula, aristas, resposta ao fotoperíodo e sensibilidade a baixas temperaturas. A frequência de polinização cruzada também diminuiu, fazendo com que o arroz tivesse aumentada sua taxa de autogamia em relação às espécies silvestres (Chang, 1976). Forças combinadas de seleção natural e humana, diversidade climática, de solos e práticas culturais levaram a um aumento da diversidade ecológica encontrada, sobretudo em variedades tradicionais de arroz.

Variedades de arroz diferem em diversos aspectos. O ciclo da cultura varia de 80 a 280 dias, algumas são sensíveis ao fotoperíodo, outras não. O endosperma também apresenta variação, sendo que a grande maioria das variedades são não-glutinosas, característica que confere o aspecto de grão solto após o cozimento. A variação também se dá com relação à tolerância a estresses abióticos, como seca e frio, e resistência a estresses bióticos, como doenças e insetos (Khush, 1997). A Revolução Verde introduziu o conceito de variedade moderna de arroz, com o lançamento, pelo IRRI, da cultivar semi-anã IR-8, altamente produtiva, a qual foi extensivamente utilizada como genitor em programas de melhoramento do mundo todo. No início dos anos 1970, a IR-8 foi substituída por uma série de cultivares com qualidade de grão melhorado, maiores níveis de resistência a pragas, e mais precoces. Programas de melhoramento genético de diversos países, incluindo o Brasil, desenvolvem cultivares melhoradas, adaptadas às condições ambientais específicas. Outro grande avanço no desenvolvimento do germoplasma melhorado foi a obtenção de arroz híbrido, o qual ocupa grande parte da área de cultivo da China, principal país produtor e



consumidor deste cereal. Devido ao uso de genitores geneticamente muito semelhantes em programas de melhoramento, as cultivares modernas são potencialmente mais suscetíveis a insetos e doenças e, neste particular, variedades tradicionais podem ser utilizadas para transferir genes de tolerância mediante cruzamentos com cultivares comerciais.

## O ARROZ NO BRASIL

Populações indígenas já utilizavam o arroz para sua alimentação quando da chegada dos portugueses no descobrimento do Brasil. Sabe-se hoje que esse arroz não era da espécie *Oryza sativa*, e sim populações silvestres da espécie *O. glumaepatula*. Não existem informações precisas quanto ao ano e local de introdução do arroz cultivado (*O. sativa*) no Brasil. Contudo, existem evidências de que o arroz teria sido introduzido pelos portugueses a partir do ano de 1550. O arroz vermelho, também *Oryza sativa*, conhecido como arroz da terra ou arroz de Veneza, teria sido introduzido para cultivo a partir do século XVII por portugueses açorianos, no Estado do Maranhão e Grão-Pará. Ele é denominado arroz vermelho devido à coloração do pericarpo, em contraposição à coloração branca do arroz comum (Pereira, 2002). No início do século XX, existia um grande número de variedades de arroz sendo cultivadas no Brasil, algumas introduzidas e outras locais, oriundas de um processo contínuo de seleção e adaptação. Recebiam denominações normalmente relacionadas com a localidade onde eram cultivadas ou com alguma característica morfológica marcante. Em muitos casos, as mesmas variedades eram conhecidas com nomes diferentes. Em outros, os nomes iam sofrendo corruptela, ganhando ou perdendo sílabas, conforme a tradição oral (Pereira, 2002). Antes da implantação de programas de melhoramento de arroz no Brasil, que viria a ocorrer no ano de 1937, no Instituto Agrônomo de Campinas, novas variedades consistiam de introduções provenientes de outros países, como Estados Unidos, Itália e, naturalmente, países asiáticos. Variedades de arroz desenvolvidas nessa época por instituições como IAC, Instituto Riograndense do Arroz (IRGA) e Escola Superior de Agricultura de Viçosa (ESAV), como Iguape, Pérola, Jaguarí e Dourado (para cultivo em terras altas) e Caloro e Fortuna (cultivo em várzeas), dentre outras, são ainda cultivadas em nível de pequenas propriedades, sendo hoje consideradas variedades tradicionais. Em 1974 a Embrapa criou o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, em



Santo Antônio de Goiás (GO), com a finalidade de coordenar a pesquisa de arroz e feijão em nível nacional. A cada ano a Embrapa Arroz e Feijão avalia uma série de linhagens oriundas de seu programa de melhoramento, com o objetivo de lançar comercialmente, para as diferentes condições de cultivo do Brasil, novas cultivares com maior produtividade, resistência a insetos e doenças, e melhor qualidade de grão. Nesses 30 anos, foram lançadas mais de 30 cultivares de arroz irrigado e de terras altas.

## **COLEÇÃO NUCLEAR BRASILEIRA DO ARROZ**

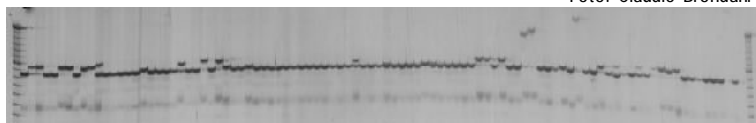
Os programas de melhoramento genético de arroz no mundo são baseados na utilização de um número reduzido de genitores com arquitetura moderna e atributos agronomicamente desejáveis, o que tem conduzido a um estreitamento da base genética. Com a redução da variabilidade genética, reduz-se também o ganho genético por ciclo de seleção. A escolha de acessos geneticamente divergentes em relação aos genitores elites, armazenados em bancos de germoplasma, para integrarem o programa de melhoramento genético, é uma alternativa viável para ampliação da base genética do arroz cultivado.

Para uma escolha precisa dos acessos mais divergentes, é necessário que os acessos sejam caracterizados com os descritores mínimos, já citados anteriormente. Além disto, uma avaliação a nível de genoma (DNA estrutural) de cada acesso, por meio de marcadores moleculares, oferece como vantagem a determinação precisa da variabilidade existente tanto entre diferentes acessos, quanto entre os indivíduos de um mesmo acesso. Devido ao grande número de acessos de um banco de germoplasma, torna-se impraticável a obtenção conjunta dos dados fenotípicos e genotípicos em toda a coleção. Contudo, o estudo detalhado pode ser feito em um número reduzido de genótipos, como por exemplo, nos acessos pertencentes à Coleções Nucleares, as quais consistem de um subgrupo de acessos de qualquer coleção de germoplasma que incorporam, com o mínimo de redundância, a diversidade genética de uma cultura e seus parentes silvestres, segundo o conceito original de Frankel (1984). Coleções Nucleares não visam substituir os bancos de germoplasma, que continuam então a preservar o restante dos genótipos.



A formação da Coleção Nuclear Brasileira do Arroz (Abadie et al., 2002), resultante de um projeto colaborativo entre a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen) e a Embrapa Arroz e Feijão, consiste de um grupo de 550 acessos, selecionados a partir de 10.000 acessos do banco de germoplasma. A Coleção Nuclear possui 3 estratos: a) variedades tradicionais, 308 acessos; b) material melhorado do Brasil, 94 acessos; e c) introduções de outros países, 148 acessos. A escolha dos acessos melhorados do Brasil e introduzidos foi baseada nas informações fornecidas pela equipe de melhoramento do arroz. As variedades tradicionais, formando o estrato considerado mais importante por possuir grande variabilidade genética, foram também classificadas segundo o ecossistema, terras altas ou várzea. Esses acessos foram alocados, para cada ecossistema, proporcionalmente ao produto do logaritmo do número de variedades tradicionais pelo índice de Shannon (medida de diversidade) de cada um deles, além da utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG). A caracterização detalhada dos 550 acessos da Coleção Nuclear Brasileira do Arroz inclui, além dos descritores fenotípicos já obtidos, o padrão molecular com marcadores SSR (Simple Sequence Repeats, Fig. 8.1), e o desempenho para características de interesse agrônomo, obtido em experimento em campo (Fig. 8.2), como produtividade, número de perfilhos e panículas por área, número de dias até o florescimento, determinação do teor de amilose e caracterização de proteínas nos grãos. Esta caracterização possibilitará identificar os acessos com maior chance de contribuir para a ampliação da base genética das linhagens do programa de melhoramento, e os acessos que porventura estejam em duplicata na Coleção Nuclear, sendo, nesse caso, substituídos por outros ou simplesmente retirados.

Foto: Cláudio Brondani



**Fig. 8.1.** Caracterização molecular de 96 genótipos de arroz com o marcador SSR OG6. Primeiro e último poços: marcador de massa molecular Ladder 10 pares de base.





Foto: Cláudio Brondani



**Fig. 8.2.** Experimento para avaliação de características agrônômicas dos 550 acessos da Coleção Nuclear Brasileira do Arroz.

## ANÁLISE MOLECULAR DE RECURSOS GENÉTICOS

A análise genética de uma espécie autógama, como o arroz, frequentemente baseia-se na suposição de que um acesso ou variedade é uma amostra homogênea de sementes geneticamente puras. Quando a identidade genética era unicamente baseada na avaliação fenotípica, esta suposição era aceita como uma aproximação da realidade. Contudo, com a utilização de marcadores moleculares, para espécies silvestres e variedades tradicionais, a diversidade genética dentro de um acesso é um importante aspecto a se considerar. Quando múltiplos acessos de espécies silvestres ou variedades tradicionais estão disponíveis, a identificação da extensão da variabilidade genética é fundamental para decidir qual acesso contém o maior número de novos alelos, quais podem ser duplicatas, e quais possuem características de interesse agrônômico. Para o caso de cultivares comerciais de arroz, o conceito de pureza genética é crítico, pois elas são registradas como linhas puras e, em contrapartida, a heterogeneidade genética pode ser um diagnóstico de mistura de sementes indesejada, polinização cruzada, ou, em casos raros, mutação. Em última análise, marcadores moleculares podem ser úteis no estabelecimento da identidade genética, diagnóstico de heterogeneidade e para prevenir a propagação desta variação.

Marcadores moleculares podem auxiliar na preservação dos altos níveis de variabilidade alélica em variedades tradicionais, por meio da determinação do número mínimo de indivíduos requeridos para representar adequadamente a diversidade alélica destas variedades heterogêneas. Essa informação é crucial durante a etapa de multiplicação dos acessos do banco de germoplasma, por servir de parâmetro para definir o tamanho mínimo



da amostra de sementes que deve ser colhida para preservar a identidade genética de cada acesso. Com o aumento do número de marcadores avaliados nos bancos de germoplasma é possível determinar não só a constituição genética de cada acesso, mas também as relações genéticas entre eles. Em uma segunda etapa, pode-se começar a relacionar o desempenho para características agrônômicas de interesse, com a presença ou ausência de alelos específicos de determinado marcador molecular (Ford-Lloyd et al., 1997; Olufowote et al., 1997).

## **COLETA DE GERMOPLASMA TRADICIONAL DE ARROZ NO BRASIL**

### **Importância e objetivos da coleta**

O centro de origem de uma espécie corresponde à região geográfica onde ela se originou. O centro de diversidade, ou seja, de domesticação, refere-se ao local ou locais onde existe grande variabilidade genética de importância para o melhoramento. Segundo Harlan & Wet (1971), a coleta de germoplasma de espécies silvestres deve ser feita próximo aos seus centros de origem. Como o arroz foi introduzido no Brasil, há poucas espécies silvestres. Por isso, o objetivo da coleta dentro do país é obter a maior variabilidade dos genótipos adaptados aos ecossistemas brasileiros.

Apesar de não ser o centro de origem e de domesticação da espécie arroz (*Oryza sativa* L.), o Brasil possui milhares de variedades tradicionais, também denominadas de raças locais ou regionais, crioulas ou antigas, constituindo-se uma fonte genética de inestimável valor ao melhoramento de plantas.

As variedades tradicionais, freqüentemente, exibem ampla variabilidade genética no tocante ao ciclo cultural, vigor inicial de plântulas, aceitação fenotípica, porte de planta, adaptabilidade às condições ecológicas, tolerância a estresses hídricos, resistência ou tolerância à pragas, classe e forma de grão, rendimento industrial e qualidade culinária. Com o aumento da disponibilidade de variedades melhoradas para os agricultores e a ocorrência de estiagens prolongadas nas regiões de cultivo, as variedades tradicionais correm o risco de desaparecer (Fagundes, 1982), tornando-se imprescindível a sua preservação em bancos de germoplasma (Freire et al., 1999).

Ciente da importância da conservação desses recursos genéticos regionais e objetivando minimizar a perda desses genótipos,



bem como propiciar a sua utilização na pesquisa a curto, médio ou longo prazo, a Embrapa Arroz e Feijão, em cooperação com o Cenargen, vem desenvolvendo um amplo programa de coleta de germoplasma de variedades regionais de arroz em todo o território nacional (Coradin & Fonseca, 1982).

### Histórico e expedições de coleta

As coletas iniciaram-se por volta de 1979 e, até 2003, 19 expedições foram efetuadas no país, abrangendo-se 14 estados: três no Maranhão, duas em Minas Gerais, três em Goiás e uma no Piauí, Ceará, Espírito Santo, Santa Catarina, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Roraima, Rondônia, Amazonas, Acre e Tocantins (Fig. 8.3). Ao todo, foram coletadas 2.338 amostras de arroz (Fonseca et al., 2002). O ano de realização das coletas, as entidades participantes ou colaboradoras, número de amostras coletadas, regiões e municípios percorridos e nomes regionais das variedades, são apresentados na Tabela 8.3. Sucintamente, são abordados, por estado, a seguir, os sistemas de cultivos e informações de importância, em cada coleta.

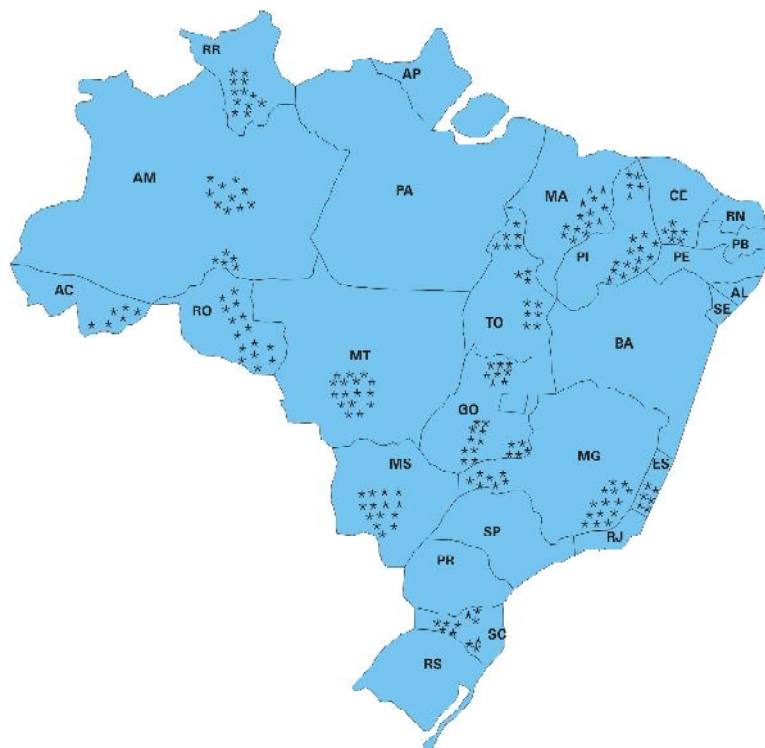


Fig. 8.3. Estados e regiões onde foram realizadas coletas de arroz.



**Tabela 8.3.** Ano de realização, estados, entidades participantes ou colaboradoras, número de amostras, regiões e municípios percorridos e nomes regionais das variedades coletas.

Ano	Estado	Instituição	Amostra (n°)	Região	Município	Variade
1979 e 2001	MA	CENARGEN <sup>1)</sup> EMAPA <sup>2)</sup> CNPIM <sup>3)</sup>	534	Cerrado e Chapadões	Peritoró, Codó, Bacabal, Caxias, Presidente Dutra, São João dos Pooleiros, Buriti Bravo, Colinas, Paraibano, Pastos Bons, São João dos Fatos e Balsas.	Vermelho Comum, Agulha, Come Cru, Cuião Vermelho, Zebú, Lageado, Poupá Preguiça, Gotano, Bacaba, Ligeiro, Marabá, Rabo de Burro, Casado, IAC-1246, Palha Murcho, Arroz de Revenda, Bico Preto, Chatão, Come Cru Branco, Cuião Branco, Ligeiro Vermelho, Seia Velha, Bacaba Branco, Buriti, Canarana, Cuchilão, Dobradinho, IAC, Mairim, Mearim Miúdo, Mearim Vermelho, Mucum, Peluco e Sete Semanas.
1980	MG	EFAMIG <sup>4)</sup> EMATER <sup>5)</sup> MG	130	Zona da Mata e sul de Minas	Ubá, Viçosa, Rio Pomba, Mercês, Piraúba, Bicas, Maripá de Minas, Barão de Monte Alto, São Francisco da Glória, Carangola, Divino, Orizônia, Manhuaçu, Tocantins, São João do Manhuaçu, Barbacena, Leopoldina, Nazareno, Itutinga, Perdões, Lavras, Campanha, Pouso Alegre, Itajubá, São José do Alegre, Estiva e Pirangulinho.	Santa Catarina, Silva Norte, Escrivim, Chorinho Americano e Chorinho Aliança, Veneza Branco, Paga Dívida, Maçarico, Da Abril, Hóndio, Dourado, Pacholinha, Mangote, Rabudo, Arroz Preto, Guape, Matão, Muriceira, Secretário, Barriga Branca, Amarelão, Honduras, Japonês, Cacho de Ouro, Beira Campo, Uberabinha, Brejeiro, Menenzinho, Cana Roxa Piloso, Cana Roxa Liso, Caratinho, Prata, Arroz do Campo, Quebra Cacho, Bico de Curdó, Serra Azul, Bico Roxo, Coqueiro Amarelo, Cataguias, Tomba Morro, Japonês da Várzea, Prata, Nanico, Bico de Rola e Desempenho/Paga Dívida/Levanta Hipoteca/ Amarelinho.
1980	RR	NPAP <sup>6)</sup> ASTER <sup>7)</sup> /RR	59	-	Tucano, Alto Alegre, Mucajaí, Camá, Caracará e Novo Paraíso	Agulhão, Agulhinha Ligeiro, Agulhinha Tardão, Come Cru, Chatão Vermelho, Chatão Branco, Vermelho, Come Cru Branco, Cana Roxa, Bico Ganga, Agulhão Branco, Agulhinha, Lageado, Comum/Chatão, Buriti, Agulhinha Vermelho e Agulhinha Branco.
1981	ES	EMCAPA <sup>8)</sup>	53	-	Serra, Fundão, Colatina, Graça Aranha, Novo Brasil, Governador Lindenberg, Barra do Novo Brasil, Paríças, Rio Novo, Mantenedópolis e Beira do São Francisco	Paga Dívida, De Abril, Pacholinha, Híbrido, Bico Roxo, Escocdo Cacho, Cacho Grande, Terra Preta, Doidão, Arroz de Morro, Secretário, Nanição, Nanico, Jaguarão, Taquarão, Maranhão, Semambaia, Barriga Branca, Escrivim, Cana Roxa, Pella Negro, Semambaia Branco e Semambaia Amarelo.

Continua...



Tabela 8.3. Continuação.

Ano	Estado	Instituição	Amostra (n°)	Região	Município	Varietade
1982	AM	UEPAE <sup>BR</sup> - Manaus	44	-	Manaus e Humaitá	Agulha Amarelo, Amarelo Bico Preto, Amarelinho Branco, Amarelo, Arroz Flotante, Montanha, Patão/4 Meses, IAC-2, Jeguari, Jaguarzinho, Lajeado e Santa América.
1982	AC	UEPAE-Rio Branco	62	-	Rio Branco, Senador Guiomara, Xapur e Brasília.	Canela de Aço, Bico Preto, Merim Dourado, 3 Meses Branco, Bico Roxo, Amarelo, Agulhinha Paulista, Agulhão, Arroz Boliviano/Arroz 25, Carolino, Veludo, Canoto, Chatão, Merim, 3 Meses e Arroz 101.
1983	RO	UEPAE-Porto Velho	125	-	Porto Velho, Aequemes, Jarí, Ouro Preto D'Oeste, Presidente Médici, Ji-Paraná, Cacoal, Pimenta Bueno, Viena e Colorado D'Oeste.	Pratão, Agulhinha, Agulhinha Branco, Agulhinha Amarelo, Agulhinha, Ibrinha, Jeguari, Bico Preto, Agulhão, Amarelo, Bolinha, Arroz Preto, Montanha, Guapão, Agulhinha Anã, IAC-12, Castelinho, Bamcuí, Ouro Verde, Guapa, Amarelo 90 Dias, Canela Curta, Piratão, Prata 5 Meses, Japonês Branco, Tombo Morro, Calte, IAC-124E, Lebonere, Bluecele, Tibitinha, Taquarema, Americano, Japonês Grande, Japonês Claro, Goiano, IAC-101, Ferrujão, Amarelo Bico Preto e Arroz Firinho.
1984	PI	UEPAE- Teresina, EMATER-PI	184	-	Parnaíba, Buriti dos Lopes, Firacuruca, Piripiri, Pedro I, Teresina, A tos, São Caetano, Campo Maior, São Félix, Angical do Piauí, Hugo Vaporaão, Monsenhor Sil, Regeneração, Valença, São Pedro do Piauí, Agricolândia, Jerumetina, Landre Sales, Marcos Parente, Itauviçá, Manoel Emílio, Floriano, Prata, Novo Oriente, Palmeirais e Canto do Buriti.	Burrinho, IR-8, Rexro, Fipinho, Ojinho, Apiani, Saquarema, Buíta, Cergelim, Macaba Múdo, Arroz Coco, Maranhense, Lajeado, Carogo-Só, Espeto de Ferro, Buriti, Murjim, Arroz Asa, Come Cru, Vermelho 4 Meses, Ligeiro Branco, Enche Cuanta, Vermelhinho, Caterão, Cica-4, Enche Paol, Cana Roxa, Cutião, Moco, Matcapá, Fingó de Ouro, Carolina, Nenenzão, Agulha, Rebo de Burro, Bodojó, 70 Dias, Baitano, Japão, Guaiá, Curugé Ligeiro, Capim, Paga Jivida, Fartura, Arroz de Leite, Goiano, Palha Murcha, Brutião, São Paulo Branco e Casado.

Continua...



**Tabela 8.3.** Continuação.

Ano	Estado	Instituição	Amostra (n°)	Região	Município	Variedade
1985	MS	EMPAER <sup>100</sup> , MS	82	-	Aquidauana, Miranda, Bodoquera, Bonito, Guia Lopes da Laguna, Dourados, Antônio João, Rio Brilhante e Nogueiras.	Agulhinha, Bico Preto, Chifre de Veado, Noventinha, Ferrujão, Vermelho, Arroz de Maio, Montanha, Amarelo, Carolina, Amarelão, Branco 3 Meses, Amarelo 5 Meses, Goianinho, Cana Roxa, Jaguarí, Beira Campo, Pratião Precoces, Maranense, Italiano e Francese Liso.
1986 e 1987	GO	EMATER-GO	287	centro, noroeste e sul Goiano	Goiania, Trindade, Santa Bárbara de Goiás, Anicuns, Itaberai, Americano do Brasil, Goiás, Mossamedes, São Luiz de Montes Belos, Muçumá, Jussara, Capuranga, Carmo do Rio Verde, Ceres, Rialma, Nova Glória, Itacaci, R. J. Batista, Itarapópolis, Jaraguá, São Francisco de Goiás, Petrolina de Goiás, Guapó, Varão, Inoiara, Estrela, Jaratá a, Parailma, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Cagui, Cachoeira Alta, Jataí, Itarumã, Goiabuba, Pontalina, Frazarajuca e Hidrolândia.	Agulhinha, 4 Meses, 5 Meses Branco, Bico Ganga, Bico Preto, 100 Dias Amarelo, Cana Roxa, Guafra, Amarelo Bico Preto, Agulhinha Amarelo, Agulhinha do Brejo, Bico Roxo, C-12, Guafra Amarelo, Alvorada, Carioquinha, Iguape, Rendoso, Arroz Cornum, 3 Meses, Douradão, Amarelão, Iguapão, Bico Branco, Sempre Verde, Pratinha, Quebra Coco, Arroz Preto, Pratinha Branco, Cachimbo Miúdo, Brejeiro Branco, Carioquinha Amarelo, Agulhinha Ferrujão, Ferrujão, Doidão, Agulha, 4 Meses Antigo, Jaguarí, 60 Dias, Beira Campo, Ferrão Preto, Raco de Carneiro, Bico Claro, Marantão, Amarelo 60 Dias, Guapão, Fatura, Noventinha, Pratião Precoces e 4 Meses Bico Roxo.
1988	MT	EMPAER <sup>101</sup> , MT	105	-	Jangada, Nossa Senhora do Livramento, Povoaré, Dom Aquino, Juçineira, Irenópolis, Rorodópolis, Pedra Preta, Rosário Oeste, Alto Paraguai, Santo Antônio do Leverger, Yázeva Grande, Barão de Melgaço e Acaizal.	Vermelhinho 3 Meses, Caninha, Arroz Avião, Pacuzinho, Mirandeiro, Aquilha 4 Meses, Pratinha, Rajado, Pratião, Amarelão Bico Preto, Santa América, Beira Campo, Bico Ganga, Agulha Branco, Ferrujão, Bico Ganga Cara Roxa, Arroz Boliviano, Amarelo 60 Dias, Agulhinha, 3 Meses, Guafra amarelo, Cateto, Agulha da Terra, Agulhinha de Baixada, Arroz 10 Áros, Caratão, Arroz Preto, Catetinho, Cachorro Grande, Milingote, Agulhão, Piriquito, Carijó, Arroz Flecha e Levanta Teste.

Continua...



Tabela 8.3. Continuação.

Ano	Estado	Instituição	Amostra (n°)	Região	Município	Varietade
1987	CE	EMATER-CE	24	Cariari	Crato, Brejo do Santo, Barbalha, Juazeiro do Norte e Missão Velha	Agulha, Arroz 51, Dourado Ligeiro, Meruim Dourado, Baé Pelado, Maranião, Jurumenha, Zelú, Chilliiki, Arroz Roxo/Caqui, Dourado/ Do Campo, Baé Comprico, Japonês, Meruim Cana Roxa, Paulistão e Cara Roxa.
1988	TO	EMATER-GO	65	-	Gurupi, Brejinho de Nazaré, Porto Nacional, Miracema do Norte, Miranorte, Guaraí, Colinas de Goiás, Araguaina, Babagülândia, Wanderlândia, Xambioá, Tocantínópolis e Tocantínea.	Amaréio Comum, Bico Ganga Legítimo, Santa América, Amarelão, Bacaba, Miludinho, Ligeiro Miúdo, Compridão, Ligeiro 3 Meses, Amarelão Agulha, Cariquirinha/Agulhinha, Curtinho, Curto Prata, Branco, Arroz do Projeto, Maranhense, Agulhinha Amarelo, 4 Meses, Ligeiro/Branquinho, C-12, Caterão, Mimco, Carioca, Arroz Preto, Arroz Comprido, Trinca Falso, Pingo D'água, Catete, Vermelho, Guafra, Ligeiro Vermelho, Ligeirinho e Arroz Asa.
2000	SC	EPAGRI <sup>(1,2)</sup>	36	oeste Catarinense	Nova Ibeberaba, Nova Erechim, Saudades, Cunha Porã, São Carlos, Palmitos, Avaredo e Aratuba.	Arroz Zoletti, Bonafim, Amarelão, Mato Grosso, Arroz Preto, Amarelinho Miúdo, Branco, 3 Meses, Ligeirinho, Arroz Comum, Arroz da Colônia, 4 Meses, Curto, Arroz Bom, Curtao Branco, Miúdo, Agulha, Prata, Palha Roxa, Pratinha, Caqui e Amarelinho.

<sup>(1)</sup>Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; <sup>(2)</sup>Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária; <sup>(3)</sup>Embrapa Meio Norte; <sup>(4)</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais; <sup>(5)</sup>Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural; <sup>(6)</sup>Núcleo de Pesquisa do Território Federal de Roraima; <sup>(7)</sup>Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural de Roraima; <sup>(8)</sup>Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária; <sup>(9)</sup>Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual; <sup>(10)</sup>Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Mato Grosso do Sul; <sup>(11)</sup>Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural S/A; <sup>(12)</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

## Maranhão

O cultivo do arroz, em sua grande maioria, é praticado em sistema de terras altas, em consórcio com milho, feijão caupi, mandioca e algodão, em áreas que variam de 1 a 5 ha, ocorrendo também cultivos em várzeas úmidas não sistematizadas. A mão-de-obra é basicamente familiar. Predomina o plantio com plantadora manual, matraca, ou em covas, abertas por meio de enxadas. No cultivo de várzea utiliza-se o sistema de transplântio manual, com mudas produzidas na área do próprio produtor, ocorrendo também a semeadura a lanço. Geralmente não é usada adubação e o controle de plantas daninhas é feito por duas a três capinas. Poucos agricultores combatem as pragas.

As cultivares utilizados são basicamente as tradicionais, que apresentam as vantagens de adaptabilidade às áreas de cultivo, rusticidade e razoável competitividade em relação às plantas daninhas. Contudo, apresentam as desvantagens de possuir porte muito alto e ciclo relativamente longo, podendo atingir até 180 dias (Mesquita, 1984). A colheita é feita manualmente, cacho por cacho, e a trilha é efetuada utilizando pedaços de madeira. A secagem é feita ao sol, utilizando, às vezes, o acostamento das rodovias. O armazenamento é feito em galpões, residências e em depósitos improvisados na própria unidade produtora. O produto final é destinado ao consumo familiar e o excedente é comercializado na região.

Segundo informações obtidas junto aos agricultores, 95% do germoplasma coletado é característico de condições de terras altas e apenas 5% de várzea.

## Minas Gerais

Nos locais visitados, o arroz é plantado em terras altas e várzea, sendo tipicamente de subsistência para a maioria dos agricultores, e utilizando, quase que invariavelmente, variedades tradicionais que apresentam porte alto, ciclo longo, adaptadas às condições de solo da região e, na maioria, possuidoras de grãos de alta qualidade industrial (Fonseca et al., 1982a).

Do total de amostras coletadas, 19,2% representam variedades provenientes de terras altas e as demais (80,8%) de cultivos em várzeas úmidas, sem sistematização, predominando o transplântio manual de mudas.





## Roraima

O cultivo do arroz é conduzido em áreas de mata, sistema tradicional, com preparo do solo consistindo das operações de broca, derruba, queima e encoivamento, cultivado solteiro ou consorciado com milho, mandioca, banana e pastagem. Feito por pequenos agricultores, que utilizam mão-de-obra familiar, sendo a produção destinada basicamente ao próprio consumo (Fonseca et al., 1982a). O plantio é feito por meio de plantadora manual, matraca, ou em covas abertas por meio de terçado ou em vara de bambú com a extremidade afinada, espeque.

## Espírito Santo

O sistema de cultivo predominante é o de várzea úmida, cuja área cultivada raramente ultrapassa 2 ha. Em alguns casos, os agricultores constroem um sistema de barragem móvel no córrego que margeia a várzea, permitindo, com isso, banhos periódicos na lavoura. O plantio é feito por semeadura direta ou por transplantio de mudas. Nesse sistema, predominam as variedades tradicionais.

Do total coletado, a maioria das variedades são de várzea úmida (83%) e, as demais (17%), cultivadas em terras altas, quase sempre nas encostas das serras e consorciado com café. Neste sistema, a cultura ameniza os custos de implantação da lavoura de café, além de fornecer alimento para a família.

## Amazonas e Acre

No Estado do Amazonas, o arroz é cultivado em condições de terras altas e de várzea. No primeiro caso, caracteriza-se pelo cultivo em áreas de mata recém-desbravada, onde os solos apresentam alto teor de argila e baixa fertilidade. Normalmente, não ocorre falta de precipitação pluvial, sendo o arroz plantado consorciado com outras culturas, entre os tocos que ficaram após a derrubada e a queimada, utilizando-se plantadora manual (Fonseca et al., 1984).

No caso das várzeas, o arroz é cultivado em pequenas áreas de 1 a 2 ha. O plantio é feito em covas, utilizando pequenas plantadoras denominadas de máquina manual, tico-tico ou matraca e também por enxada ou espeque.



O cultivo do arroz no Acre, feito em áreas de mata, é na sua maioria de subsistência, sendo plantado por pequenos produtores que utilizam mão-de-obra familiar e não empregam máquinas nem implementos agrícolas. As sementes utilizadas são de variedades regionais do próprio produtor, que normalmente as guarda de ano para ano, ou adquire dos vizinhos. Todas as variedades amostradas apresentam características de cultivo, em terras altas.

### Rondônia

Os dois sistemas de plantio mais usados na região são: o manual, onde são plantadas variedades tradicionais, e o mecanizado, cujos produtores usam variedades melhoradas. O ponto alvo da coleta foi o primeiro sistema, em que o preparo do solo consiste das operações de broca, derruba e queima e o plantio é feito com plantadora tico-tico. A colheita é manual, seguido da batidura em trilhadora. Quando não trilhado, o arroz é armazenado em medas, pelo tempo necessário até atingir a umidade ideal para o beneficiamento. A produção destina-se ao consumo, e o excedente é exportado para outros estados e também para a Bolívia (Sobral & Fonseca, 1984). Todas as variedades coletadas são cultivadas em condições de terras altas.

### Piauí

Na expedição, foram percorridos 1.100 km, coletando amostras de arroz cultivado nos sistemas irrigado, com transplantio de mudas ou semeadura direta, e de terras altas, com semeadura no toco, em que são utilizadas variedades tradicionais. A maioria das amostras (76%) consistiu de variedades de terras altas.

### Mato Grosso do Sul

Nos municípios percorridos, coletou-se amostras em propriedades que praticam agricultura familiar em terras altas e várzea e, em aldeias indígenas. A maioria das amostras coletadas (96%) são cultivadas no sistema de terras altas.

### Goiás

As áreas alvo da coleta são representadas por pequenos agricultores, que cultivam o arroz para consumo familiar e utilizam variedades tradicionais com ampla variabilidade no tipo de grão, altura de planta, ciclo cultural, etc. Geralmente, o produtor não compra



sementes; troca com vizinhos ou guarda de ano para ano. Em algumas propriedades, o sistema de meeiro era empregado, sendo que o proprietário da fazenda entrava com a área, a semente e o adubo e, em contrapartida, o produtor com o serviço. A produção era dividida.

Nas regiões percorridas, o sistema de cultivo predominante foi o de terras altas, cujo arroz era cultivado, em sua maioria em pequenas áreas, 1 a 5 ha, contudo áreas maiores que 50 ha também foram observadas. No plantio, além de pequenas plantadoras, utiliza-se equipamento manual, matraca, com a colocação de 12 sementes por cova, em espaçamentos variados, com predomínio de 40 cm. A utilização de insumos é mínima e aplicada junto com as sementes. O controle de plantas daninhas, em larga escala, é realizado por meio de capinas manuais, de duas a três e, raramente, não é feito combate a insetos e doenças.

Grande parte da colheita é processada manualmente, com auxílio de cutelo, e, a batedura, principalmente, nas propriedades com terrenos declivosos, é efetuada em jirau de madeira, no próprio local de cultivo. As sementes após a secagem ao sol, em terreiros de chão batido ou cimentado, são armazenadas a granel, em tulhas, ou embaladas em sacos de pano ou juta com capacidade para 60 quilos, sem tratamento. De modo geral, nas áreas de subsistência, o arroz excedente é comercializado no próprio município.

## Mato Grosso

O sistema de cultivo no estado é similar ao praticado em Goiás e Mato Grosso do Sul, onde predomina o cultivo de terras altas. As variedades tradicionais apresentam ampla variação no tipo de grão, coloração de glumelas, ciclo cultural e altura de plantas.

## Ceará

Nas propriedades visitadas, os agricultores utilizam variedades tradicionais e plantios de subsistência, sendo, na maioria, cultivadas em terras altas e que apresentam grãos de comprimento médio a curto, tipos comuns na região.

## Tocantins

A coleta foi realizada quando Tocantins ainda fazia parte do Estado de Goiás. Foram percorridos 2.800 km, visitando-se



propriedades rurais, que cultivavam agricultura familiar. O germoplasma coletado é predominantemente de terras altas, cujas variedades possuem características divergentes especialmente quanto ao ciclo, classe de grão e altura de planta. Ao todo foram coletadas 65 amostras, das quais apenas uma, possui características de arroz irrigado, ou de várzea.

## Santa Catarina

A coleta foi concentrada no oeste catarinense. Na ocasião, foi visitada, também, a 2ª feira de sementes que aconteceu no município de União da Vitória, PR. Este evento, patrocinado pela prefeitura, EMATER-PR e órgãos não governamentais, teve por objetivo proporcionar a troca de sementes de diversas culturas entre os agricultores. Algumas amostras de arroz tradicionais da região foram coletadas nessa feira.

A população rural das cidades do oeste catarinense é de origem predominantemente européia, principalmente de alemães e italianos. A presença de um extensionista que comunicasse em italiano ou alemão foi fundamental, pois em algumas propriedades, os agricultores mais idosos não se comunicam facilmente em português. Questionados, os agricultores disseram que o arroz produzido na região não entra como fonte de renda da família, sendo produzido para consumo próprio. Ao todo foram coletadas 36 amostras, sendo uma variedade, plantada em várzea e em terras altas.

## Metodologia de coleta

A metodologia utilizada na coleta está descrita nos trabalhos de Fonseca (1980), Fonseca et al. (1981, 1982a) e Coradin & Fonseca (1982). Inicialmente, são feitos contatos prévios com Empresas Estaduais de Pesquisa, Cooperativas, Secretarias de Agriculturas, Universidades, Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural e outros órgãos, para obter informações a respeito da cultura nos estados, principalmente com relação à época de colheita, municípios produtores e áreas prioritárias para a coleta. Além das informações prestadas, normalmente, pesquisadores ou técnicos desses órgãos também participam das coletas.



As coletas são feitas preferencialmente no campo, quando a cultura está na fase de colheita. Nesse caso, três panículas por planta, até um total de 50 plantas, são coletadas juntas, formando uma amostra composta representativa da variabilidade genética da população. Eventualmente, as coletas podem ser efetuadas em feiras livres, armazéns, cooperativas, indústrias de beneficiamento, paióis, ou em qualquer local onde o agricultor conserve suas sementes para consumo ou plantio. Nesses casos, a amostra é coletada ao acaso, variando de poucas sementes, até um máximo de 200 g. Como elemento facilitador nas coletas, o sistema de troca de sementes é utilizado, ou seja, ao resgatar o germoplasma do produtor, este recebe, em troca, uma cultivar melhorada adaptada e recomendada para o estado ou região. No momento da coleta, faz-se entrevista com os agricultores, anotando-se em caderneta de campo, o local de coleta, os nomes do produtor e da propriedade, o nome da variedade, o município, o tamanho da lavoura, a origem e o tempo de cultivo da variedade, o sistema de plantio e outros dados considerados relevantes.

### **Recomendações para novas coletas**

O Brasil possui ainda várias áreas de grande importância na busca de cultivares regionais de arroz (Fig. 8.4). Dessa forma, novas expedições devem ser organizadas de modo a atingir locais ainda não contemplados para amostragem da variabilidade genética. Preferencialmente, na Região Norte, as expedições deverão ser conduzidas no Acre, região de Cruzeiro do Sul, Amapá e Pará, abrangendo também a Ilha de Marajó, onde tem a tradição de cultivo do arroz de várzea. No Nordeste, as coletas deverão ser prioritárias ao sul da Bahia, Pernambuco e Maranhão, principalmente nas áreas do Alto e Baixo Parnaíba, Baixada e Litoral Maranhense, objetivando o resgate de germoplasma resistente à salinidade. No Sudeste, as expedições são importantes em Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha e, em São Paulo, no vale do Ribeira. No Centro-Oeste, as coletas devem atingir o Mato Grosso, na Ilha do Bananal, para resgatar cultivares nativas em poder de tribos indígenas e de espécies silvestres. Na Região Sul, os Estados do Paraná (Irati, Cascavel, União da Vitória e Guarapuava), de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, deverão ser contemplados em futuras expedições de coleta.





Fig. 8.4. Locais prioritários para futuras coletas de germoplasma de arroz.

## Coleta de germoplasma silvestre

Atualmente, o interesse pelas espécies silvestres, vem aumentando e o estudo desse germoplasma tem mostrado seu grande potencial de utilização no desenvolvimento de linhagens para obtenção de novas cultivares de arroz. Os avanços obtidos com a genética molecular têm facilitado a introgressão de alelos favoráveis das espécies silvestres para a espécie cultivada. Apesar disso, pouco esforço tem sido feito no sentido de manter esta diversidade, já que muitas populações naturais estão sofrendo um processo acelerado de erosão genética pela devastação dos seus sítios de ocorrência. Isso é especialmente verdadeiro na Ásia, centro de origem do arroz, onde a população urbana está ocupando áreas rurais, devido ao seu crescimento demográfico. O Brasil é um dos poucos países do mundo que ainda dispõem de populações extensivas de germoplasma silvestre em condições naturais, como na Amazônia e no Pantanal Matogrossense, isoladas de cultivos comerciais, e portanto sem a introgressão de alelos da espécie cultivada (Rangel et al., 1996).



No Brasil, ocorrem quatro espécies silvestres do gênero *Oryza*, sendo uma diplóide e três tetraplóides. A espécie diplóide é *O. glumaepatula* (genoma AA) e as três tetraplóides são *O. latifolia* Desv., *O. alta* Swallen e *O. grandiglumis* (Döll) Prod., que possuem o genoma CCDD (Morishima & Martins, 1994). Pela chave botânica, as duas primeiras são distinguidas uma da outra somente pelo tamanho médio das espiguetas, *O. latifolia* < 0,7 cm, *O. alta* > 0,7 cm. Já *O. grandiglumis* se diferencia dos outros dois tetraplóides por apresentar longas glumas estéreis, maiores do que a lema e a pálea. Entretanto, Buso et al. (2001) realizando análises de polimorfismo de DNA estudado em regiões do genoma nuclear amostradas ao acaso e em sítios específicos dos genomas cloroplástico (cpDNA) e mitocondrial (mtDNA), mostraram que as três espécies tetraplóides que ocorrem no Brasil fazem parte do complexo *O. officinalis*, e devem ser tratadas como um grupo e não como três espécies distintas.

A Embrapa Arroz e Feijão, em parceria com outras instituições de pesquisa, participou ativamente de sete expedições de coleta de espécies silvestres de arroz no Brasil. As duas primeiras, em 1992 e 1993, exploraram respectivamente as bacias do Rio Negro e do Rio Solimões na Região Amazônica (Morishima & Martins, 1994) e foram financiadas pelo Ministério da Educação, Ciência e Cultura (Monbusho), do Japão, e pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Essas expedições fizeram parte do projeto "Ecological genetics of the Amazonian plant species, with emphasis on *Oryza* and *Stylosanthes* species" desenvolvido pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Centro de Energia Nuclear para Agricultura (CENA/USP), do Brasil, e pelo Instituto Nacional de Genética e Universidade de Hokkaido, do Japão. Participaram também dessas expedições pesquisadores do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA). Na expedição de 1992, foram coletados 24 acessos, sendo 23 de *Oryza glumaepatula* e um de *Oryza grandiglumis* e na expedição de 1993, foram coletados 61 acessos, dos quais 26 eram de *Oryza glumaepatula*, 32 de *Oryza grandiglumis* e quatro de, supostamente, *Oryza alta*. A terceira expedição, que explorou o Pantanal Matogrossense, foi realizada em 1994, e contou com a participação de pesquisadores da ESAL/USP e CENA/USP. Foram coletados 15 acessos, sendo oito de *Oryza glumaepatula* e sete de *Oryza latifolia*.

Em 2001, foram realizadas três expedições que exploraram principalmente as veredas do Estado de Goiás. "Veredas" são áreas de várzeas que ocorrem nos Cerrados, totalmente isoladas das bacias dos grandes rios. Foram coletadas 34 amostras de populações, sendo 26 de *Oryza glumaepatula* e oito de *Oryza alta*. Nas "veredas" onde foram feitas a maioria das coletas, verificou-se apenas a presença de *Oryza glumaepatula* e, em alguns locais, constatou-se que essa espécie está correndo sério



risco de extinção devido à expansão da agricultura e pecuária nos Cerrados de Goiás, que tem acelerado o desmatamento, a drenagem das áreas para cultivo de lavouras comerciais e a construção de barragens para o armazenamento de água, levando a uma rápida degradação ambiental. Foram encontrados acessos desenvolvendo-se em locais com elevadas concentrações de Al,  $2,5 \text{ mg dm}^{-3}$ , e de Fe,  $594 \text{ mg dm}^{-3}$ , e que podem ser utilizados na obtenção de cultivares tolerantes a altos níveis desses elementos no solo. Concentrações de Al e Fe superiores a  $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $300 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente, são consideradas tóxicas para o arroz.

Em 2002, foi realizada a sétima expedição, novamente no Pantanal Matogrossense, Bacia do Rio Paraguai, mais especificamente a região em torno das cidades de Cáceres e Poconé, no Pantanal Norte, e a cidade de Corumbá, no Pantanal Sul. Coletaram-se 17 amostras de populações de arroz silvestre sendo, sete de *Oryza grandiglumis*, três de *Oryza glumaepatula* e sete de *Oryza latifolia*. As tetraploides foram coletadas em Cáceres e Poconé o que corrobora a hipótese de que é nessa região que se encontra a zona de contato entre as raças ecogeográficas *Oryza grandiglumis* e *Oryza latifolia* (Oliveira, 1994). Os três acessos de *Oryza glumaepatula* foram coletados ao longo da Rodovia Transpantaneira. No Pantanal Sul, em frente à cidade de Corumbá, na Baía do Tamengo, Rio Paraguai, existe uma imensa população de arroz silvestre onde coexistem, no mesmo ambiente as espécies *Oryza glumaepatula* e *Oryza latifolia*.

### **Utilização do germoplasma silvestre no melhoramento genético do arroz**

Das espécies silvestres de arroz que ocorrem no Brasil, a *Oryza glumaepatula*, por ser autógama, diplóide e possuir genoma semelhante ao da espécie cultivada, é a que possui maior potencial de uso no melhoramento genético. A Embrapa Arroz e Feijão vem utilizando essa espécie no desenvolvimento de um programa de pré-melhoramento, com o objetivo de incorporar seus genes em linhagens e cultivares elites. As linhagens *sativa* vetoras de genes da espécie silvestre serão usadas na ampliação da base genética das populações do melhoramento de arroz irrigado, visando à obtenção de cultivares de alta produtividade. A estratégia adotada na introgressão de genes, conhecida como Método Avançado de Retrocruzamento para QTL (Tanksley & Nelson, 1996), envolve o uso de mapas de ligação molecular e técnicas convencionais de melhoramento e permite que um grupo de alelos de uma planta exótica ou silvestre possa ser examinada em um conjunto gênico de uma cultivar ou linhagem elite.

O trabalho de introgressão de genes desenvolvido por Brondani et al. (2001, 2002) teve início na Embrapa Arroz e Feijão, em 1995, com o





cruzamento da linhagem elite BG 90-2 com um acesso de *Oryza glumaepatula* (RS 16). Quatro plantas híbridas  $F_1$ , confirmadas por marcadores RAPD e SSR, foram retrocruzadas com BG 90-2. Um total de 256 plantas  $RC_1F_1$  com características fenotípicas favoráveis, foram retrocruzadas novamente com BG 90-2. Destas, 96 progênies  $RC_2F_1$  foram selecionadas e utilizadas para a análise de QTL e autofecundadas para produzir sementes  $RC_2F_2$ . Baseando-se em ensaios de campo e nas informações de mapa genético e análises de QTL, foram selecionadas 18 famílias. Após a realização dos testes de heterose, cujo objetivo foi verificar se o aumento do número de panículas e da produtividade são devidos à heterose ou aos alelos positivos de *Oryza glumaepatula*, foram selecionadas dez famílias sendo, oito transgressivas para produtividade de grãos (Fig. 8.5) e duas famílias que, além da alta produtividade, apresentavam elevado número de panículas, e que foram submetidas à seleção assistida por marcadores moleculares. Nestas duas famílias, que possuíam a região do genoma mapeado para número de panículas, foi possível selecionar 27 plantas que continham apenas esta característica favorável da espécie silvestre e as outras de BG 90-2. As 35 linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula* foram avaliadas em ensaios multilocais para produtividade de grãos no cultivo principal e na soca, qualidade de grão e vigor de plântula em condições controladas. Estas linhagens estão disponíveis na Embrapa Arroz e Feijão, podendo ser utilizadas imediatamente na ampliação da base genética das populações de arroz irrigado e/ou serem submetidas a um programa de melhoramento para incorporação de resistência às doenças e melhoria da qualidade dos grãos.



**Fig. 8.5.** Oito linhagens com alta produtividade derivadas do cruzamento interespecífico *Oryza sativa* BG 90-2 x *O. glumaepatula* RS-16.

## REFERÊNCIAS

ABADIE, T. E.; CORDEIRO, C. M. T.; FONSECA, J. R.; FREIRE, M. S.; ALVES, R. B. N.; BURLE, M. L.; BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; CASTRO, E. da M. de; SILVA, H. T. Desenvolvendo uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 259-261. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

BRASIL. Decreto-lei n.º 2.366, de 5 novembro de 1997. Regulamenta a lei n.º 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a Proteção de Cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares - SNPC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federal do Brasil**, Brasília, DF, n. 216, p. 25342-25343, 7 nov. 1997. Seção 1.

BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; FERREIRA, M. E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 104, n. 6/7, p. 1192-1203, May 2002.

BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. Development and mapping of *Oryza glumaepatula*-derived microsatellite markers in the interspecific cross *O. glumaepatula* x *O. sativa*. **Hereditas**, Lund, v. 134, n. 1, p. 59-71, 2001.

BROWN, A. H. D. Core collections: a practical approach to genetic resources management. **Genome**, Ottawa, v. 31, n. 2, p. 818-824, 1989.

BUSO, G. S. C.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. Analysis of random and specific sequences of nuclear and cytoplasmic DNA in diploid and tetraploid American wild rice species (*Oryza* spp.). **Genome**, Ottawa, v. 44, n. 3, p. 476-494, 2001.

CHANG, T. T. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and African rices. **Euphytica**, Wageningen, v. 25, n. 2, p. 425-441, June 1976.

CHANG, T. T.; BARDENAS, E. A. **The morphology and varietal characteristics of the rice plant**. Los Banos, IRRI, 1965. 40 p. (IRRI. Technical bulletin, 4).

CORADIN, L.; FONSECA, J. R. **Coleta de germoplasma de arroz no estado do Maranhão**. Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1982. 19 p. (EMBRAPA-CENARGEN. Documentos, 2).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manual de métodos de pesquisa em arroz**. Goiânia, 1977. 106 p.

ENGLER, L. M.; CHANG, T. T. National genebanks for rice germplasm. In: IRRI. **Rice germplasm: collecting, preservation, use**. Los Baños, 1991. p. 71-79.

FAGUNDES, S. R. F. **Conservação de germoplasma-semente**. Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1982. 9 p. Palestra Proferida no 1º Curso de Recursos Genéticos, Brasília, DF, 1982.

FONSECA, J. R. **Banco ativo de germoplasma de arroz**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão. 1999. 10 p. (Embrapa Programa Recursos Genéticos. Subprojeto 02.094.241.02). Relatório final.

FONSECA, J. R. **Coleta de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1980. 3 p. (EMBRAPA-CNPAF. Pesquisa em Andamento, 27).



- FONSECA, J. R.; BEDENDO, I. P. **Características morfológicas, agronômicas e fenológicas de algumas cultivares de arroz**. Goiânia: EMBRAPA–CNPAP, 1984. 58 p. (EMBRAPA–CNPAP. Boletim de Pesquisa, 3).
- FONSECA, J. R.; FREIRE, M. S. **Campo de avaliação multidisciplinar de germoplasma de arroz**. Goiânia: EMBRAPA–CNPAP, 1985. 2 p. (EMBRAPA–CNPAP. Pesquisa em Andamento, 52).
- FONSECA, J. R.; RANGEL, P. H. N.; PRABHU, A. S. **Características botânicas e agronômicas de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Goiânia: EMBRAPA–CNPAP, 1981. 32 p. (EMBRAPA–CNPAP. Circular Técnica, 14).
- FONSECA, J. R.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de; MATTOS, T.; BEHNEK, B. A.; GIANLUPPI, V. **Coleta de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.) e algumas considerações sobre os sistemas de produção no Estado de Minas Gerais, Território Federal de Roraima e Estado do Espírito Santo**. Goiânia: EMBRAPA–CNPAP, 1982a. 19 p. (EMBRAPA–CNPAP. Documentos, 3).
- FONSECA, J. R.; RANGEL, P. H. N.; BEDENDO, I. P.; SILVEIRA, P. M. da; GUIMARÃES, E. P.; CORADIN, L. **Características botânicas e agronômicas de cultivares e raças regionais de arroz (*Oryza sativa* L.) coletadas no Estado do Maranhão**. Goiânia: EMBRAPA–CNPAP: EMBRAPA-CENARGEN, 1982b. 42 p. (EMBRAPA–CNPAP. Boletim de Pesquisa, 1).
- FONSECA, J. R.; RANGEL, P. H. N.; GALVÃO, E. U. P.; CAMPOS, I. S. Coleta de germoplasma de arroz no Amazonas e Acre. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 37, n. 349, p. 36–39, 1984. Edição especial.
- FONSECA, J. R.; SILVA, H. T. da; FREIRE, M. S.; FREIRE, A. B. Caracterização e avaliação de germoplasma de arroz e feijão na Embrapa Arroz e Feijão. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE – SIRGEALC, 3., 2001, Londrina. **Recursos** genéticos: conservar para a vida: anais. Londrina: IAPAR, 2001. p. 298-300.
- FONSECA, J. R.; VIEIRA, E. H. N.; SILVA, H. T. da; CUTRIM, V. dos A.; CASTRO, E. da M. de. Coleta de germoplasma de arroz *Oryza sativa* L. no Brasil. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249–250. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).
- FORD-LLOYD, B. V.; JACKSON, M. T.; NEWBURY, H. J. Molecular markers and the management of genetic resources in seed genebanks: a case study of rice. In: CALLOW, J. A.; FORD-LLOYD, B. V.; NEWBURY, H. J. (Ed.). **Biotechnology and plant genetic resources**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 103-118.
- FRANKEL, O. H. Genetic perspectives of germplasm conservation. In: ARBER, W. K.; LLIMENSEE, K.; PEACOCK, W. J.; STARLINGER, P. (Ed.). **Genetic manipulation: Impact on man and society**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. p. 161-170.
- FREIRE, M. S.; MORALES, E. A. V.; BATISTA, M. de F. Diversidade genética. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 559-581.
- FREIRE, M. S.; SILVA, H. T. da; FREIRE, A. de B. **Conservação de recursos genéticos de arroz e feijão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 16 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 54).



HARLAN, J. R.; WET, J. M. J. de. Toward a rational classification of cultivated plants. **Taxon**, Utrecht, v. 20, n. 4, p. 509-517, Aug. 1971.

HERNANDES, J. C. **Descritores de los recursos genéticos vegetales**. Buenos Aires: Universidade de Buenos Aires, 1988. 4 p. Trabalho apresentado no Curso Internacional sobre Recursos Genéticos Vegetales.

IBPGR-IRRI Rice Advisory Committee. **Descriptors for rice, *Oryza sativa* L.** Los Baños: IRRI, 1980. 21 p.

KHUSH, G. S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 35, n. 1/2, p. 25-34, Sept. 1997.

MESQUITA, M. L. R. **Germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.) coletado na microrregião da Baixada Ocidental Maranhense**. São Luís: EMAPA, 1984. 12 p. (EMAPA. Documentos, 3).

MORISHIMA, H.; MARTINS, P. S. (Ed.). **Investigations of plant genetic resources in the Amazon basin with the emphasis on the genus *Oryza***: report of 1992/93 Amazon Project. [S.l.]: Monbusho International Scientific Research Program, 1994. 100 p.

OKA, H. I. Genetic diversity of wild and cultivated rice. In: KHUSH, G. S.; TOENNIENSEN, G. H. (Ed.). **Rice biotechnology**. Wallingford: CAB International; Manila: IRRI, 1991. p. 55-81.

OKA, H. I.; MORISHIMA, H. Wild and cultivated rice. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. v. 3, p. 88-111.

OLIVEIRA, G. C. X. Observations on wild rice: geographic distribution of wild *Oryza* species in Brasil. In: MORISHIMA, H.; MARTINS, P. S. (Ed.). **Investigations of plant genetic resources in the Amazon basin with the emphasis on the genus *Oryza***: report of 1992/93 Amazon Project. [S.l.]: Monbusho International Scientific Research Program, 1994. p. 10-15.

OLUFOWOTE, J. O.; XU, Y.; CHEN, X.; PARK, W. D.; BEACHELL, H. M.; DILDAY, R. H.; GOTO, M.; MCCOUCH, S. Comparative evaluation of within-cultivar variation of rice (*Oryza sativa* L.) using microsatellite and RFLP markers. **Genome**, Ottawa, v. 40, n. 3, p. 370-378, June 1997.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.

RANGEL, P. H. N.; PRABHU, A. S.; NEVES, P. C. F. O uso de espécies selvagens de arroz no melhoramento genético do arroz irrigado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. v. 2, p. 106. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 62).

SILVA, H. T. da; FONSECA, J. R.; FREIRE, M. S.; FREIRE, A. B. Enriquecimento da variabilidade genética de arroz e feijão. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE – SIRGEALC, 3., 2001. Londrina. **Recursos genéticos**: conservar para a vida: anais. Londrina: IAPAR, 2001. p. 177-179.



SILVA, H. T. da; FONSECA, J. R.; VIEIRA, E. H. N. Preservando a variabilidade genética de arroz. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 273–275. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

SOBRAL, C. A. M.; FONSECA, J. R. **Levantamento de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.) e algumas considerações sobre o seu cultivo em Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA–UEPAE de Porto Velho, 1984. 22 p. (EMBRAPA–UEPAE de Porto Velho. Documentos, 11).

SOUZA, D. M. de; LEITÃO, H. de F.; BANZATTO, N. V.; SUGIMORI, M. H. Caracterização botânica de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). **Bragantia**, Campinas, v. 31, n. 17, p. 207–216, jun. 1972.

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germoplasm into elite breeding lines. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 92, n. 2, p. 191-203, Feb. 1996.

VALOIS, A. C. C. Conservação "*in situ*" e "*ex situ*" de germoplasma vegetal. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS, 1995, Campinas. **Programa e resumos**. Campinas: IAC; Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1995. p. 5-6.

WATANABE, Y. Genomic constitution of Genus *Oryza*. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. v. 3, p. 29-68.



## Melhoramento Genético

*Orlando Peixoto de Moraes; Paulo Hideo Nakano Rangel;  
Paulo Ricardo Reis Fagundes; Emílio da Maia de Castro;  
Péricles de Carvalho Ferreira Neves; Veridiano dos Anjos Cutrim;  
Anne Sitarama Prabhu; Cláudio Brondani; Ariano Martins de Magalhães Júnior*

**RESUMO** - O desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas aos diversos ambientes de cultivo do arroz no país tem contribuído, sobremaneira, para a sustentabilidade econômica dessa cultura, garantido as bases para uma oferta continuada de arroz para a população brasileira, a preços menores. Este capítulo apresenta inicialmente uma digressão sobre a história do melhoramento de arroz no Brasil. Como os programas de melhoramento sempre têm um caráter institucional, a evolução dos mesmos encontra-se intimamente relacionada às transformações ocorridas com as estruturas de pesquisa agrícola brasileiras e com a própria história do país. Em vez de descrever os procedimentos utilizados, os quais podem ser encontrados em qualquer compêndio que trata de melhoramento genético de plantas, optou-se por registrar o resultado da dedicação de instituições e de pesquisadores em favor do desenvolvimento de cultivares para a orizicultura brasileira, tanto a conduzida em várzeas, como em terras altas. Apresenta-se também a atual organização das instituições públicas envolvidas com a pesquisa de arroz em torno de programas próprios, que são implementados no ambiente oriundo da regulamentação da Lei de Proteção de Cultivares (Brasil, 1998). No final, relacionam-se, acompanhadas de breve descrição, as cultivares que atualmente se encontram disponíveis para a exploração comercial da cultura do arroz.

### INTRODUÇÃO

O centro de origem do arroz cultivado no Brasil fica no sudeste asiático (Grist, 1978) e sua introdução no país deve ter ocorrido por volta de 1550, no litoral de São Paulo (Pereira, 2002), certamente pelos portugueses. Hoje, boa parte do germoplasma de arroz de que o país dispõe para o melhoramento da espécie constitui-se das inúmeras iniciativas de introdução feitas pelos próprios colonizadores, sendo perpetuado pelo cultivo sucessivo nas comunidades que se estabeleceram pelo país afora, no processo de interiorização. Essas introduções evoluíram para variedades, hoje consideradas tradicionais e que devem conter o efeito de inúmeras oportunidades de variação genética, ocorridas principalmente pelas misturas eventuais de sementes, seguidas de cruzamento natural. Não deve ser desprezada, portanto, a contribuição do próprio agricultor para o melhoramento da espécie, que, ao selecionar as sementes para o cultivo no ano seguinte,



em uma população com variação, deve ter privilegiado conjuntos de indivíduos que melhor atendiam às suas necessidades. Assim, a riqueza de variedades tradicionais de arroz de que se dispõe hoje no Brasil deve ter se originado, não só das introduções, mas também pela seleção natural ou artificial, consciente ou inconsciente, que se operou no próprio país, durante sua colonização. A Embrapa já implementou inúmeras expedições de coleta, priorizando as regiões mais tradicionais no cultivo do arroz, mas há ainda regiões a serem exploradas.

A maior parte do germoplasma de arroz disponível no país foi conseguida, contudo, pelas introduções feitas pelas instituições de pesquisa e se originaram, em sua maioria, do Centro Internacional de Pesquisa de Arroz - IRRI, sediado nas Filipinas, do Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, sediado na Colômbia, e do Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento - CIRAD, instituição francesa, sediada na cidade de Montpellier. Hoje grande parte dessa riqueza genética encontra-se em conservação e exploração nos bancos de germoplasma de arroz de algumas instituições nacionais de pesquisa, principalmente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, do Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA, e do Instituto Agronômico de Campinas - IAC. No caso específico da Embrapa, das introduções já realizadas, 19% provieram do IRRI, 42% do CIAT, 12% do CIRAD e 27% de outras fontes. As introduções do CIRAD são, em sua maioria, de arroz de terras altas.

Atualmente, a coleção de arroz da Embrapa é constituída por 2.402 variedades tradicionais, 4.040 variedades ou linhagens introduzidas de outros países, e 3.448 linhagens oriundas dos programas de melhoramento do país, incluindo o da própria Empresa, totalizando 9.890 acessos, mantidos em condições de conservação a médio e longo prazo (Abadie et al., 2002). Essa coleção vem sendo utilizada para o desenvolvimento de cultivares de arroz, por meio de melhoramento genético, cuja evolução se pretende apresentar neste trabalho.

## **PROGRAMAS BRASILEIROS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ**

As variedades tradicionais são, atualmente, muito pouco cultivadas. Persistem apenas nas comunidades mais tradicionais e são pouco relevantes para o abastecimento do mercado interno. Poucas cultivares são oriundas diretamente de introduções e a grande maioria é desenvolvida pelos programas brasileiros de melhoramento genético.



## Antes da criação da Embrapa

Uma excelente abordagem sobre os primórdios do melhoramento genético do arroz no Brasil é fornecida por Banzatto & Carmona (1972), Pereira (2002) e, especificamente sobre arroz irrigado, por um relatório da Estação Experimental do Arroz do IRGA, período de 1940/45 (Rio Grande do Sul, 1946). Nessas obras constata-se o pioneirismo dos governos dos Estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul no desenvolvimento da cultura do arroz, implementando, já a partir da década de 1930, uma série de iniciativas importantes, entre elas a criação de instituições que incluíam, em sua missão, desenvolver inovações para a maior competitividade da cultura.

Os primeiros cruzamentos de arroz no Brasil foram realizados no IAC, em 1938, explorando variedades locais e introduzidas. No IRGA, parecem ter ocorrido no início da década de 1940, pois na página nº 30 do relatório da Estação Experimental do Arroz, acima referido, constata-se textualmente: "...possuímos em estudos na 3ª geração mais de 400 híbridos, e muitos na 2ª e 1ª geração. Muito breve alcançaremos o primeiro milhar de híbridos criados em nossos campos, e dos quais temos fundadas esperanças de criarmos novos tipos, adaptados ao nosso meio, solo, exigências de mercado, que supera quer em qualidade ou produção, às variedades presentemente em cultivo".

Nas três décadas que antecederam à criação da Embrapa, já se registrara no Brasil ganhos significativos com o melhoramento genético do arroz. Graças aos trabalhos do IRGA, durante as décadas de 1940, 1950 e 1970, a área do arroz irrigado no Rio Grande do Sul aumentou em cerca de 170% e a produtividade, em aproximadamente 230%, devido a um esforço persistente na disponibilização de sementes de cultivares melhor adaptadas e de qualidade de grãos de maior aceitação pelos consumidores, além da melhoria das práticas culturais (Pereira, 2002). Maior capacidade produtiva e melhor qualidade de grãos já eram considerados, pela instituição, objetivos prioritários no início da década 1940 (Rio Grande do Sul, 1946). Neste mesmo período, o arroz de terras altas, por sua vez, expandiu a área de cultivo não só em São Paulo, mas também em Minas Gerais, Paraná, toda a Região Centro-Oeste e Maranhão, ocupando cerca do dobro da área que ocupa atualmente. Toda essa expansão ocorreu com as variedades desenvolvidas pelo IAC. No final da década de 1960, já se observava, em nível do governo federal, uma grande preocupação de se aumentar o esforço do país no desenvolvimento da agricultura, visando assegurar o auto-abastecimento e melhorar a balança de pagamentos com a redução das importações





e aumento das exportações (Castro et al., 2004) . No caso específico do arroz, alguns institutos do extinto Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária - DNPEA, já desenvolviam um programa relevante de pesquisa. No Rio Grande do Sul, por exemplo, houve, inclusive, a implementação de uma parceria importante do extinto Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Sul - IPEAS, com o IRGA, notadamente na área de melhoramento genético. Outros institutos do DNPEA também desenvolveram atividades relevantes de melhoramento genético em outras regiões, como o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul - IPEACS, no Rio de Janeiro, o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste - IPEACO, em Minas Gerais e Goiás, e o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte - IPEAN, no Pará e Maranhão (Banzatto & Carmona, 1972). No Paraná, o Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR iniciou seus trabalhos de melhoramento de arroz em 1970 (Pereira, 2002).

Havia, portanto, no início da década de 1970, um arcabouço de tecnologias e de conhecimentos que conferia ao arroz, tanto o de terras altas como o irrigado, uma posição privilegiada no conjunto de oportunidades oferecidas pelo agronegócio da época.

### **Período entre a criação da Embrapa e a regulamentação da lei de proteção de cultivares**

Um marco importante da pesquisa agrícola no país corresponde à criação da Embrapa, em 07/12/1972, cuja primeira Diretoria tomou posse em 26 de abril de 1973. Ao assumir o cargo, seu primeiro presidente afirmou: "...há, por toda parte, um desafio para novas atitudes e ações que enfrentem o crescimento urbano brasileiro, os defeitos da estrutura agrária, o aumento da produção e da produtividade e o incremento das nossas exportações...." (Castro et al., 2004). Pelas características do mercado internacional do arroz, era e continua sendo pequeno o papel desse cereal no aumento das exportações. Reconhecia-se, contudo, a importância do aperfeiçoamento da sua tecnologia de produção para fixação do trabalhador rural no campo e abastecimento dos centros urbanos em frenético crescimento, além da redução, ou mesmo eliminação, da necessidade futura de importações, o que contribuiria para o esforço nacional de tornar o balanço de pagamento mais favorável ao país, a grande preocupação da época. Por isso, no final de 1974, a Embrapa criou o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, localizado hoje na Fazenda Capivara, município de Santo Antônio de Goiás, GO.



A esse Centro coube estabelecer um programa nacional de pesquisa de arroz, PNP Arroz, contemplando, segundo a visão da época, duas vertentes básicas: (1) um projeto institucional focado nas reais necessidades da rizicultura nacional; e (2) uma ação coordenadora das atividades de pesquisa executadas em nível dos estados, organizadas de forma a evitar duplicidade de meios e recursos para fins idênticos (Embrapa, 1975).

### **Período do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz - PNP Arroz**

O projeto institucional acima citado era entendido como o projeto do CNPAF, e não da Embrapa. Às demais Unidades da Embrapa, que, na época, se propunham também a envolverem-se com a pesquisa de arroz, era atribuído o mesmo papel de uma organização estadual ou local. O programa nacional constituía-se de um conjunto de projetos, um para cada instituição, implementados de forma independente. Em nível institucional, cada projeto deveria contemplar todas as atividades relativas à cultura, devendo conter tantos subprojetos quanto fossem as linhas de pesquisa contempladas. Valorizava-se a multidisciplinaridade, mas apenas em nível institucional. Uma visão bem contrária da que se estimula hoje, em que se procura estabelecer e valorizar projetos multi-institucionais, buscando sinergismos entre competências em redes de pesquisa, às vezes bastante complexas. Os subprojetos de melhoramento dentro de cada "projeto arroz" das instituições eram implementados localmente, constituídos, em sua maioria, de experimentos de introdução, avaliações preliminares e avaliações finais de linhagens e/ou cultivares de arroz. No caso particular dessa cultura, além do CNPAF e da então Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Pelotas - UEPAE Pelotas, da Embrapa, instituições, como IRGA, IAC e IAPAR, também conduziam atividades de desenvolvimento de populações e de seleção de linhagens, por procedimentos variados. O conjunto de linhagens existentes em nível de cada instituição (desenvolvidas localmente e/ou introduzidas) era avaliado de forma independente, na área de abrangência da instituição.

É importante salientar que o projeto arroz do CNPAF, em sua fase inicial, priorizou o arroz de terras altas, que na época contribuía com 70% da produção nacional, sendo que a maior ênfase em pesquisa para o arroz irrigado deveria ocorrer apenas em âmbito regional, por meio dos projetos estaduais de pesquisa do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, estados em que o cultivo do arroz com irrigação controlada tinha importância significativa.



O IRGA e a UEPAE Pelotas, naquela época, encontravam-se em plena fase de apropriação dos avanços ocorridos com a pesquisa de arroz no IRRI, principalmente no que tange à mudança da arquitetura do arroz cultivado, conseguida com a introdução do gene de nanismo. Além de cruzamentos dirigidos, introduziam linhagens e populações segregantes, principalmente do CIAT, que, em relação ao arroz, atuava como um polo avançado do IRRI, na América Latina. Um fato marcante desse trabalho no Rio Grande do Sul foi o lançamento, em 1978, da cultivar BR - Irga 409, com arquitetura de planta moderna e com boa qualidade de grãos. Isoladamente, o lançamento dessa cultivar pode ser considerado como a contribuição mais relevante da pesquisa agrícola, ocorrida em toda a história da orizicultura nacional. Conforme exemplificado na Tabela 9.1, a nova cultivar era destacadamente mais produtiva que a melhor testemunha da época, produtividade que podia ser potencializada em nível de lavoura, quando eram utilizadas maiores doses de fertilizante nitrogenado, sem o inconveniente de provocar acamamento intenso.

**Tabela 9.1.** Produtividade de grãos da BR - Irga 409 e das testemunhas Bluebelle e Lebonnet nos ensaios de rendimento conduzidos no Rio Grande do Sul, nos anos agrícolas de 1976/77, 1977/78 e 1978/79.

Cultivar	Produtividade de Grãos (t ha <sup>-1</sup> )	Índice <sup>(1)</sup> (%)
BR-Irga 409	6,81	145
Bluebelle	4,69	100
Lebonnet	4,50	96

<sup>(1)</sup>Bluebelle considerada como 100.

Fonte: Adaptada de Avila (1981).

Em Santa Catarina, as atividades de melhoramento de arroz se iniciaram em 1969, na Estação Experimental de Urussanga, pertencente ao IPEAS (Pereira, 2002), mas dois anos depois, Banzatto & Carmona (1972) consideravam-nas como incipientes, e o IPEAS foi desativado logo após, sendo substituído pela Embrapa. Em 1975, foi criada a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina - EMPASC, que retomou os trabalhos de melhoramento de arroz, inicialmente baseando-se em introduções de linhagens do IRGA, do CIAT e posteriormente da Embrapa. Sempre se



caracterizando pela busca de soluções simples e objetivas, o melhoramento de arroz em Santa Catarina constitui um exemplo de caso bem sucedido, tendo impactado de forma marcante a rizicultura local, pela oferta de cultivares de ampla aceitação pelos produtores. Atualmente, estruturado e explorando populações desenvolvidas, considerando as peculiaridades do estado, continuam em plena atividade, sob a égide da Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, que sucedeu à EMPASC.

A estrutura política do país, por ocasião da criação da Embrapa, caracterizava-se pela centralização das decisões no governo federal, sendo os governos estaduais, na verdade, delegados do poder central. Nesse ambiente, a Embrapa não teve dificuldades em estimular os estados a criarem sua própria organização de pesquisa, quando não a possuíam, como também em instalar uma UEPAE em locais que julgasse estratégico, para o cumprimento de sua missão. Assim, no decorrer da década de 1970, o país conseguiu instalar uma extraordinária rede de instituições extremamente favorável à implementação de um trabalho cooperativo de melhoramento genético que, de forma sinérgica, poderia impactar fortemente a agricultura brasileira. No caso do arroz, por exemplo, além do CNPAF, UEPAE Pelotas, IRGA, EMPASC, IAC e IAPAR, já citados, outras organizações, viriam integrar esta rede: Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA; Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG; Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO; Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA; Empresa Baiana de Pesquisa Agropecuária - EPABA; Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA; Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA; Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária - EMAPA; Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Mato Grosso do Sul - EMPAER; Empresa Matogrossense de Pesquisa Agropecuária - EMPA; e as UEPAEs de Penedo, AL, Teresina, PI, Altamira, PA, Belém, PA, Macapá, AP, Boa Vista, RR, Manaus, AM, Porto Velho, RO, Rio Branco, AC, e Dourados, MS.

Apesar de toda a organização institucional favorável a um trabalho cooperativo, as atividades de melhoramento de todas as instituições continuaram, contudo, sendo executadas de forma independente, estratégia até, de certa forma, estimulada pela estruturação do PNP-Arroz: atividades abrigadas por subprojetos de projetos institucionais. No caso do arroz irrigado, contribuía para



o melhor desempenho dessas atividades a oportunidade, que tinham todas as instituições, de conseguir linhagens promissoras, participando do então programa internacional de testes de germoplasma de arroz (International Rice Test Program , IRTP), oferecido pelo CIAT.

No caso do arroz de terras altas, a primeira iniciativa importante implementada no sentido de agregar as instituições em torno de um trabalho cooperativo só veio ocorrer em 1978, quando se instituíram os denominados Ensaio Integrados de Arroz de Sequeiro (EIA), que reuniam as poucas linhagens elites então disponibilizadas pela Embrapa, IAC e IAPAR em um ensaio cooperativo, que passou a ser conduzido pelas instituições interessadas. Em nível dos projetos estaduais, os EIA eram, contudo, considerados uma fonte adicional de introdução de linhagens. Cultivares como Emcapa 1 e Cuiabana iniciaram sua fase de avaliação de adaptação por meio desses ensaios, sendo lançadas, respectivamente em 1983 e 1985 (Embrapa, 1994).

Aos poucos, cinco instituições no país foram se consolidando como centros geradores de linhagens de arroz para os seus respectivos projetos: o CNPAF, o IAC e o IAPAR, para o arroz de sequeiro; e o CNPAF, a UEPAE Pelotas e o IRGA, para o arroz irrigado. Já no início da década de 1980, o CNPAF, como coordenador do PNP-Arroz, precisava propor uma estratégia que viabilizasse a avaliação, em todo o país, do conjunto de linhagens disponíveis nesses centros de pesquisa, bem como as que anualmente passariam a ser disponibilizadas, em função de um certo dinamismo que já se conseguira imprimir nos programas de melhoramento. Em 1982, surge um fato novo: a Embrapa, atendendo à determinação da Portaria nº178, de 21 de julho de 1981, do então Ministério da Agricultura, instituiu as Comissões Regionais de Avaliação e Recomendação de Cultivares (CRC) das principais culturas do país, arroz, feijão, soja, milho, sorgo, trigo, mandioca e batata, com as seguintes atribuições:

- a) Estabelecer normas para o planejamento e acompanhamento dos ensaios de avaliação de cultivares a serem executados cooperativamente pelas entidades que desenvolvem trabalhos de pesquisa.
- b) Estabelecer critérios para inclusão e exclusão de cultivares nos ensaios de avaliação, bem como na lista de recomendação.



- c) Propor, anualmente, para homologação pela Secretaria Nacional de Produção Agropecuária do Ministério da Agricultura (SNAP/MA), as cultivares a serem recomendadas, por Unidade Federativa.

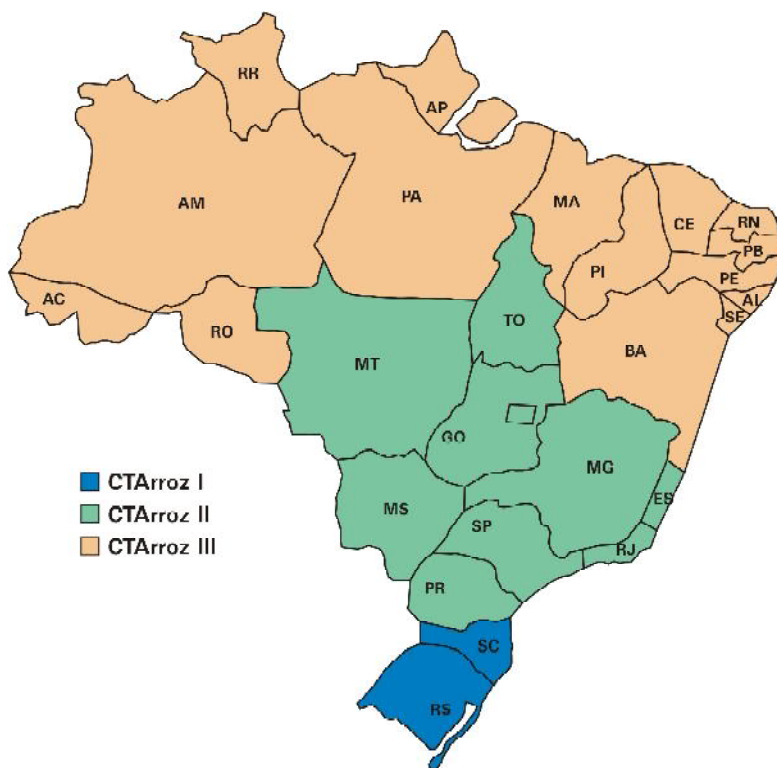
A representatividade das instituições de pesquisa junto às CRC, contudo, era inexpressiva e representa um exemplo claro do modelo impositivo de gerir o estado brasileiro da época. Cada CRC era composta por apenas cinco membros:

- a) Um representante da Embrapa, na qualidade de presidente.
- b) Um representante da SNPA/MA.
- c) Um representante da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMBRATER, já extinta.
- d) Um representante da Associação Brasileira de Produtores de Sementes e Mudas - ABRASEM.
- e) Um representante das instituições que executam melhoramento genético da cultura.

Ao CNPAF coube a tarefa de coordenar a organização das CRC de arroz e de feijão. À sua necessidade de estabelecer uma estratégia de avaliação das linhagens geradas pelo programa de melhoramento, somava-se a tarefa delegada pela Diretoria da Empresa: estruturar as Comissões Regionais de Recomendação de Cultivares. Decidiu-se, então, propor às instituições envolvidas com melhoramento da cultura do arroz, na época, o estabelecimento de entidades regionais, representativas destas instituições, que atuariam como um órgão assessor das comissões de recomendação. Essa entidade representativa deveria incumbir-se das atribuições (a) e (b) das CRC e, conjuntamente, implementar um trabalho cooperativo de avaliação de linhagens com diretrizes e procedimentos estabelecidos pela própria entidade. Às CRC seriam entregues, anualmente, as listas de cultivares que, à luz dos resultados experimentais, deveriam ser recomendadas.

Em agosto de 1982, a grande maioria dos pesquisadores envolvidos com melhoramento genético do arroz no Brasil reuniu-se em Goiânia e optou por criar, para cada uma das três regiões das CRC Arroz, uma Comissão Técnica Regional de Arroz, cujas siglas - CTArroz I, CTArroz II e CTArroz III - correspondiam, respectivamente, às regiões I, II e III (Fig. 9.1).





**Fig. 9.1.** Regiões de abrangência das três Comissões Técnicas de arroz.

Contrapondo à inexpressividade do segmento da pesquisa junto às CRC, as CTArroz, desde a criação, foram compostas por representantes de todas as instituições de pesquisa da região. A cada ano, contava com um novo presidente, eleito entre os membros, que recebia o apoio logístico de um secretário executivo designado pela Chefia do CNPAF, ao qual competia: (1) arquivar todos os documentos da CTArroz; (2) apoiar o presidente na organização das reuniões; (3) confeccionar ata das reuniões e os relatórios técnicos anuais; e (4) coordenar todas as atividades de pesquisa, inclusive a organização dos ensaios conduzidos em rede e suas respectivas análises, em nível de região.

Embora os programas de desenvolvimento de linhagens permanecessem de caráter local, como parte dos projetos institucionais,



cada instituição componente das CTArroz passou a ter acesso a todas linhagens promissoras disponíveis anualmente no país. Fortaleceu-se a cooperação entre os diversos pesquisadores e ampliou-se o universo dos beneficiários de seus respectivos programas.

As atividades de pesquisa contempladas pelas Comissões Técnicas compunham-se de:

### **Ensaio de Observação de Linhagens, EO**

Todas as linhagens de arroz disponíveis no Brasil e promissoras para os sistemas de terras altas ou irrigado eram reunidas, anualmente, para comporem os EO-S, ensaios de observação de sequeiro, e EO-I, ensaios de observação de irrigado, instalados em cada região, em rede nacional. Eram ensaios simples, conduzidos em parcelas de quatro fileiras de 5 m, sem repetição por local, mas que submetiam as linhagens a diversas condições de ambiente. Para melhor conhecimento dos níveis de resistência à brusone, doença do arroz mais importante no Brasil, as linhagens dos EO eram avaliadas paralelamente, em canteiro de infecção, por fitopatologistas participantes dos programas de melhoramento. As linhagens de arroz irrigado eram avaliadas também para tolerância à toxidez por Fe pela EMPASC, posteriormente EPAGRI, em Santa Catarina.

Todas as informações geradas pelos ensaios de observação eram detalhadamente discutidas na reunião anual de cada CTArroz, quando eram selecionadas as linhagens de melhor desempenho para comporem, no ano agrícola seguinte, os Ensaio Comparativos Preliminares de Arroz de Sequeiro (ECP-S) e Irrigado (ECP-I).

### **Ensaio Comparativos Preliminares, ECP**

Os ECP compunham-se de linhagens selecionadas nos EO. Eram instalados em vários locais em cada região, em delineamento de blocos ao acaso ou em látices. Normalmente, eram utilizadas três repetições por local. Todas as linhagens dos ECP, participavam também dos Viveiros Nacionais de Brusone, VNB, conduzidos por vários fitopatologistas brasileiros, em Santo Antônio de Goiás, GO, Goianira, GO, Jaciara, MT, Lucas do Rio Verde, MT, Pindorama, SP, Pindamonhangaba, SP, Itajaí, SC, Cachoeirinha, RS, Pelotas, RS, e Penedo, AL. No caso do arroz de terras altas, as linhagens dos ECPs eram, ainda, avaliadas, no CNPAF, para a resistência à seca.

Após a análise conjunta dos resultados dos ECP, por região, quando eram considerados os aspectos de produtividade, qualidade





de grãos, resistência ao acamamento e a fatores bióticos e abióticos, selecionavam-se, para cada região, as linhagens que deveriam continuar sendo avaliadas em todos os estados e aquelas que, por motivos de adaptação específica, permaneciam apenas em determinadas unidades federativas.

### **Ensaio Comparativos Avançados, ECA**

Compostos de um menor número de linhagens, geralmente entre 15 e 25, com quatro repetições por ensaio, os ECA eram instalados em delineamento de blocos ao acaso, em vários locais de cada estado. Paralelamente, as linhagens participantes dos ECA continuavam também avaliadas para resistência à brusone, nos VNB. No caso dos ECA-S, suas linhagens eram também submetidas a uma avaliação final para resistência à seca, em ensaios específicos.

Todas essas avaliações forneciam informações que permitiam a eliminação definitiva de algumas linhagens, bem como a seleção daquelas que mereciam ser lançadas como novas cultivares. Em geral, uma linhagem permanecia por dois a três anos nos ECA, antes de se decidir pela sua recomendação. Nesse período, a critério de cada instituição, as linhagens promissoras participavam também de testes junto a produtores, em parcelas maiores, onde, às vezes, eram detectados defeitos não revelados nos ECA. As parcelas maiores eram mais apropriadas para a apresentação das novas linhagens aos agricultores, realizada normalmente em dias-de-campo. Paralelamente, eram feitas multiplicações de sementes genéticas para se obter um estoque mínimo, visando um provável lançamento da linhagem como nova cultivar.

As CTArroz exerceram um papel aglutinador dos melhoristas, compensando as deficiências da coordenação do PNP Arroz. Havia uma motivação para fazer parte do trabalho cooperativo, porque o produto final era apropriado por todos. Uma variedade lançada, era considerada, em nível de cada instituição participante, como fruto de seu trabalho, valorizando-a perante a sociedade. Neste sentido, a linhagem L80-68 de arroz de terras altas, selecionada pelo IAPAR, foi lançada com o cultivar Rio Doce, pela EPAMIG em 1991, para ser plantada em Minas Gerais. A linhagem IRGA 318-11-6-2-6-A3 de arroz irrigado, obtida pelo IRGA em Cachoeirinha, RS, foi lançada, em 1995 pela Embrapa em Roraima como cultivar Roraima. A linhagem IAC 84-198 de arroz de terras altas, desenvolvida pela IAC, foi lançada como cultivar Uruçuí, pela a Embrapa, para o estado do Piauí. Além dessas, 40 linhagens



desenvolvidas pela Embrapa, ou introduzidas por ela dos centros internacionais de pesquisa, foram, durante o período de 1983 a 1998, lançadas conjuntamente, envolvendo uma ou mais instituições estaduais, sempre preferindo um nome fantasia, de tal forma a não relacioná-las com uma instituição específica, como por exemplo: Rio Paranaíba, Guarani, Araguaia, Guaporé, Xingu, Caiapó, Progresso, Carajás, Aliança, Javaé, Diamante, etc.

A força de coordenação do PNP Arroz, por outro lado, originava-se basicamente do fato de financiar todos os projetos de pesquisa que o compunha. Reconhecem-se dois períodos do PNP Arroz: antes e após 1986, a partir de quando passou a haver uma substancial redução dos recursos federais alocados ao custeio da pesquisa agropecuária (Embrapa, 1994). A força coordenadora do PNP Arroz reduziu-se ainda mais, depois de 1988, quando ocorreu a promulgação da atual Constituição Federal, que reorganizou o Estado brasileiro, estabelecendo um novo pacto federativo, em que a União passava a compartilhar a gestão da vida do país com os estados e municípios. Com a maior autonomia estadual, cada governo passou exercitar suas próprias políticas, com amplas liberdades de decisão diante das demandas da sociedade que representa. Algumas instituições desistiram de se envolver com a pesquisa de arroz, outras foram até extintas ou tomaram rumos próprios, como o IRGA, que em 1995 filiou-se ao Fundo Latino Americano de Arroz Irrigado (FLAR), à revelia da posição da Embrapa.

### **Período do Programa Grãos**

No início da década de 1990, o Sistema Embrapa de Planejamento-SEP passou por profundas análises e mudanças, visando ajustar-se a um novo ambiente em que 'desenvolver tecnologias para aumentar a produtividade do trabalho e da terra e diversificação dos empreendimentos agrícolas' já não era suficiente para garantir a sustentabilidade de uma instituição pública de pesquisa. O novo ambiente estava sendo fortemente influenciado pela globalização da economia, pelos grandes avanços do conhecimento, dos métodos e dos instrumentos a serviço da pesquisa científica e tecnológica; e pelo crescimento da consciência do direito à cidadania. Essas e outras modificações do ambiente externo da Empresa passaram a exigir-lhe uma visão mais holística do mercado, incorporando em seu planejamento a preocupação com toda a extensão das cadeias produtivas do agronegócio nacional e internacional (Embrapa, 1999). Assim, em 1993, a Empresa passou a adotar em seu planejamento estratégico o modelo de pesquisa e desenvolvimento (P&D), com enfoque sistêmico e multidisciplinar, em que os projetos e subprojetos passaram



a ser centrados em demandas previamente identificadas juntos aos diversos segmentos da sociedade, e orientados para o atendimento das necessidades do mercado, ou seja, dos clientes, usuários e beneficiários da pesquisa. Abandona-se o enfoque de programa de pesquisa por produto e estabelecem-se novos programas de pesquisa por sistema de produção ou por temas especiais, considerados estratégicos para o país, como recursos naturais, conservação e uso de recursos genéticos, proteção e avaliação da qualidade ambiental, etc. Foram criados 16 programas de pesquisa, entre eles o programa Sistema de Produção de Grãos, que abrigava o arroz, ao lado de soja, feijão, milho, sorgo, milheto, trigo e cevada. Neste novo programa, estimulava-se a cooperação entre instituições em nível de projeto, buscando complementariedade de esforços em torno de um interesse comum. Os conceitos de parceria recomendados eram (Embrapa, 1994): (1) ação entre iguais, sendo que à igualdade associava-se a convergência de interesse e o respeito mútuo; (2) sócios de um empreendimento, daí a importância da clareza dos objetivos e da concordância em relação às metas a serem alcançadas; e (3) atuação conjunta por meio do compartilhamento de recursos humanos, financeiros e físicos.

Ainda em 1993, as equipes de melhoramento genético das principais culturas foram estimuladas a conclamarem o maior número possível de organizações estaduais, além das unidades da Empresa envolvidas com o produto, a somarem esforços em torno de grandes projetos. Ignorando as orientações sobre os novos conceitos de parceria, praticamente todos os membros das CTArroz apresentaram subprojetos para comporem dois grandes projetos de melhoramento genético de arroz de sequeiro e de arroz irrigado, em que, em geral, se previa algum repasse de recursos da Embrapa para organizações estaduais. Durante a execução dos projetos, todavia, esse repasse de recursos foi tornando-se cada vez mais difícil, tanto por aspectos de deficiência de orçamento da Embrapa, como também por restrições jurídicas. Estes projetos, tendo sido renovados em 2000, permaneceram em execução por nove anos (1994-2002) e, apesar de algumas desistências na implementação de subprojetos componentes, várias organizações estaduais, mesmo recebendo pouco ou nenhum recurso, permaneceram até o final, porque seus subprojetos estavam relacionados com a programação das CTArroz, o grande fator de agregação dos parceiros.

No final de 1997, ocorreu a regulamentação da lei de proteção de cultivares no Brasil (Brasil, 1998), outro fato que teve profundas repercussões nos programas de melhoramento públicos do Brasil, em relação aos produtos cobertos pela lei, entre eles o arroz. A internalização



desta lei na Embrapa ocorreu durante o ano seguinte e um dos primeiros parágrafos de sua normatização interna expõe a causa principal do fim das CTArroz: "É de propriedade da Embrapa a nova cultivar obtida no âmbito de suas Unidades Descentralizadas". As CRCArroz já haviam sido extintas pelo Ministério da Agricultura. As CTArroz continuaram se reunindo até 2001 e o ano agrícola 2001/2002 pode ser considerado como ponto final do período em que se operou a parceria mais ampla e mais exitosa já registrada em toda a história da pesquisa com arroz no Brasil. Naqueles 20 anos foram avaliadas 5.780 novas linhagens de arroz de sequeiro e irrigado e lançadas 71 novas cultivares. Em números aproximados, eram conduzidos, por ano, cerca de 30 ensaios de observação, 40 ensaios comparativos preliminares de rendimento e 270 ensaios comparativos avançados de rendimento, considerando os dois principais sistemas, sequeiro e irrigado. Era, portanto, uma rede de pesquisa robusta, bem priorizada pelas instituições parceiras, que arcavam com os custos principais de sua implementação.

### **Ganhos genéticos devido ao melhoramento do arroz irrigado**

Durante a década de 1980, experimentou-se um aumento espetacular da produtividade do arroz irrigado no Brasil que, segundo Carmona et al. (1994) foi de 30%, o que corresponde a 2,65% ao ano, no Rio Grande do Sul, o estado maior produtor. Na década seguinte, esse crescimento, embora significativo, foi reduzido para 1,6%, em nível de país (Ferreira & Mendez del Villar, 2004). Na primeira década, o aumento significativo da produtividade foi em parte representado pela substituição das cultivares tradicionais pelas cultivares de porte baixo, altamente responsivas à adubação nitrogenada, processo iniciado na década de 1970.

No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os dois estados maiores produtores de arroz irrigado, ainda não se estimou a contribuição do melhoramento genético para o aumento da produtividade, utilizando procedimentos estatísticos precisos. Não há dúvida de que essa contribuição foi relevante. Este ganho é evidenciado na Tabela 9.1, onde a cultivar BR - Irga 409 superou em cerca de 45% a Bluebelle, que, segundo Pedroso (1982), foi uma das cultivares preferidas pelos agricultores gaúchos no final na década de 1970. Na década de 1980, a BR - Irga 409 e BR - Irga 410, de produtividades similares, eram as mais populares no Rio Grande do Sul, chegando a ocupar 80% da área cultivada no estado (Carmona et al., 1994). Aliando alta produtividade com boa qualidade de grãos, essas duas cultivares contribuíram decisivamente para consolidar a rizicultura gaúcha como a base do abastecimento do mercado brasileiro de arroz.



Nos outros estados, a substituição das cultivares tradicionais pelas cultivares de porte baixo e altamente perfilhadoras também trouxe reflexos altamente positivos para o aumento da produtividade da cultura. Em Minas Gerais, por exemplo, um estudo realizado por Santos et al. (1999) demonstrou que, no período de 1975 a 1980, quando as linhagens com tipo de planta moderno foram introduzidas, houve um ganho acentuado, de 6,06%, devido ao melhoramento genético.

Há, por outro lado, fortes evidências de que os programas de melhoramento de arroz irrigado têm tido dificuldades de aumentar o potencial genético de produtividade de grãos das cultivares com arquitetura moderna. Rangel et al. (1996), avaliando a genealogia das cultivares de arroz irrigado do Brasil, verificaram que apenas dez ancestrais contribuem com 68% do conjunto gênico. Considerando as cultivares mais plantadas nos principais estados produtores de arroz irrigado, os mesmos autores constataram que sete ancestrais são os mais frequentes nos “pedigrees” e são responsáveis por 70% do “background” genético das mesmas. A utilização de poucos genitores repetidamente nos cruzamentos pode levar a dois tipos de problema: a) maior vulnerabilidade genética das cultivares aos estresses bióticos e abióticos; b) diminuição das possibilidades de obtenção de maiores ganhos genéticos por seleção, principalmente para produtividade de grãos. Breseghello et al. (1999), explorando dados de ensaios da Região Nordeste, conduzidos de 1984 a 1993, obtiveram ganhos para produtividade de grãos de apenas 0,77%. Santos et al. (1999), no estudo acima mencionado, estimaram para o período de 1981 a 1996, após a substituição das cultivares tradicionais pelas modernas, ganhos para produtividade não significativos. Rangel et al. (2000a) também obtiveram ganhos para produtividade não relevantes, apenas 0,3% ao ano, em seu estudo sobre a eficiência do programa de melhoramento genético do arroz levado a cabo nos Estados do Piauí e Maranhão, durante o período de 1984 a 1997.

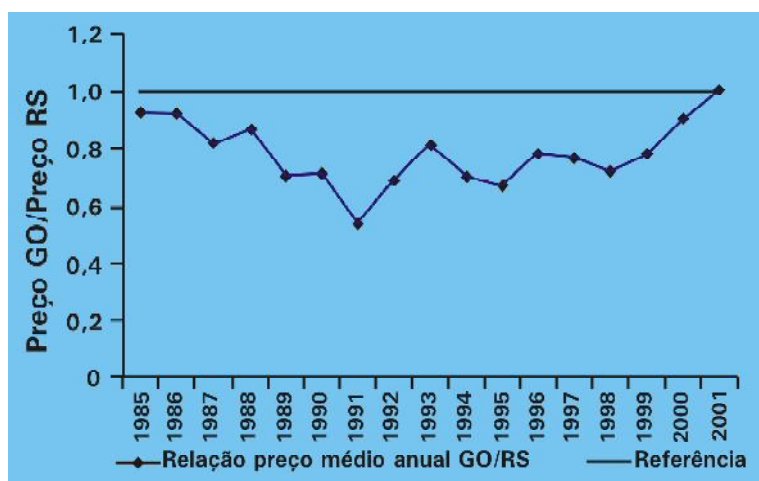
### **Ganhos genéticos devido ao melhoramento do arroz de terras altas**

A história do melhoramento de arroz de terras altas na Embrapa pode ser dividida em duas fases distintas. De 1975 a 1990, atenção especial foi dedicada à resistência à seca, além da resistência à brusone sempre fortemente priorizada dentro do programa, em função da sua importância para a cultura do arroz. Nessa fase, 13 novas cultivares foram liberadas para o cultivo, as quais, em sua maioria, caracterizavam-se pela maior rusticidade, boa capacidade de competição com as plantas daninhas, tolerância satisfatória a doenças e maior capacidade produtiva. Essas



cultivares tiveram boa aceitação pelos produtores e, gradativamente, foram substituindo as cultivares mais antigas, em função de sua ampla adaptação e da maior disponibilidade de sementes. Houve significativos progressos genéticos para produtividade de grãos nesse período. Em Minas Gerais, por exemplo, Soares et al. (1999) obtiveram estimativas de 1,26%, para as linhagens precoces, e de 3,37% para as linhagens de ciclo médio. Esses ganhos podem ser considerados excelentes, quando comparados com os obtidos em outros cultivos. Em soja, por exemplo, as estimativas obtidas por Toledo et al. (1990) foram de 1,8%, para o Estado do Paraná.

Se, por um lado, essas cultivares impactaram positivamente a produtividade do arroz de terras altas, provocaram, por outro, uma forte depreciação do seu preço no mercado, quando comparados com o arroz irrigado, cuja qualidade vinha sendo melhorada desde o início da criação do IRGA e que atingiu seu ponto máximo com o lançamento da BR - Irga 409 e das cultivares que vieram após. Pode ser visto na Fig. 9.2 a evolução da relação entre o preço do arroz de Goiás, predominantemente colhido em terras altas, e o preço do arroz do Rio Grande do Sul, oriundo fundamentalmente das novas cultivares que aliavam produtividade com boa qualidade do produto. Essa depreciação do arroz de terras altas em relação ao arroz irrigado agregou-se até 1991, quando o seu valor correspondia a pouco mais de 60% do produto irrigado.



**Fig. 9.2.** Índice dos preços médios anuais do arroz de terras altas recebidos pelos produtores de Goiás em relação aos preços de referência recebidos pelos produtores de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, durante o período de 1985 a 2001.

Fonte: Ferreira et al. (2005).



O melhoramento do arroz de terras altas, na primeira fase acima referida, não focou a qualidade de grãos na intensidade necessária. Algumas cultivares, altamente competitivas quanto à produtividade como Rio Paranaíba, Cabaçu, Xingu, Douradão e Rio Paraguai, tinham qualidade de grãos inferior, com baixo teor de amilose e alta temperatura de gelatinização. Frequentemente, permaneciam com o interior do grão ainda meio endurecido após a cocção, além de ligeiramente pegajosos, não agradando o consumidor, que aos poucos foi preferindo o arroz colhido no sul do país. Como este tinha, adicionalmente, a característica de longo fino, a classe de grão agulhinha, isso passou também a caracterizar “arroz de boa qualidade”, apesar de, geneticamente, não haver nenhuma relação entre classe de grãos e qualidade de cocção.

No final da década de 1990, já se sabia que era preciso atribuir importância maior à qualidade de grãos no melhoramento do arroz de terras altas, o que ficou registrado na análise crítica do PNP Arroz, realizada por ocasião da IV Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, realizada em junho de 1990 (Embrapa, 1994).

Ao mesmo tempo em que o arroz colhido em condições de terras altas se desvalorizava em relação ao arroz irrigado, a cultura da soja se expandia no Cerrado, onde, principalmente nas regiões menos favorecidas quanto à distribuição de chuvas, notadamente Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, se mostrava como uma opção agrícola de maior sustentabilidade econômica. A cultura do arroz foi, assim, sendo deslocada para as áreas mais favorecidas, com menor incidência de deficiência hídrica, aparentemente reduzindo a importância do melhoramento para resistência à seca.

A segunda fase do melhoramento do arroz de terras altas na Embrapa surgiu, portanto, no início da década de 1990, quando a prioridade de maior resistência à seca foi substituída pela maior ênfase na qualidade de grãos, juntamente com resistência à brusone e resistência ao acamamento, uma vez que a cultura passaria a ser explorada em áreas de maior potencial produtivo, onde as cultivares com arquitetura tradicional se mostravam altamente acamadoras.

Os primeiros cruzamentos envolvendo fontes de boa qualidade de grãos para o arroz de terras altas iniciaram-se no primeiro semestre de 1991, ao mesmo tempo em que se implementava em todas as gerações segregantes disponíveis uma forte pressão de seleção para qualidade de grãos. A meta quanto a essa característica era direcionada à obtenção de grão da classe longo fino, descrita no Capítulo 22, com



teor de amilose e temperatura de gelatinização intermediárias (Jennings et al., 1979) e que, após a cocção, se apresentasse enxuto, solto e macio.

O progresso do melhoramento para qualidade de grãos do arroz de terras altas brasileiro foi facilitado pela forte introdução de linhagens e famílias segregantes oriundas do programa de arroz de sequeiro que o CIAT desenvolveu de 1984 a 1995 e que priorizava fortemente duas características: adaptação a solos ácidos e qualidade de grãos, de acordo com as preferências do mercado brasileiro, pois reconhecia o Brasil como um dos seus principais clientes. Essas introduções eram, aqui, cuidadosamente avaliadas e selecionadas exploradas, para uso pelo programa brasileiro como fonte de novas cultivares e/ou como genitores nos cruzamentos, que realimentavam o programa. Hoje, a base genética das populações de arroz de terras altas sob melhoramento no Brasil é fortemente influenciada pelo germoplasma fornecido pelo CIAT. Além de ter servido de base para o lançamento de oito cultivares, Progresso, Maravilha, Canastra, Carisma, BRS Bonança, BRS Talento, BRSMG Curinga e BRS Caripuna, esse germoplasma contribuiu fortemente para resgatar a boa qualidade de grãos do arroz de terras altas no Brasil.

Uma cultivar que começou a recuperar o prestígio do arroz de terras altas, ao ser lançada em 1992, foi a Caiapó. Classificada como de grãos da classe longo, apresenta contudo cerca de 60% de seus grãos dentro da classe agulhinha. Apresenta alto rendimento de grãos inteiros e é de excelente qualidade quanto à cocção. Foi amplamente aceita pelo mercado e é atualmente uma das cultivares mais utilizadas, principalmente pelos pequenos agricultores. Em 1993, 1994, 1996 e 1997 foram lançadas, respectivamente, a Progresso, Carajás, Maravilha e Canastra, mas essas cultivares não contribuíram para a recuperação dos preços do arroz de terras altas em relação ao do irrigado, por não apresentarem características de grão competitivas no mercado.

O lançamento de maior repercussão nos preços do arroz de terras altas foi o da BRS Primavera, com grãos de excelente qualidade, quanto a classe, aparência e qualidades de cocção. Na Fig. 9.2 observa-se a primeira reação dos preços em 1992 e 1993, causada pelo lançamento da Caiapó e sua ascensão progressiva após 1997, com o lançamento da cultivar BRS Primavera, um dos arrozes de melhor qualidade culinária ainda presente no mercado brasileiro. No momento, praticamente não existe diferença entre os produtos





oriundos dos dois ecossistemas e outras cultivares, como BRS Bonança, Carisma, BRS Talento e BRS Soberana, contribuem para a maior disponibilidade de arroz de boa qualidade para cultivo em terras altas.

### **Os programas brasileiros de melhoramento de arroz após a internalização da Lei de Proteção de Cultivares**

Não houve, com a instituição da Lei de Proteção de Cultivares, o surgimento, de imediato, de empresas privadas envolvidas com o melhoramento de arroz no Brasil, que continua sendo realizado, basicamente, pelas instituições públicas. Estas, contudo, começaram a buscar mais objetividade em seus programas e a incorporar atitudes próprias do setor privado. Reestudaram seu negócio, realizaram prospecção de oportunidades, procuraram alianças com empresas privadas e internalizaram a atenção permanente com a sustentabilidade financeira dos seus programas. Atualmente, o IRGA, associado ao FLAR, atua de forma totalmente independente. A Epagri também está se estruturando em um núcleo competitivo, estabelecendo parcerias com empresas privadas e implementando um programa de que se caracteriza pela objetividade e eficiência.

O IAC, com a redução da importância da cultura do arroz em São Paulo frente ao crescimento de outros cultivos, vem priorizando o melhoramento do arroz para características especiais, em busca de um produto diferenciado, com maior valor agregado, focando nichos especiais do mercado. Adicionalmente, continua implementando seu tradicional programa de melhoramento de arroz para os sistemas de cultivo com irrigação e de sequeiro, em terras altas.

Outras instituições, como a UFLA e a Epamig, continuam executando suas atividades de melhoramento de arroz, mas ainda em um processo de redefinição de suas estratégias, incluindo-se a possibilidade do estabelecimento de um convênio bilateral com a Embrapa, que, em parceria, poderão implementar um programa independente, com características próprias.

No âmbito da Embrapa, o seu sistema de planejamento de P&D, Sistema Embrapa de Planejamento, em menos de dez anos após sua implantação em 1993, já não se mostrava suficientemente eficaz para organizar grandes esforços de parceria, mesmo internamente, ou seja, entre as suas Unidades de Pesquisa, em torno das grandes prioridades nacionais relacionadas com o desenvolvimento do agronegócio,



devido: (a) baixa funcionalidade do ponto de vista de ação integradora e indutora, acompanhamento e avaliação dos projetos, e interação com clientes e usuários; (b) sistema fragmentado e com elevado custo de operacionalização; e (c) confundimento de programas meio com programas finalísticos de pesquisa, desenvolvimento e de transferência de tecnologias. Por outro lado, os cenários que começavam a se configurar para a Empresa e para a própria atividade de pesquisa, tanto no país quanto em nível mundial, apontavam para a necessidade de se implementar modelos de gestão de P&D que favorecessem o trabalho em rede e a concentração da capacidade intelectual, de recursos financeiros e de infra-estrutura em torno de focos estratégicos de pesquisa bem definidos, capazes de gerar impactos significativos, não apenas na dimensão técnico-científica, mas principalmente no desenvolvimento social e econômico do país. Assim, em 2001, a Embrapa promoveu ajustes em seu modelo de gestão de P&D, substituindo os 17 programas nacionais de pesquisa por cinco Macroprogramas: grandes desafios nacionais - Macroprograma 1; competitividade e sustentabilidade do agronegócio - Macroprograma 2; desenvolvimento tecnológico incremental - Macroprograma 3; transferência de tecnologia - Macroprograma 4; e desenvolvimento de processos gerenciais - Macroprograma 5 .

Projetos como o de melhoramento genético do arroz, que se caracterizam por ser multidisciplinar e multiinstitucional, contemplando pesquisas estratégicas e/ou aplicadas, objetivando promover avanços significativos no conhecimento e no padrão tecnológico do agronegócio do arroz no país, ajustando-se ao Macroprograma 2.

No âmbito dos macroprogramas, a Embrapa estimula suas unidades a constituírem redes de pesquisa em torno de temas de interesse comum e considerados estratégicos para a Empresa. Nesse sentido, atendendo à chamada do segundo edital do Macroprograma 2, a Embrapa Arroz e Feijão convidou a Embrapa Clima Temperado, RS, Embrapa Agropecuária Oeste, MS, Embrapa Rondônia, RO, Embrapa Amazônia Oriental, PA, Embrapa Roraima, RR, e a Embrapa Meio Norte, PI, a proporem, juntas, um novo projeto que abrigasse as atividades de melhoramento genético do arroz irrigado e do arroz de terras altas em desenvolvimento pela Empresa. Nesse projeto, que conta também com a colaboração da Embrapa Agroindústria de Alimentos no que diz respeito à orientação sobre qualidade de grãos, há a participação de apenas três instituições externas: a Epagri e a Epamig, em arroz irrigado, e a UFPA, em arroz de terras altas.



Participam na avaliação de famílias  $S_{0.2}$  do programa de seleção recorrente, conduzindo os ensaios com recursos próprios, mas com o direito de exploração, em parceria com a Embrapa, das populações para fins de extração de linhagens.

## O ATUAL PROJETO DE MELHORAMENTO DE ARROZ DA EMBRAPA

Na proposição do projeto, observou-se que alguns problemas agrônômicos continuavam limitando a cultura do arroz no Brasil, sendo necessário encontrar soluções para aumentar a sua competitividade. A produtividade, embora crescente no setor produtivo, em nível dos programas de melhoramento genético se aproximava de platôs que não tem sido superados, mas que devem ser quebrados para que o setor produtivo continue evoluindo e tornando-se mais competitivo. A brusone, principal doença do arroz, ainda causa perdas estimadas em 20% da produção, principalmente na região tropical, além de onerar os custos de produção com as medidas de controle. A qualidade do arroz produzido, a despeito dos progressos conseguidos, precisa ser melhorada ainda mais para atender principalmente ao mercado externo. Decidiu-se, então, adotar algumas novas estratégias tanto no melhoramento genético de arroz de terras altas como no de várzeas irrigadas, na expectativa de se conseguir maior eficiência dos programas no atingimento de seus objetivos:

- 1) Aumento do esforço em pré-melhoramento: As atividades de desenvolvimento de novas linhagens, com perspectivas de se transformar em cultivares competitivas, se tornam muito mais eficientes se baseadas na exploração de genitores elites (Morais et al., 2003). Na prática, para que isto ocorra, é necessário que o programa implemente uma série de atividades estratégicas relacionadas com a melhor forma de acesso, ordenamento e utilização da variabilidade genética de interesse existente no germoplasma, conhecidas no jargão de melhoramento genético como pré-melhoramento. Em outras palavras, com o pré-melhoramento se consegue uma melhor compreensão do germoplasma disponível e se implementam atividades destinadas a promover o fluxo dos alelos de interesse, dispersos no seio desse germoplasma, para a sua porção elite, enriquecendo-a e tornando-a de maior potencial para ser utilizada como material básico em um programa de desenvolvimento de novas cultivares.
- 2) Substituir o método tradicional de desenvolvimento de linhagens, que privilegia o manejo das gerações segregantes apenas pela avaliação visual, por procedimentos que incluem avaliações de produtividade



desde as gerações iniciais do programa, utilizando técnicas experimentais que permitam maior precisão nas observações. A seleção visual para caracteres como produtividade de grãos, em cruzamento tipo “elite” por “elite”, não difere de “coleta ao acaso”, como já foi amplamente demonstrado por Cutrim et al. (1997) em arroz. Assim, no projeto está sendo realizada avaliação de produtividade de grãos das populações ( $F_2$ ) desenvolvidas (cruzamentos biparentais) e das famílias  $F_5$  derivadas de plantas colhidas individualmente nas populações  $F_3$  dos cruzamentos selecionados e conduzidas em  $F_4$  pelo método de bulk dentro de famílias, conforme Frey (1954).

- 3) Implementar uma série de ações de pós-melhoramento, que, de forma bem planejada, visam inserir competitivamente a nova cultivar no mercado, obedecendo às estratégias definidas em planos de marketing específicos.

### **Ações de pré-melhoramento**

Tendo como principal produto esperado o desenvolvimento de genitores elites para o programa de desenvolvimento de linhagens, as atividades de pré melhoramento visam basicamente: (a) caracterização fenotípica e molecular da coleção nuclear de arroz já estabelecida; (b) caracterização das populações de *Pyricularia grisea*, tanto sob aspecto molecular, quanto à especificidade de virulência; (c) identificação e incorporação de alelos de resistência à brusone em populações, cultivares e linhagens elites, visando não somente o desenvolvimento de novas cultivares, mas principalmente, aumentar o acervo de genitores potenciais do programa de melhoramento; (d) melhorar populações por seleção recorrente, visando desenvolver uma base especial para a extração de linhagens de alta performance; e) desenvolver linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula*.

### **Caracterização fenotípica e molecular da coleção nuclear de arroz**

Uma estratégia para ampliar com eficiência a base genética do conjunto gênico em uso pelos programas de melhoramento consiste na utilização criteriosa da variabilidade genética existente nos bancos germoplasma. Essa variabilidade, naturalmente, pode ser determinada, avaliando-se toda a coleção ou uma amostra representativa da mesma. Essa amostra representativa é conhecida por Coleção Nuclear, que segundo Frankel (1984), consiste de um subgrupo de acessos de germoplasma que incorpora, com o mínimo de redundância, a diversidade genética de uma cultura. A Coleção Nuclear do Banco de Germoplasma



de Arroz da Embrapa, já estabelecida (Abadie et al., 2002) é composta por 550 acessos de arroz, divididos em três estratos: variedades tradicionais, 308 acessos, linhagens melhoradas no Brasil, 94 acessos, e introduções de outros países, 148 acessos. As variedades tradicionais foram selecionadas utilizando os descritores fenotípicos e os dados de coordenadas geográficas. Este último critério foi usado para incorporar na Coleção Nuclear variedades tradicionais adaptadas a sítios específicos, após longos períodos de cultivo, normalmente acima de 20 anos. Para aumentar o poder de discriminação entre os acessos da Coleção Nuclear de arroz brasileira, estão sendo utilizados marcadores moleculares microssatélites, os quais possuem o maior conteúdo informativo por loco gênico dentre todas as classes de marcadores. Essa análise está permitindo avaliar a extensão da variabilidade genética estrutural em 72 locos regularmente espaçados no genoma do arroz e, por conseguinte, separar os 550 genótipos em diferentes grupos de similaridade genética. Os dados moleculares serão, finalmente, reunidos com os dados de produtividade e outras características de interesse agrônomo para auxiliar na escolha de genitores do programa de pré-melhoramento, cujo objetivo principal é a obtenção de genitores elites para o programa de melhoramento, que possuam não somente um conjunto gênico diferenciado, mas também as características favoráveis das linhagens elite normalmente utilizadas.

### **Caracterização fenotípica de populações de *Pyricularia grisea***

A ocorrência de um grande número de raças de *P. grisea* foram registradas em vários países (Ou, 1985). Levy et al. (1993) encontraram 39 raças em uma coleção de 151 isolados provenientes de 15 cultivares de arroz na Colômbia. Quarenta e cinco raças de *P. grisea* representando todos os nove grupos de raças foram identificados na Colômbia (Correa-Victoria & Zeigler, 1993). Uma análise de 470 isolados coletados de oito cultivares provenientes de 18 lavouras, em nove municípios do Estado de Arkansas nos EUA, mostrou a predominância das raças IB-49 e IC-17, devido a elevada pressão de seleção exercida pelas cultivares (Xia et al., 2000).

No Brasil, as raças que representam todos os grupos IA até II foram registradas nas cultivares de terras altas e irrigado em diferentes estados (Ribeiro & Terres, 1987; Urashima & Isogawa, 1990; Malavolta & Souza, 1992; Filippi & Prabhu, 2001; Prabhu & Filippi, 2001; Prabhu et al., 2002a). A variabilidade do patógeno é um assunto de muita controvérsia, sendo relatado o aparecimento de novas raças, provenientes de isolados monospóricos, estabelecidos de uma lesão foliar.



As informações quanto à estrutura da virulência de *P. grisea* no Brasil são limitadas. A disponibilidade de cinco linhas isogênicas da variedade CO 39, diferindo em um gene, permitiu classificar os isolados virulentos ou avirulentos a estas linhas. Este tipo de levantamento é muito recente e foi feito em arroz de terras altas e em arroz de várzea por Filippi et al. (2002). Esses autores observaram que todos os 87 isolados testados foram virulentos aos genes Pi-3, Pi-4a e Pi-4b, enquanto poucos deles foram virulentos aos genes do hospedeiro Pi-1 e Pi-2.

Quando uma nova cultivar com resistência vertical é introduzida, o patógeno freqüentemente acumula virulência para o gene de resistência, tornando a cultivar suscetível. Os genes de resistência do hospedeiro podem ser classificados de acordo com o comportamento dos genes de virulência do patógeno. Isso é uma ferramenta que pode ser usada para agrupar melhor a combinação de genes no hospedeiro e foi utilizada inconscientemente no processo de seleção ao longo dos anos.

Diferenças distintas no padrão de virulência dos isolados de *P. grisea*, coletados das cultivares de arroz de terras altas, foram observadas em testes realizados com seis cultivares de terras altas e oito cultivares de arroz irrigado (Filippi & Prabhu, 2001). As altas freqüências de virulência nas cultivares IAC 47 e IAC 165 explicaram a alta suscetibilidade dessas cultivares, nas condições naturais de infecção no campo. Por outro lado, a baixa freqüência de virulência na cultivar Araguaia evidenciou sua suscetibilidade moderada à brusone.

A diversidade fenotípica nas população de *P. grisea* de amostras coletadas em quatro lavouras da cultivar Metica 1, sob condições de epidemias da brusone nas folhas, mostraram que 80% dos isolados pertencem ao patótipo ID-14, indicando alta especificidade da cultivar e a diversidade estreita da virulência na população estudada (Filippi et al., 2002). O patótipo predominante IB-45 foi representado por 47 dos 53 (88,7%) isolados coletados nas cultivares Epagri 108 e Epagri 109, em nove diferentes lavouras, no Estado do Tocantins, indicando certo grau de especialização de isolados de *P. grisea*. A epidemia da brusone nestas duas cultivares, um ano após a sua utilização na região, foi atribuída ao surgimento do novo patótipo IB-45 ou à sua preexistência em baixa freqüência e rápido aumento no campo, devido à elevada pressão de seleção direcional (Prabhu et al., 2002b).

Visando monitorar a composição das populações de *P. grisea* nas principais áreas produtoras, anualmente são coletados isolados em lavouras semeadas com as cultivares mais utilizadas pelos orizicultores, e conservados em papel de filtro. A virulência fenotípica dos isolados é



estudada, utilizando diferenciadoras especiais, por meio de inoculações artificiais, em casa de vegetação, nas plantas com 21 dias de idade. As avaliações das reações são feitas nove dias após a inoculação, por meio de reação compatível e não compatível. A determinação das raças baseia-se na reação das diferenciadoras.

### **Caracterização genotípica de populações de *P. grisea***

Os marcadores de DNA permitem avaliação da diversidade genética dentro da região geográfica e dentro de uma determinada raça. A população do patógeno é composta de grupos distintos de indivíduos e cada grupo (linhagem), derivado através de propagação assexual, é proveniente de um ancestral comum. De acordo com Levy et al. (1993), a análise do DNA de mais de 100 isolados, coletados em Santa Rosa (Colômbia), agrupou-os somente em seis linhagens distintas.

Os estudos iniciais de caracterização genética de isolados de *P. grisea* mostraram que as linhagens podem ter um espectro de virulência específico ou os membros de linhagem compartilham de uma virulência comum e limitada. Algumas cultivares apresentam resistência para todos os isolados individuais de uma determinada linhagem. Outras cultivares são suscetíveis aos isolados de algumas linhagens. Com base nestas observações, a hipótese de exclusão de linhagem foi proposta (Correa-Victoria et al., 1994).

A estreita relação estabelecida entre linhagem e virulência, nas populações do patógeno nos Estados Unidos (Levy et al., 1991), não foi comprovada em estudos posteriores realizados nas Filipinas (Chen et al., 1995; Zeigler et al., 1995). Um grande número de raças foi detectado, incluindo raças múltiplas, dentro de linhagens com 80% de similaridade. A reação individual dos isolados, dentro da mesma linhagem, foi variável. Diversidade em haplotipos dentro de linhagem é comum, indicando alta taxa de mutação ou recombinação parasexual (Zeigler et al., 1997). Não existe uma relação estreita entre raça e linhagem, ou seja, a informação quanto à linhagem não constitui uma fonte segura para indicar virulência de *P. grisea* ou para direcionar um programa de melhoramento (Xia et al., 1993). Discutindo a importância da análise de linhagem, Zeigler et al. (1995) supõem que a presença de isolados virulentos e avirulentos, dentro de uma mesma linhagem e para uma determinada cultivar, indica que é mais fácil isolados avirulentos tornarem-se virulentos ao hospedeiro, do que isolados pertencentes a outra linhagem. Dessa maneira, a análise de linhagens permite discriminar a interação hospedeiro-linhagem mais estável e não-estável.



No Brasil, a análise de DNA de 53 isolados provenientes de nove lavouras das cultivares Epagri 108 e Epagri 109, utilizando rep-PCR, mostrou dois grupos ou linhagens distintas (Prabhu et al., 2002b). Em outro levantamento, "DNA fingerprinting" de 87 isolados de *P. grisea* coletados em quatro lavouras da cultivar Metica 1, utilizando rep-PCR com dois primers Pot2, revelou a ocorrência de seis grupos ou linhagens. Não houve, neste estudo, uma relação clara entre a virulência dos isolados baseado em 32 linhagens e o agrupamento baseado na análise usando rep-PCR de isolados de *P. grisea* coletados na cultivar Metica 1. A análise dos isolados com rep-PCR não pode ser utilizada para determinar patótipos do fungo. Entretanto, esse tipo de análise serve como ferramenta para diferenciar geneticamente isolados distintos que apresentam reações fenotípicas ambíguas nas diferenciadoras (Filippi et al., 2002).

De acordo com o conceito de exclusão de linhagens, os genes de resistência contra todos os isolados de linhagens do patógeno podem ser selecionados e combinados em um único genótipo. Este conceito tem a mesma consequência de exclusão de raça. A estabilidade do espectro de virulência de isolados pertencente à mesma linhagem está sujeita, contudo, a questionamentos. Não existe uma fórmula no momento de se selecionar isolados representativos de linhagens, exceto incluindo todas as raças utilizando métodos convencionais. O uso combinado do agrupamento, baseado na frequência de virulência ou raça, com linhagens genéticas parece ter maior valor aplicado ao melhoramento do que usados isoladamente.

O DNA dos isolados caracterizados fenotipicamente (no item anterior é também submetido à análise molecular, utilizando dois primers, Pot2-1 e Pot2-2, derivados de uma seqüência repetitiva presente no genoma do patógeno *P. grisea*. Os perfis de bandas são analisados, usando o programa do NTSYS, versão-1.70/1992. As distâncias genéticas são calculadas pelo coeficiente de similaridade de Jaccard. Uma matriz de distâncias genéticas é usada para a análise de agrupamento dos isolados e construção do dendograma, baseado no método não ponderado por médias aritméticas (UPGMA). Também se realiza a análise de Bootstrap para confirmação dos clusters.

### **Identificação e incorporação de alelos de resistência à brusone em cultivares e linhagens elites**

Desde 1995 a Embrapa Arroz e Feijão vem conduzindo um trabalho de incorporação de resistência a brusone na cultivar de arroz irrigado Metica 1 por meio de retrocruzamentos, utilizando cinco fontes doadoras





de alelos de resistência, 5287, Carreon, Ramtulasi, Três Marias e Huan-Sen-Go. Como resultado deste trabalho, duas cultivares, BRS Alvorada e BRSGO Guará, oriundas de três retrocruzamentos para Metica 1 e de duas diferentes fontes de resistência, Huan-Sen-Go e 5287, respectivamente, foram obtidas e lançadas para a região tropical como duas novas cultivares de arroz irrigado. A BRS Alvorada e a BRSGO Guará, em 23 ensaios conduzidos de 1999 a 2003, em Goiás e Tocantins, apresentaram produtividades médias de 7.257 e 6.646 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, a primeira superando a Metica 1, 6.668 kg ha<sup>-1</sup>, e a segunda com produtividade similar. Quanto ao rendimento de grãos no beneficiamento, teor de amilose e temperatura de gelatinização, as duas cultivares são semelhantes à Metica 1. Nos testes de cocção, contudo, essas cultivares apresentaram grãos soltos após o cozimento aos 60 dias após a colheita, enquanto que a Metica 1 mostrou os grãos soltos somente aos 140 dias depois de colhida. Estas duas cultivares, por serem fenotipicamente semelhantes quanto ao ciclo, arquitetura e altura de planta e tipo de grãos, podem vir a se constituir em uma variedade composta.

O uso de variedades compostas poderá vir a ser uma das estratégias utilizadas para obtenção de resistência estável à brusone. Consiste no plantio de uma mistura de sementes de duas, três ou mais cultivares fenotipicamente semelhantes, principalmente para ciclo, altura e arquitetura de planta, mas cada uma portadora de um alelo diferente que condiciona resistência a uma determinada raça do patógeno prevalente na região. Observações teóricas e práticas demonstram que a heterogeneidade genética pode reduzir drasticamente a ocorrência de doenças em grandes áreas de cultivo (Zhu et al., 2000).

Uma nova incorporação de alelos de resistência em cultivares comerciais de arroz irrigado, BRS Formoso, Javaé, Diamante e na linhagem CNA 8502, foi reiniciada em 1999, utilizando as fontes Huan-Sen-Go, Oryzica Llanos 4, Oryzica Llanos 5, Oryzica 1 e 5287, com o objetivo de ampliar o leque de cultivares elites resistentes a serem utilizados como genitores nos programas de cruzamento, além de constituírem opções para o desenvolvimento de cultivares essencialmente derivadas. Trabalhos similares estão sendo realizados com o arroz de terras altas, utilizando as cultivares recorrentes BRS Primavera, BRS Bonança, Carajás, BRS Talento e BRS Liderança, e treze fontes doadoras de genes de resistência, C101 LAC, C101A 51, Raminad str-3, Oryzica Llanos 5, Toride 1, Três Marias, CNA 8212, CNA 8199, CNA 8198, CNA 8210, CNA 8213 e SC 9. As populações de cada retrocruzamento estão sendo inoculadas com isolados específicos e simultaneamente avaliadas em condições naturais de infecção no campo, seguida da seleção das plantas resistentes.



## Melhoramento de populações por seleção recorrente

Sendo a produtividade de grãos um caráter quantitativo, governado por um grande número de genes menores, a probabilidade de se encontrar um indivíduo, em qualquer geração segregante, que contenha todos os alelos favoráveis, é muito pequena, e essa probabilidade diminui à medida que se aumenta a geração em consideração. Esses alelos geralmente estão dispersos nas famílias sob avaliação. Selecionando-se os indivíduos superiores dentro de populações geneticamente divergentes e intercruzando-os, aumenta-se a frequência dos alelos favoráveis na nova população e, com isso, tem-se maiores chances de encontrar indivíduos com todos os alelos favoráveis. Esse é o fundamento básico da seleção recorrente, que hoje vem sendo considerada como a melhor alternativa para se obter ganhos em características quantitativas, como a produtividade (Rangel, 1992; Rangel & Neves, 1997; Rangel & Zimmermann, 1998; Rangel et al., 2000b). Assim, o melhoramento populacional por meio de seleção recorrente será intensivamente utilizado, no sentido de obter cultivares de elevada capacidade produtiva de grãos.

No caso específico do arroz irrigado, o programa teve início em 1990 com as populações CNA-IRAT 4 formada pelo intercruzamento de 10 cultivares/linhagens da subespécie *Indica*, e a CNA-IRAT P constituída de genótipos das subespécies *Indica* e *Japonica*. Posteriormente, novas populações foram incorporadas ao programa sendo, a CNA 1 em 1991, a CNA 5 em 1993 e a CNA 11 em 1996 (Rangel & Neves, 1997; Rangel et al., 2002). Todas essas populações possuem na sua constituição o gene de macho-esterilidade genética do mutante IR36, obtido através de mutagênico químico (Singh & Ikehashi, 1981). Esse mutante tem um alelo recessivo (*ms*) que, em homozigose (*msms*), produz a esterilidade dos grãos de pólen permitindo que a recombinação das famílias selecionadas seja feita em campo sem a necessidade de cruzamentos manuais. Em 2002, a população CNA 12 que foi sintetizada sem a utilização do gene de macho-esterilidade genética e visa principalmente a extração de linhagens com resistência estável à brusone, foi submetida ao primeiro ciclo de seleção recorrente.

Além dos processos rotineiros de melhoramento e extração de linhagens nas populações, procurou-se ao longo dos anos acumular informações técnicas que tornassem o programa de melhoramento populacional mais eficiente. Vários trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos e dentre eles pode-se citar: a) o de Morais (1997), que recomenda a seleção de um número de indivíduos cujo tamanho efetivo seja de pelo menos 50,



para recombinação, entre ciclos sucessivos de seleção; b) o de Zimmermann (1997), que estabeleceu os procedimentos experimentais e estatísticos como, tamanho de parcela, delineamento e número de repetições; c) o de Rangel et al. (1998), Servellón Rodriguez et al. (1998) e Lopes (2002), que avaliaram respectivamente, o potencial genético das populações CNA-IRAT 4, CNA 1 e CNA 11 para fins de melhoramento; d) o de Geraldi & Souza Júnior (2000), que recomenda avaliar nos ensaios de rendimento no mínimo 200 famílias, para que se possa manter as propriedades genéticas da população; e) o de Cordeiro et al. (2003), que, por meio das estimativas de vários parâmetros genéticos, concluíram que a metodologia de cruzamentos manuais em cadeia, utilizada antes da realização dos intercruzamentos ao acaso no campo, parece ser eficiente e suficiente para formar a população base e permitir a seleção de famílias superiores, sem a necessidade adicional de intercruzamentos, tornando o programa de seleção recorrente do arroz mais rápido e com menor dispêndio de recursos.

Além de estimar os ganhos esperados, os melhoristas devem também avaliar os ganhos observados promovidos pelo programa de melhoramento populacional ao longo de um determinado período, para fazer uma análise crítica da eficiência dos procedimentos adotados e para planejar ações corretivas, se necessárias, a serem empregadas nos períodos subseqüentes. Com o objetivo de estimar os ganhos observados para produtividade de grãos em três ciclos de seleção recorrente na população CNA-IRAT 4, Rangel et al. (2002) avaliaram 924 famílias  $S_{0,2}$  em 14 ensaios conduzidos nos anos agrícolas 1992/93, 1994/95 e 1997/98 em vários estados do Brasil. Nas estimativa dos ganhos observados para produtividade de grãos, os autores utilizaram o método das médias ajustadas (Breseghello et al., 1998b) adaptado por Morais et al. (2000). O ganho observado no primeiro ciclo foi de apenas  $15,7 \text{ kg ha}^{-1}$  (0,28%), não significativo. Os ganhos observados no segundo ciclo e na média dos dois ciclos foram respectivamente,  $369,9 \text{ kg ha}^{-1}$  (6,65%) e  $259,9 \text{ kg ha}^{-1}$  (4,67%), significativo, ou seja, superiores a duas vezes o valor do respectivo desvio-padrão. Esses valores são maiores do que os estimados para os programas de melhoramento convencional conduzidos no Brasil, por vários autores (Breseghello et al., 1999; Santos et al., 1999; Rangel et al., 2000a). Baseando-se nos resultados obtidos, os autores concluíram que três ciclos de seleção recorrente foram eficientes em aumentar o potencial produtivo da população CNA-IRAT 4.

A CNA-IRAT 4 já deu origem a cultivar SCS BRS Tio Taka, indicada para o sistema de cultivo pré-germinado de Santa Catarina, e que apresenta, como principais características, alta produtividade de grãos, porte baixo, resistência ao acamamento, alta capacidade de



perfilhamento, elevado rendimento industrial de grãos e boa qualidade culinária. Possui ainda, alta capacidade de brotação após a colheita do cultivo principal, podendo ser utilizada para o cultivo da soca.

Para o arroz de terras altas, seis populações, CG1, CG2, CG3, CNA6, CNA7 e CNA10, vem sendo melhoradas sistematicamente, com foco em produtividade, qualidade de grãos e resistência à brusone, além de outras características menos restritivas como resistência ao acamamento, precocidade, vigor, resistência a pragas, etc (Castro et al., 1999). Sintetizadas de 1992/93 a 1994/95, essas populações já passaram por dois a quatro ciclos de seleção e hoje concorrem com os melhores cruzamentos entre genitores elites como fontes para a extração de linhagens para as condições de cultivo em terras altas. Tendo famílias  $S_{0:2}$  como unidades básicas de avaliação de produtividade, o programa está estruturado de tal forma que cada ciclo de seleção tem a duração de três anos, sendo que a cada ano agrícola existem duas populações em uma das três fases seguintes: recombinação e seleção de plantas em  $S_0$ ; avaliação de famílias  $S_1$  e multiplicação de sementes; e avaliação de famílias  $S_{0:2}$  em ensaios regionais. Cronologicamente, tem-se:

- Ano 1, primeiro semestre: semeadura das sementes  $S_0$ , em baixa densidade. Na fase de colheita, realiza-se a seleção de plantas individuais, baseando-se na avaliação visual de arquitetura de planta, duração do ciclo, sanidade e características relativas a classe de grãos, entre outras.
- Ano agrícola 1/2: avaliação das famílias  $S_1$  para características agrônômicas em ensaios de observação de campo, para resistência à brusone em ensaios especiais, canteiros de infecção, e para características de grãos, avaliadas no laboratório de qualidade de grãos.
- Ano agrícola 2/3: as famílias  $S_1$  selecionadas participam, como  $S_{0:2}$  de ensaios regionais de avaliação de produtividade de grãos, em quatro locais.
- Ano 3, segundo semestre: as famílias selecionadas nos ensaios regionais, cerca de 40 a 50, são recombinadas, reproduzindo a população  $S_0$  do ciclo subsequente. A condução destes ensaios regionais representa a tarefa mais difícil e onerosa do programa.

Durante os anos de 2000/01 a 2002/03, as seis populações de arroz de terras altas sob melhoramento por seleção recorrente encontravam-se nas fases exemplificadas na Tabela 9.2. Se este cronograma for alterado, ter-se-á em algum ano mais de duas populações na fase de avaliação de famílias  $S_{0:2}$ , tornando a condução dos experimentos mais demandadora de recursos naquele ano.



**Tabela 9.2.** Fases em que se encontravam as seis populações de arroz de terras altas, durante os anos de 2000/01 a 2002/03.

Ano agrícola	CG1	CG2	CG3	CNA6	CNA7	CNA10
2000/01	$S_1$	$S_{0:2}$	Rec/ $S_0$	$S_{0:2}$	$S_1$	Rec/ $S_0$
2001/02	$S_{0:2}$	Rec/ $S_0$	$S_1$	Rec/ $S_0$	$S_{0:2}$	$S_1$
2002/03	Rec/ $S_0$	$S_1$	$S_{0:2}$	$S_1$	Rec/ $S_0$	$S_{0:2}$

Antes de se iniciar a seleção para produtividade de grãos, praticou-se um a dois ciclos de seleção massal, visando à redução de altura, uma certa redução na variação para ciclo de plantas, melhoria na qualidade de grãos e resistência a doenças, particularmente brusone. Na Tabela 9.3 encontram-se as médias das cultivares testemunhas utilizadas, as médias das populações e das famílias selecionadas no último ciclo de seleção para produtividade de grãos. Observa-se que as populações CG1, CG2 e CG3, já são, em média, tão produtivas quanto as testemunhas, sendo suas famílias selecionadas, em conjunto, significativamente mais produtivas do que estas testemunhas, que são cultivares comerciais elites.

As populações CNA6, CNA7 e CNA10 foram sintetizadas com o recurso de um gene de macho esterilidade genética e estão sendo manejadas conforme Chatel & Guimarães (1995). Assim, todas as famílias sob avaliação são progênies de plantas herozigóticas, para o referido gene, e por conseguinte, as famílias  $S_{0:2}$  devem apresentar cerca de 16,7% de plantas macho-estéreis, ignorando a produção de grãos dessa categoria de planta em  $S_1$ . É razoável, portanto, admitir que, pelo menos a CNA6 e a CNA7, em seu primeiro ciclo de seleção para produtividade de grãos, já deveriam apresentar um potencial médio para esta característica semelhante ao das testemunhas, conforme se observa se se corrigir suas estimativas de produtividade da Tabela 9.3 em 16,7%.

**Tabela 9.3.** Média de produtividade de grãos das populações de arroz de terras altas, das testemunhas e das famílias selecionadas no último ciclo de seleção para produção de grãos. Informações baseadas na avaliação de famílias  $S_{0:2}$ .

População	Ciclo de seleção	Ano agrícola	Média		
			Testemunha	População	Famílias selecionadas
CG1	2º	2001/02	2.153	2.104	2.310 <sup>(1)</sup>
CG2	2º	2000/01	2.777	2.733	3.126 <sup>(1)</sup>
CG3	2º	2002/03	3.225	3.130	3.601 <sup>(1)</sup>
CNA6	1º	2000/01	2.915	2.566 <sup>(1)</sup>	3.074
CNA7	1º	2001/02	2.476	2.055 <sup>(1)</sup>	2.314 <sup>(1)</sup>
CNA10	2º	2002/03	3.426	2.514 <sup>(1)</sup>	3.069 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Significativamente diferente da média das testemunhas, pelo teste F ( $P < 0,01$ )

A produtividade média da CNA10, por outro lado, ainda se encontra relativamente distante da média das testemunhas, devendo exigir mais tempo para superar este ponto referencial.

### **Desenvolvimento de linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula***

Das espécies silvestres de arroz que ocorrem no Brasil, a *Oryza glumaepatula*, por ser autógama, diplóide e possuir genoma semelhante ao da espécie cultivada, é a que possui maior potencial de uso no melhoramento genético. A Embrapa vem utilizando essa espécie no desenvolvimento de um programa de pré-melhoramento, com o objetivo de incorporar seus genes em linhagens e cultivares elites. As linhagens *sativa* vetoras de genes da espécie silvestre serão usadas na ampliação da base genética das populações do melhoramento de arroz irrigado, visando à obtenção de cultivares de alta produtividade. A estratégia adotada na introgressão de genes, conhecida como Método Avançado de Retrocruzamento para QTL (Tanksley & Nelson, 1996), envolve o uso de mapas de ligação molecular e técnicas convencionais de melhoramento e permite que um grupo de alelos de uma planta exótica ou silvestre possa ser examinada em um conjunto gênico de uma cultivar ou linhagem elite. O mapa de ligação molecular é usado para identificar, no cromossomo, a posição dos alelos silvestres que foram transferidos para a progênie, determinar quais deles estão associados a comportamento superior e selecionar as linhagens que contém QTL silvestre específico no conjunto gênico elite. Brondani et al. (2001, 2002) conseguiram introgridir com sucesso genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula*, coletada na região Amazônica, na linhagem BG 90-2, de *Oryza sativa*. A análise de QTLs para 11 características agrônômicas de interesse foi efetuada utilizando dados moleculares e os dados fenotípicos de 96 famílias  $RC_2F_2$  avaliadas em dois locais, Goiânia, GO, e Formoso do Araguaia, TO. Apesar de todos os alelos de QTLs favoráveis identificados serem provenientes do parental BG 90-2 em todas as características agrônômicas mensuradas, obtiveram-se famílias  $RC_2F_2$  fenotipicamente superiores ao parental BG 90-2, o que é um indicativo importante da ação gênica complementar entre o "background" genético do parental recorrente, BG-90-2, e os fragmentos introgrididos do parental doador, RS-16. Como resultado desse trabalho foram obtidas 35 linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula* que estão sendo utilizadas como genitores no programa de melhoramento genético do arroz irrigado.



## Ações de Desenvolvimento de Linhagens

Esta ação tem como foco o desenvolvimento de linhagens de alto potencial para finalidade de lançamento como novas cultivares, a partir da exploração de um conjunto de genitores que representam a elite do germoplasma disponível, tanto sob o aspecto de adaptação aos sistemas de cultivo, como em relação à resistência a doenças e à qualidade de grãos. Tem como fundamento: a maior frequência de recombinação (cruzamentos), quando comparado com os métodos tradicionais de melhoramento em autógamias; a utilização de unidades de recombinação (genitores) de desempenho previamente avaliados nos sistemas produtivos e devidamente caracterizados, notadamente, em relação à resistência à brusone, qualidade de grãos e ao número dias para a floração; e a seleção baseada em informações de ensaios multilocais, conduzidos por um esforço conjunto das instituições componentes do projeto, e em outras observações oriundas de laboratório, como qualidade de grãos, ou de outros ambientes controlados, como avaliação da resistência à brusone. O desenvolvimento de linhagens apresenta duas fases: a primeira visa desenvolver material básico, constituído de indivíduos com elevada homozigose e, por conseguinte, de alto potencial para a extração de linhagens. Representa uma estratégia de melhoramento típica de seleção recorrente, mas com alta pressão de seleção. Essa alta pressão advém não só do elevado número de unidades de avaliação (tratamentos) da população base, mas também da seleção de um número de unidades de recombinação (genitores) que representam um tamanho efetivo reduzido. O pequeno tamanho efetivo certamente conduz a perdas de alelos favoráveis, mas o esquema em uso prevê uma constante introdução de novos genitores (imigrantes) oriundos, em maior frequência, da etapa de pré-melhoramento e, menos frequentemente, do pós-melhoramento e de outros programas de melhoramento. Essa primeira fase pode ser visualizada na Fig. 9.3: cruzamentos a ensaios multilocais de famílias  $S_{3:5}$  e  $F_{3:5}$ .

A segunda fase utiliza como material básico preferencial os produtos da primeira fase (famílias  $F_{3:6}$  e  $S_{3:6}$ ) e linhagens desenvolvidas por diversas atividades de pré-melhoramento, consideradas promissoras para o desenvolvimento de cultivares. Visa a obtenção de linhagens candidatas a cultivares, tendo em vista os objetivos do projeto, e que constituem o material de trabalho de pós-melhoramento, conforme Fig. 9.3.



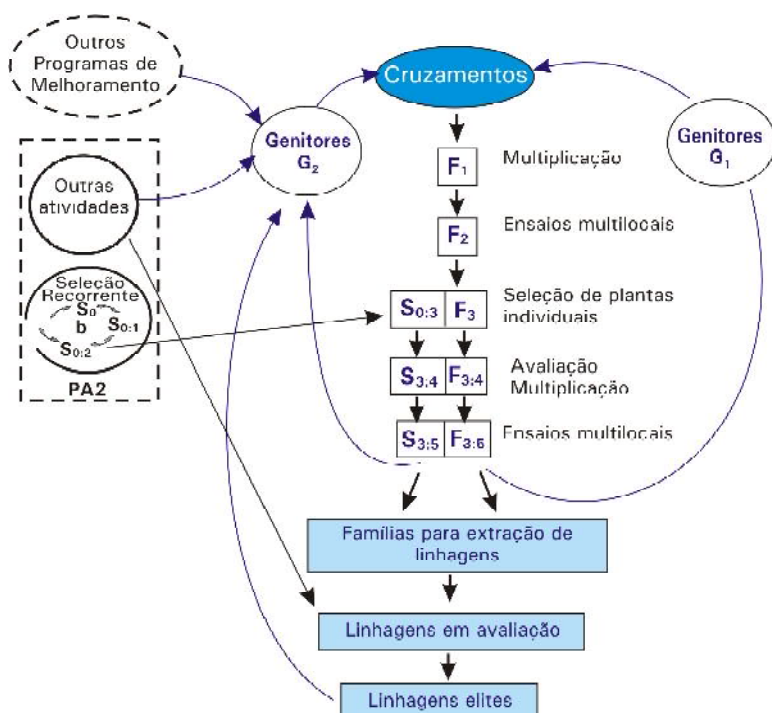


Fig. 9.3. Esquema da estratégia de desenvolvimento de linhagens elites.

Em seu conjunto, a etapa de desenvolvimento de linhagens compõe-se das seguintes atividades que, em sua maioria, poderiam ser subdivididas conforme os sistemas de cultivo que contemplam:

### **Seleção dos genitores, cruzamentos, avaliação das combinações híbridas e multiplicação de sementes $F_1$**

Os genitores são selecionados entre: (a) as melhores famílias  $F_{3:5}$  que representam, na Fig. 9.3, o grupo de genitores  $G_1$ , elo de ligação entre dois ciclos de seleção recorrente, previsto na primeira fase anteriormente comentada; (b) as melhores famílias  $S_{3:5}$ , oriundas das  $S_{0:2}$  do programa de melhoramento populacional, primeiro plano de ação, selecionadas para incorporação no programa de desenvolvimento de linhagens, considerando o conjunto de características de interesse, em ensaios multilocais; (c) linhagens melhoradas para características específicas, notadamente para resistência à brusone, também provenientes do pré-melhoramento; (d) linhagens de alta performance dos ensaios regionais de rendimento ou ensaios de VCU; e (e) linhagens ou





cultivares de outros programas de melhoramento nacional ou internacional, com comprovada adaptação aos sistemas produtivos enfocados. Os genitores das alternativas (b), (c), (d) e (e) constituem o grupo  $G_2$ , e sua efetiva introdução no conjunto gênico sob exploração só se concretiza após comprovada a sua capacidade de combinação com o grupo  $G_1$ . Na seleção desses genitores e no planejamento dos cruzamentos, procura-se utilizar a experiência e a percepção dos pesquisadores, considerando as particularidades dos sistemas produtivos e as características dos ecossistemas regionais onde o arroz é cultivado.

Como estas atividades se fundamentam na recombinação de genitores elites, os cruzamentos são, em sua maioria, bi-parentais. As sementes  $F_1$  são multiplicadas em condições de campo, em área de várzea com irrigação assegurada, utilizando-se o sistema de transplântio, com uma muda por cova, mesmo para os cruzamentos destinados ao sistema de terras altas. As mudas são formadas em ambiente protegido por tela, com os cuidados exigidos pela categoria de semente utilizada.

### **Avaliação dos cruzamentos**

Os cruzamentos, cerca de 200 a 300 para cada ecossistema, irrigado e terras altas, são avaliados em ensaios de rendimento de cruzamentos (ERC), localizados em Capão do Leão, RS, Alegrete, RS, Goianira, GO, Formoso do Araguaia, TO, e Boa Vista, RR, para o arroz irrigado; e em Santo Antônio de Goiás, GO, Sinop, MT, Vilhena, RO, Paragominas, PA e Teresina, PI, para o arroz de terras altas. Nos ERC são avaliados, basicamente, a incidência de doenças, o número de dias para a floração média, a altura de planta, o acamamento e a produtividade de grãos.

A seleção se baseia na análise conjunta de todos os ensaios, para o caso dos cruzamentos do arroz de terras altas, e na análise conjunta por região, "subtropical" ou Região Sul, e "tropical", ou Regiões Centro-Oeste e Norte, para o caso do arroz irrigado, apesar da constatação de que boa parte dos cruzamentos selecionados são comuns às duas regiões. Está-se, contudo, dando oportunidade à identificação de cruzamentos de adaptação específica, capitalizando a interação genótipo por ambiente. Cerca de 20 a 30 cruzamentos são selecionados, percentual de seleção de 10%.

Na Fig. 9.4 visualiza-se o desempenho médio de todos os cruzamentos de arroz de terras altas avaliados em 2002/03, dos cruzamentos selecionados e das cultivares testemunhas. No conjunto,



os cruzamentos selecionados são significativamente mais produtivos (Teste F,  $p < 0,01$ ) que os avaliados e as testemunhas, indicando que devem fornecer linhagens produtivas, principalmente se ocorrer um bom progresso com a seleção dentro de cada população. Além disso, os cruzamentos selecionados apresentam boa performance média em relação à resistência à brusone e, em relação à qualidade, apresentam, pelo menos, uma frequência alta de indivíduos com as características desejadas de grãos.

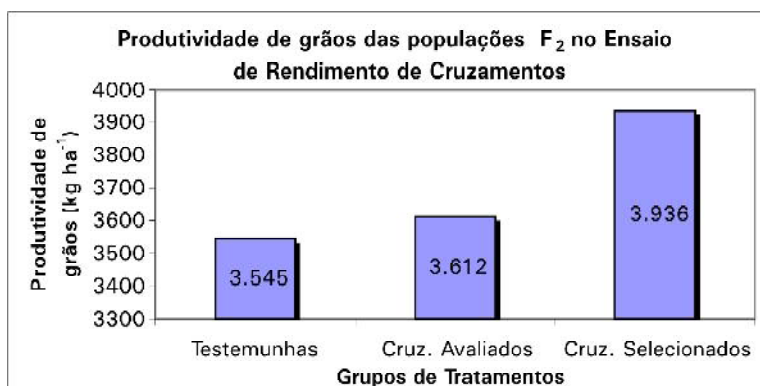


Fig. 9.4. Desempenho médio dos cruzamentos de arroz de terras altas avaliados e selecionados, no ano agrícola 2002/03.

### Seleção de plantas dentro dos cruzamentos selecionados ( $F_3$ )

Sementes  $F_3$  dos cruzamentos selecionados para a região subtropical e as famílias  $S_{0:3}$  selecionadas no programa de seleção recorrente para a mesma região (arroz irrigado), para fins de desenvolvimento de linhagens, são semeadas em Formoso do Araguaia, TO, durante a entressafra, mês de junho, nos chamados VS1 (Viveiro de Seleção 1), para a seleção de plantas individuais. Utiliza-se o sistema de transplântio, no espaçamento de 30 x 20 cm, com uma muda por cova, para facilitar a identificação individual das plantas. Cerca de 50 plantas com grãos de classe agulhinha, sadias e com boa aceitação fenotípica, são selecionadas de cada cruzamento.

Para o arroz irrigado tropical e o de terras altas, o VS1 inicia no mês de agosto com a semeadura, em bandejas especiais, de cerca de 1.000 sementes, selecionadas, quando necessário, para classe de grãos, preferindo as de classe agulhinha. Aos 20-25 dias, após a semeadura, essas bandejas são submetidas à inoculação do isolado de *P. grisea* mais freqüente nas regiões produtoras, selecionados pelos fitopatólogos



que integram a equipe de melhoramento. Cerca de 100 plântulas por cruzamento, isentas de lesões, são transplantadas para o campo, área de várzea, em parcelas de duas fileiras de 5 m. Após a maturação, cerca de 50 plantas de melhores características fenotípicas (avaliação visual) são colhidas individualmente.

### **Avaliação das Famílias $F_{3:4}$ e $S_{3:4}$**

As progênies das plantas selecionadas nos VS1 são observadas nos ensaios de observação de famílias (EOF), nas condições dos sistemas de cultivo a que se destinam: em Santo Antônio de Goiás, GO (terras altas), em Capão do Leão, RS (famílias de arroz irrigado destinadas a região subtropical), e em Goianira, GO (famílias de arroz irrigado destinadas à região tropical). Nos EOF intercala-se, a cada nove parcelas, uma cultivar testemunha, para facilitar a avaliação comparativa. As parcelas compõem-se de quatro fileiras de 5 m de comprimento, semeadas com baixa densidade, para reduzir o gasto de sementes, e os espaçamentos são os apropriados para cada sistema de cultivo.

Paralelamente, as famílias são também avaliadas para resistência à brusone, em canteiros especiais, com incidência forçada da enfermidade. As linhagens que apresentarem insuficiente resistência à brusone ou alguma outra característica não desejável, como acamamento ou arquitetura inadequada, são eliminadas antes da colheita. Após a colheita das consideradas aptas quanto à aceitação fenotípica, os grãos são submetidos à avaliação de qualidade, principalmente no que tange à classe, intensidade de centro branco e temperatura de gelatinização. Após essas avaliações, finalmente se seleciona cerca de 400 a 600 famílias para os ensaios multilocais (ERF) do ano seguinte, ou seja, em torno de 20 famílias por cruzamento, em média. Numa primeira observação, esse número parece reduzido. Ao se considerar, contudo, que entre os cruzamentos elites utilizados ocorrem grupos muito similares, tanto do ponto de vista genético como de características agronômicas (fenotípico), a situação se modifica favoravelmente. Esses grupos de cruzamentos podem, nesse caso, ser considerados subpopulações e o número de famílias delas derivado se torna relativamente grande, dependendo do número de cruzamentos que as compõem. Na literatura, as informações sobre o número de famílias que devem ser selecionadas de cada cruzamento ou população, utilizando dados experimentais, são contraditórias (Fouilloux & Bannerot, 1988; Ferreira, 1998). Não é, contudo, difícil estimar-se o número de famílias que se deve utilizar de uma população, para que se tenha assegurada uma determinada probabilidade de se ter pelo menos uma delas que supere a média da população em



quantidade pré-estabelecida de unidades de desvio-padrão da média. Considerando um nível de probabilidade de 95%, por exemplo, ter-se-á assegurada a chance de se ter pelo menos um indivíduo que supere a média da população em uma, duas ou três unidades de desvio-padrão, quando 18, 130 ou 2.136 indivíduos forem selecionados, respectivamente. Exigindo-se probabilidade de 99%, o número de indivíduos a serem selecionados passa a ser de cerca de 1,5 vez maior, ou 27, 200 e 3.287, respectivamente. Por outro lado, considerando-se as famílias selecionadas como derivadas de uma população elite constituída pelo conjunto dos cruzamentos selecionados, ter-se-á praticamente assegurada a chance de obter pelo menos uma que supere a média dessa população composta em pelo menos dois desvios-padrão para a característica considerada. Adicionalmente, devem ser utilizadas técnicas experimentais capazes de tornar a razão entre a variância genética e a variância fenotípica (herdabilidade) de alta magnitude, para que as famílias de melhor desempenho correspondam ao grupo de maior capacidade genética para tal.

### **Avaliação das Famílias $F_{3:5}$ e $S_{3:5}$**

As famílias selecionadas nos EOF participam de uma rede de avaliação, ensaios de rendimento de famílias, ERF, conduzida nos mesmos locais de avaliação dos cruzamentos (ERC), utilizando metodologia similar, mas variando notadamente o número de tratamentos que, no conjunto dos dois grupos ( $F_{3:5}$  e  $S_{3:5}$ ), é cerca de duas vezes maior. No caso do arroz irrigado, os ERF de uma região absorvem também as famílias selecionadas na outra região, nesta mesma classe de ensaios do ano agrícola anterior, exceto aquelas que apresentam alguma característica indesejável para a nova região. É o caso, por exemplo, de famílias de ciclo muito longo, não apropriadas para o Sul, ou de reconhecida insuficiência de resistência à brusone, que não se adaptarão às áreas tropicais. Nos ERFs são avaliados incidência de doenças e de acamamento, altura de planta e produtividade de grãos.

Utilizando um percentual de seleção de 10%, normalmente são selecionadas cerca de 40 a 60 famílias para cada região e sistema de cultivo. Os progressos devidos à seleção tem sido relevantes com as intensidades de seleção aplicadas. Na Tabela 9.4 podem ser observadas as médias de produtividade de grãos das famílias avaliadas, do grupo de famílias selecionadas e das cultivares testemunhas, utilizadas no ERF de terras altas de 2002/03. A média das famílias selecionadas, 72, foi cerca de 5% superior à das testemunhas, quatro, e nenhuma família selecionada produziu significativamente menos que estas. Como ainda há possibilidade



de se avançar com a seleção dentro de cada família, espera-se obter, explorando as famílias selecionadas, várias linhagens com maior capacidade produtiva que as melhores cultivares atualmente em uso pelos agricultores.

**Tabela 9.4.** Médias de produtividade de grãos das cultivares testemunhas, do conjunto de famílias avaliadas e do grupo de cultivares selecionadas, no ERF de arroz de terras altas. 1992/03.

Grupos	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>
Testemunhas	3.744
Famílias Avaliadas	3.331
Famílias Selecionadas	3.939

<sup>(1)</sup> Médias distintas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com a execução dos ERFs identificou-se as famílias de alto potencial para a extração de linhagens, tanto para o arroz de terras altas como para o arroz irrigado nas áreas tropicais e subtropicais. Adicionalmente, tem-se as informações necessárias para se definir as famílias que constituirão os genitores do chamado grupo G<sub>1</sub>, comentado no item seleção de genitores, e que são utilizados como núcleo de formação da população-base do ciclo de seleção subsequente. Com essa estratégia, consegue-se completar o ciclo de seleção em quatro anos, com significativa redução de tempo, quando comparado com a situação tradicional, que é de sete a oito anos, ou até mais.

Observa-se, na Fig. 9.3, como as famílias S<sub>0:3</sub> oriundas do programa de melhoramento populacional, conduzido no pré-melhoramento, por meio de uma estratégia de seleção recorrente a longo prazo, e consideradas promissoras para finalidade de extração de linhagens, são incorporadas às atividades em discussão, a partir do VS1. A partir desse ponto, essas famílias são manejadas de forma similar às demais. As S<sub>3:5</sub> de melhor desempenho nos ERF e competitivas em relação às F<sub>3:5</sub>, identificadas como G<sub>1</sub>, serão incluídas em G<sub>2</sub>, como genitores alternativos.

### Extração de linhagens das famílias F<sub>3:6</sub> e S<sub>3:6</sub> selecionadas

As famílias selecionadas nos ERF, consideradas de alto potencial como fonte de obtenção de cultivares, são semeadas nos VS2 - viveiros de seleção 2, nos mesmos locais dos VS1, utilizando os mesmos procedimentos. As progênies das plantas selecionadas, cerca de 25 plantas por família, já são, contudo, linhagens com características fenotípicas fixadas, devido ao alto grau de homozigose dos indivíduos das famílias exploradas.



## Ensaio de Observação de Linhagens (EOL)

As linhagens selecionadas nos VS2, 1.000 a 2.000, são avaliadas em campo, nos EOL, nos mesmos locais dos EOF e usando procedimento idêntico. Paralelamente, todas as linhagens são também avaliadas para resistência à brusone, em condições de incidência forçada.

Nos EOL, as linhagens com deficiente resistência à brusone, suscetíveis ao acamamento e com aceitação fenotípica inadequada, são eliminadas antes da colheita (pré-seleção). As linhagens remanescentes, após a colheita, são também submetidas à avaliação de qualidade de grãos, incluindo rendimento de inteiros, classe, intensidade de manchas brancas e temperatura de gelatinização. Com essas informações, selecionam-se as linhagens para os ensaios subseqüentes. A pré-seleção reduz o esforço de colheita e beneficiamento, além de diminuir a quantidade de amostras para avaliação de qualidade de grãos, contribuindo para a economia de recursos financeiros e de trabalho.

A cada ano, cerca de 400 a 600 linhagens são selecionadas nos EOL de cada região ou sistema de cultivo. A baixa pressão de seleção proposta advém do fato de que a seleção nesses ensaios baseia-se em avaliação realizada em um único local e sem repetição. Justifica-se o nome “ensaio de observação”, porque a seleção se baseia no julgamento do desempenho das linhagens, no campo, pela observação visual do melhorista, além dos resultados de análise de qualidade de grãos.

## Ensaio Preliminares de Rendimento (EP)

As linhagens selecionadas nos ensaios de observação são incluídas em ensaios multilocais, conduzidos em blocos aumentados de Federer (Federer, 1956), com parcelas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 20 cm para o arroz irrigado e de 35 cm para o arroz de terras altas. Os EP de arroz irrigado da região subtropical são conduzidos em Capão do Leão, RS, Alegrete, RS, e Dourados, MS, e os da região tropical, em Goianira, GO, Formoso do Araguaia, TO, e Boa Vista, RR. Já para o arroz de terras altas, os ensaios preliminares de rendimento são conduzidos nos mesmos locais dos ERF. Após análise conjunta e uma seleção preliminar, as linhagens não descartadas são novamente submetidas à avaliação de qualidade de grão, notadamente rendimento de inteiros, classe, intensidade de manchas brancas, temperatura de gelatinização e teor de amilose. Com essas informações, além daquelas relativas a



características de campo, oriundas da análise conjunta dos ensaios, identificam-se cerca de 30 linhagens, por grupo de ciclo, para os ensaios regionais de rendimento, que correspondem à classe de ensaios subsequentes. No caso do arroz irrigado, todas as linhagens selecionadas em uma região nos EP são incluídas nos ensaios de mesma classe na outra região, no ano seguinte, a menos que apresentem alguma característica que as tornem desaconselháveis para a região receptora ou que tenham originado do EP daquela região no ano anterior. Será dada, assim, oportunidade de extensão da área de adaptação para as linhagens promissoras obtidas pelo programa. Na Tabela 9.5 é exemplificado o desempenho médio de três grupos de tratamentos dos EP de terras altas de 2003/04. Observa-se que, pela análise conjunta dos ensaios conduzidos, as linhagens selecionadas são, em média, cerca de 8,83% mais produtivas que as cultivares testemunhas. Além de produtivas, essas linhagens atendem, pelas informações disponíveis, todos os requisitos de qualidade e de resistência à brusone exigidos para ascensão aos ER.

**Tabela 9.5.** Média de produtividade de grãos das cultivares testemunhas, das linhagens avaliadas e das linhagens selecionadas no ensaio preliminar de rendimento de arroz de terras altas, EP, de 2002/03.

Grupos Avaliados	Produção de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>
Cultivares testemunhas	3.182a
Linhagens avaliadas	3.097a
Linhagens selecionadas	3.463b
CV(%)	22,11

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Ensaio Regionais de Rendimento (ER)

As linhagens selecionadas nos EP do ano anterior são reavaliadas nos ER para produtividade de grãos e outras características de interesse, como incidência de acamamento e estabilidade de resistência a doenças, e características de qualidade de grãos, utilizando maior número de locais em cada região. Na região subtropical, os ER de arroz irrigado são instalados em Capão do Leão, RS, Alegrete, RS, Uruguaiana, RS e Dourados, MS. Já na região tropical, esses ensaio são conduzidos em Goianira, GO, Formoso do Araguaia, TO, Boa Vista, RR, Belém, PA, e



Teresina, PI. Os ER de arroz de terras altas são anualmente conduzidos em Santo Antônio de Goiás, GO, Goianira, GO, Sinop, MT, Sorriso, MT, Vilhena, RO, Ouro Preto do Oeste, RO, Paragominas, PA, Redenção, PA, Terezina, PI, e Balsas, MA. Utiliza-se o delineamento experimental de blocos ao acaso ou látice, dependendo do número de linhagens disponíveis, com três a quatro repetições por local.

As linhagens participantes do ER também são incluídas no VNB, que é uma rede de ensaios de avaliação da resistência à brusone de genitores e de linhagens elites dos programas públicos de melhoramento de arroz brasileiros, conduzidos cooperativamente pelos fitopatologistas membros das equipes desses programas. Com o VNB, expõe-se o material genético de interesse a complexos distintos de raças de *P. grisea*, existentes nas diversas regiões brasileiras. A linhagem que, em média, é menos prejudicada pela brusone deve resistir a um maior número de raças do patógeno (Morais et al., 2003). Com a cuidadosa análise dos ER, logicamente recuperando-se informações dos ensaios anteriores, principalmente os EP, além das informações do VNB, definem-se as linhagens de alto potencial para serem utilizadas como cultivares. Em 2002/03, por exemplo, dez linhagens, oriundas de seis cruzamentos, foram selecionadas para inclusão nos ensaios de determinação de valor de cultivo e uso, VCU, de arroz de terras altas. Em conjunto, essas linhagens produzem 8,85% mais que as testemunhas, cuja produtividade média é similar a de todas as linhagens avaliadas (Tabela 9.6).

**Tabela 9.6.** Média de produtividade de grãos das cultivares testemunhas, das linhagens avaliadas e das linhagens selecionadas no ensaio regional de rendimento de arroz de terras altas, ER, de 2002/03.

Grupos Avaliados	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>
Cultivares testemunhas	3.109a
Linhagens avaliadas	3.140a
Linhagens selecionadas	3.384b
CV(%)	27,21

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As linhagens selecionadas nos ER constituem material básico para o terceiro e último plano de ação, que tem o objetivo geral de definir a conveniência e a oportunidade de lançamento de uma ou mais dessas linhagens como cultivares, além de implementar todas as atividades necessárias para que haja a real incorporação das novas cultivares nos sistemas produtivos.





## **Ações de Pós-Melhoramento**

Essas ações de pesquisa englobam todas as atividades voltadas ao lançamento e adoção das novas cultivares de arroz, como os ensaios de VCU, os testes de DHE, a proteção, o registro, plano de marketing, produção de sementes, validação dentro de sistemas agrícolas, a transferência e difusão junto aos produtores e análise prospectiva dos impactos da nova cultivar na cadeia produtiva do arroz.

### **Ensaio de determinação do valor de cultivo e uso (VCU)**

Os ensaios de VCU destinam-se à avaliação final das linhagens elites selecionadas nos ER, em condições ambientais diversificadas, visando obter informações agronômicas detalhadas para o lançamento como nova cultivar. Através desses ensaios, obtém-se os requisitos mínimos para inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Para serem lançadas como cultivar as linhagens devem acumular dados de no mínimo três locais por dois anos agrícolas consecutivos.

Os ensaios de VCU são conduzidos cooperativamente pelas instituições participantes do projeto nos principais estados produtores de arroz no Brasil. Além da produtividade de grãos, avaliam-se também: ciclo; altura de planta; intensidade de acamamento; incidência de doenças; e qualidade de grãos.

Na Tabela 9.7 pode-se observar as médias de produtividade de grãos, ajustadas para efeito de ano, e local estimadas para cinco grupos de linhagens e cultivares que compuseram os ensaios de VCU de 2003/04. As testemunhas dos ensaios de VCU são as mesmas dos EP de 2001/02 e dos ER de 2002/03 e, por isto, foi possível incorporar na análise conjunta as linhagens recém incluídas nos ensaios de VCU em 2003/04. Nessa análise, aliás, recuperaram-se as informações dos EP e ER para todas as linhagens em avaliação, justificando a busca de informações nos ensaios de 1996/97 (EP) para as linhagens com três anos ou mais de ensaios de VCU, em que duas delas começaram a participar destes últimos ensaios em 1998/99. Observa-se que, pelo menos em condições mais favorecidas, o grupo mais produtivo é o mais antigo, sendo que os grupos 2 e 3, com dois e um ano de VCU, respectivamente, não diferem significativamente das testemunhas em nenhuma das duas classes de ambientes. Ambiente favorecido está caracterizado pelos ensaios cuja média de produtividade é maior que a média de todos os ensaios. Os demais ensaios representam ambientes desfavorecidos. O grupo de linhagens mais novas, grupo 4, parece ser o menos



responsivo à melhoria do ambiente e o grupo mais velho, grupo 1, o mais responsivo. Todas as linhagens atualmente participantes dos ensaios de VCU foram desenvolvidas no âmbito de projetos anteriores e que, por isso, não contemplam os efeitos dos procedimentos de condução das gerações segregantes apresentadas ao comentar o projeto atual, que permitem identificar as populações e as famílias mais produtivas, que são usadas como fontes de linhagens futuras. Os resultados da Tabela 9.7 reforçam os argumentos identificados em diagnósticos que apontavam para a necessidade de mudar as estratégias do programa de melhoramento, que passou a intensificar o uso de técnicas experimentais como instrumento de identificação das combinações genéticas mais promissoras para a extração de linhagens e para a identificação dos genitores de maior valor genético para os sucessivos ciclos de seleção.

**Tabela 9.7.** Média da produtividade de grãos dos cinco grupos de linhagens que se encontram nos ensaios de VCU de arroz de terras altas, durante os anos 1996/97 a 2002/03.

Grupo	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>		
	Ambientes favorecidos	Ambientes desfavorecidos	Média
1.Linhagens com mais de três anos de ensaios de VCU <sup>(2)</sup>	4.499a	2.608a	3.519a
2.Linhagens com dois anos de ensaios de VCU	4.266b	2.604a	3.412b
3.Linhagens com um ano de ensaios de VCU	4.201b	2.526a	3.341b
4.Linhagens recém incluídas nos ensaios de VCU	3.727c	2.710a	3.388ab
5.Testemunhas	4.293b	2.632a	3.433b
Média	4.266	2.633	3.402
CV(%)	20,28	27,63	23,50

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>(2)</sup> Dados de até 179 ensaios para as linhagens com maior número de anos de ensaios de VCU

Paralelamente ao VCU, conduzem-se também ensaios especiais para estudos de estabilidade de rendimento de grãos inteiros, “tempo de prateleira”, perfil de resistência à brusone, resistência à pragas, resistência a herbicidas; resistência à seca; resistência ao frio e capacidade produtiva na soca em arroz irrigado.

## Estabilidade de rendimento de grãos inteiros

As linhagens que permanecem no VCU, após o primeiro ano de avaliação, são submetidas a testes de rendimento de grãos inteiros com



a colheita em diferentes níveis de umidade de grãos, com o objetivo de identificar aquelas cujo rendimento de grãos inteiros não se reduz fortemente com atrasos na colheita.

### Resistência à brusone

As linhagens avançadas de arroz de terras altas e irrigado, em determinação de VCU, são submetidas à avaliação do nível de resistência à brusone nas folhas em diferentes ambientes por meio dos Viveiros Nacionais de Brusone, VNB. Após dois anos de VCU, as linhagens que não foram eliminadas são caracterizadas em relação à resistência a diferentes isolados de *P. grisea*, a fim de se identificar a amplitude de resistência das linhagens promissoras. Um exemplo típico desse trabalho foi publicado por Prabhu et al. (2003), que estudaram o espectro da resistência da BRS Soberana e outras cinco linhagens a 46 isolados de *P. grisea*, coletados em lavouras semeadas com a cultivar BRS Primavera. Os autores observaram que nenhum dos isolados coletados na BRS Primavera foi compatível com a BRS Soberana (Tabela 9.8), mostrando que as duas se complementam muito bem em esquema de rotação de cultivares em uma mesma região. Cultivando-se a BRS Primavera em um ano, deve-se aumentar a frequência de patótipos aos quais a BRS Soberana é resistente e esta deveria ser preferida para um segundo cultivo, e vice versa.

### Resistência a pragas

É realizada pela comparação dos danos provocados nas novas linhagens do ensaio de VCU com os danos causados em cultivar padrão, em experimentos conduzidos em campo, casa-telada e laboratórios, para os principais insetos-praga: gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae*), percevejos-da-panicula (*Oebalus poecilus* e *O. ypsilongriseus*); cigarrinhas-das-pastagens (*Deois flavopicta*), percevejo-do-colmo (*Tibraca limbativentris*), broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*), broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*), traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella*) e gorgulhos (*Sitophilus zeamais* e *S. oryzae*); cupim-rizófago (*Procornitermes tiacifer*) e gorgulho-da-panicula (*Oebalus ypsilongriseus*). As informações contribuem para melhor caracterização das novas cultivares, permitindo o estabelecimento de sistemas de produção mais eficientes para as mesmas. Um exemplo típico é o das cultivares BRS Primavera, Guarani e Carajás, que são menos suscetíveis ao ataque de cupins, favorecendo as medidas de controle (Ferreira, 2001). Informações como as de Ferreira et al. (2001), indicando que a BRS Primavera, a BRS Bonança e a Carisma são mais resistentes à broca-do-colmo, também contribuem para o estabelecimento de manejo de pragas com menor aplicação de defensivos agrícolas.



**Tabela 9.8.** Patótipos e frequência de isolados de *Pyricularia grisea* coletados na cultivar BRS Primavera compatíveis com a própria BRS Primavera e com a BRS Soberana.

Patótipo	Número <sup>(1)</sup> de isolados coletados na BRS Primavera	Isolados compatíveis (nº) com a	
		BRS Primavera	BRS Soberana
Isolados internacionais <sup>(2)</sup>			
IC-1	13	12	0
IB-9	11	11	0
IC-25	7	7	0
IC-9	3	3	0
IC-17	3	2	0
IA-9	3	3	0
IA-65	2	2	0
IA-73	1	1	0
IB-33	1	1	0
ID-9	1	1	0
IF-1	1	1	0
Isolados brasileiros <sup>(3)</sup>			
BD-16	24	24	0
BB-41	5	4	0
BD-9	4	4	0
BD-5	2	2	0
BA-1	1	1	0
BB-1	1	1	0
BB-6	1	1	0
BB-11	1	1	0
BB-46	1	1	0
BC-16	1	1	0
BD-1	1	1	0
BD-11	1	1	0
BD-13	1	1	0
BE-8	1	0	0
BG-2	1	0	0

<sup>(1)</sup>Número total de isolados de campo de *P. grisea* utilizados nos testes de inoculação: 46.

<sup>(2)</sup>Patótipos internacionais foram identificados baseando-se na reação de oito cultivares diferenciadoras internacionais padrão.

<sup>(3)</sup>Patótipos brasileiros: identificados usando oito cultivares de arroz de terras altas brasileiras como diferenciadoras adicionais.

Fonte: Adaptada de Prabhu et al. (2003).

## Resistência a herbicidas

As novas linhagens, não eliminadas no primeiro ano de ensaios de VCU são submetidas também à avaliação de sua tolerância aos



principais herbicidas, visando a reunir informações para a formulação de sistemas de produção para as cultivares que possam se originar de algumas das linhagens em teste. Com essas avaliações têm sido obtidas informações de grande utilidade para o manejo de plantas daninhas em arroz, como a maior sensibilidade da cultivar BRS Primavera ao metilsulfuron-metil, um eficiente herbicida para o controle de folhas largas, que dentro da amplitude de doses recomendadas não prejudica o desenvolvimento das cultivares Maravilha e Canastra, por exemplo (Cobucci, 2001).

### **Resistência à seca**

É rotineiramente avaliada nas linhagens elites de arroz de terras altas que estejam no segundo ano do ensaio de VCU, em comparação com cultivares tolerantes à seca. Para que todas as linhagens sejam submetidas ao estresse hídrico no mesmo momento da fisiologia da planta, as mesmas são plantadas em datas diferentes, ajustadas de acordo com o ciclo de cada linhagem, para que coincidam as épocas de florescimento. O principal parâmetro de avaliação de resistência à seca corresponde à capacidade de produção sob estresse hídrico.

### **Resistência ao frio**

No Rio Grande do Sul, principalmente nas regiões orizícolas Litoral Sul e Campanha, a ocorrência de baixas temperaturas em períodos que coincidem com estádios críticos de desenvolvimento das plantas requer que as linhagens em fase final de avaliação sejam submetidas à pressão de seleção nas localidades de maior probabilidade de ocorrência de frio, como Santa Vitória do Palmar. Como estratégia para aumentar a probabilidade de uma efetiva pressão de seleção, o ensaio é implantado em duas épocas distintas. Inicialmente, bem cedo, entre 15 e 30 de setembro, para que possa ser avaliada a capacidade de germinação das linhagens em solo frio e, em uma segunda etapa, tardiamente, após 15 de dezembro, para aumentar a probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas coincidentes com os estádios de diferenciação do primórdio floral e microsporogênese, pela ordem os mais sensíveis a este tipo de estresse.

### **Qualidade de grãos**

As seguintes características relacionadas à qualidade de grãos são avaliadas: qualidade industrial (rendimento de grãos inteiros; dimensões dos grãos; e intensidade de centro branco); qualidade



culinária teor de amilose e temperatura de gelatinização); e qualidade nutricional (teores de fibra e de proteínas em amostras de grão integral e polido).

### **Capacidade produtiva da soca**

As plantas de arroz têm a capacidade de regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos, na colheita. Essa brotação, denominada soca, constitui uma maneira prática de aumentar a produção por unidade de área e de tempo (Santos, 1999). Numerosos trabalhos têm mostrado que essa é uma característica herdável e as cultivares atualmente utilizadas não são específicas para essa exploração (De Datta & Bernasor, 1988). A utilização da soca reduz significativamente o custo de produção por unidade de área, o que é um fator a ser considerado, devido aos elevados custos de produção de uma lavoura de arroz irrigado, contabilizando-se os gastos com semente, fertilizantes, herbicidas e energia elétrica. Ao redor de 50% da área cultivada com arroz nos Estados do Texas e Louisiana, nos Estados Unidos, situados no paralelo 30, o mesmo do Rio Grande do Sul (hemisférios opostos), utilizam a colheita da soca (Bollich & Turner, 1988). Em função disso, todas as linhagens incluídas nos ensaios de VCU de arroz irrigado, região tropical, são também avaliadas quanto à capacidade produtiva da soca, e, no lançamento, dá-se preferência as linhagens com maior capacidade de produção total.

Além de todas as informações de natureza agrônômica relacionadas com a caracterização genética das novas cultivares, as seguintes atividades são também consideradas como de pós - melhoramento.

### **Caracterização morfológica e testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE)**

São feitas nas linhagens que se encontram no segundo ano de VCU e que possuem chances de serem lançadas como uma nova cultivar, utilizando os descritores mínimos de arroz preconizados pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (Brasil, 1998). As linhagens juntamente com três cultivares protegidas de amplo uso na região são transplantadas em parcelas de 20 sulcos de 10 m de comprimento no espaçamento de 0,30 m entre sulcos e 0,10 m entre plantas, perfazendo um total de cerca de 2000 plantas/parcela. O exame de DHE é feito de acordo com as normas preconizadas pela Embrapa, comparando-se as linhagens com as cultivares referências, de acordo



com os seguintes princípios: a linhagem candidata à cultivar tem que ser claramente distinguível por uma ou mais características importantes de qualquer outra cultivar em uso; deve ainda ser suficientemente homogênea e o seu padrão de caracterização, estável, ou seja, deve manter as suas características pertinentes inalteradas após multiplicações sucessivas.

### **Proteção e Registro**

Todas as cultivares desenvolvidas pelo projeto estão sendo protegidas e registradas junto ao SNPC, conforme normas estabelecidas para a cultura do arroz.

### **Multiplicação de semente genética e produção de semente básica**

De todas as linhagens que permanecem no segundo ano de ensaios de VCU, inicia-se a multiplicação de sementes genéticas, obtendo-se, dois anos após, estoque de semente básica suficiente para licenciar a produção de semente certificada para os produtores credenciados.

### **Validação de sistemas de produção**

As informações obtidas nos ensaios de VCU e em ensaios especiais de caracterização agrônômica das novas linhagens, são usadas como base para a proposição de sistemas de produção mais convenientes para as mesmas. Esses sistemas de produção são previamente validados em Unidades de Observação conduzidas em ambientes selecionados. Com essa validação, consolidam-se os sistemas de produção das novas cultivares que são divulgados em publicações técnicas de alcance amplo.

### **Atividades de transferência**

Baseando-se nas diretrizes estabelecidas por planos de marketing previamente estabelecidos, as atividades de transferência são intensificadas durante a fase de produção de sementes certificadas, contando com a parceria das empresas produtoras de sementes. São programadas visitas técnicas e dias de campo, utilizando as lavouras de produção de sementes como áreas demonstrativas do desempenho das novas cultivares, onde os agricultores, técnicos e a mídia escrita e falada tem a oportunidade



de promover um amplo debate sobre a tecnologia. Publicações, como fôlderes e comunicados técnicos, com informações técnicas detalhadas sobre a cultivar, são distribuídas aos participantes, a fim de consolidar a consciência técnica sobre a nova cultivar por parte dos usuários.

## Cultivares

A escolha da cultivar é uma das decisões determinantes do sucesso da lavoura de arroz, influenciando todo o manejo a ser adotado. Novas cultivares estão sendo freqüentemente desenvolvidas pelos programas brasileiros de melhoramento genético do arroz, buscando incorporar características que levem à maior produtividade, melhor qualidade e/ou a um menor custo de produção. É importante esclarecer que não existe a cultivar ideal, e sim cultivares com qualidades que devem ser exploradas corretamente para a obtenção de melhores resultados. No momento de se escolher uma cultivar é necessário analisar suas características, visando a otimizar seu uso dentro do sistema agrícola desejado. As principais características de uma cultivar de arroz são: ciclo, altura de planta, resistência ao acamamento, resistência a doenças, qualidade do produto e produtividade.

## Ciclo

Na Tabela 9.9 são relacionadas as fases do desenvolvimento de uma planta de arroz, com sua duração aproximada, para as condições de Goiânia, GO.

**Tabela 9.9.** Duração das fases de uma cultivar de arroz de ciclo curto e médio e número de dias para a ocorrência de eventos marcantes.

Ciclo	Duração da fase (dias)			N° de dias do plantio até				
	Vegetativa	Reprodutiva	Maturação	Perfilhamento			Floração	Colheita
				Emergência	Início	Máximo		
Curto	45	30	30	7	18	45	75	105
Médio	65	30	30	7	18	60	95	125

Fonte: Breseghello et al. (1998a).

Os valores indicados na Tabela 9.9 representam situações médias, consideradas apenas como um referencial. Para o caso dos valores relativos ao perfilhamento máximo, consideraram-se plantas espaçadas, podendo o perfilhamento se estabelecer em tempo muito menor em plantios com população adequada de plantas em condições de lavouras.





As diferenças de ciclo entre as cultivares são determinadas pela duração da fase vegetativa, ou seja, até a diferenciação do primórdio floral. Esta é também a fase de desenvolvimento das plantas que mais é influenciada pelo efeito de diferentes estresses ambientais.

Após a fase vegetativa, inicia-se a fase reprodutiva, que é reconhecida na prática pelo “ponto de algodão” e que vai até quando 50% das panículas estão emitidas. Segue-se a esta, a fase de enchimento de grãos ou de maturação, que se estende até a colheita. As fases reprodutiva e de maturação, com duração média de 30 dias cada uma, têm pouca variação entre as cultivares.

Caso ocorram problemas à cultura, na fase vegetativa, pode haver retardamento do ciclo e as plantas terem mais tempo para se recuperarem; entretanto, quando as plantas entram na fase reprodutiva, elas caminham irreversivelmente para o final do ciclo, com menores chances de recuperação dos estresses, como os causados pelos veranicos, por exemplo.

De uma maneira geral, estresses hídricos e nutricionais aumentam o ciclo das plantas, enquanto dias ensolarados e quentes reduzem-no. Dependendo do nível de sensibilidade da cultivar ao fotoperíodo, seu ciclo se reduz a medida que seu plantio avança para o norte, em latitudes baixas. Dias mais curtos reduzem em até dez dias o ciclo de cultivares precoces e, em até 15 dias, o das de ciclo médio. Em relação às regiões mais ao sul, com dias mais longos no verão, tem-se uma situação inversa, com aumento do ciclo das plantas proporcional à latitude.

Sob condições normais, quando se tem a máxima segurança climática, as cultivares de ciclo mais longo tendem a produzir mais que as precoces, por disporem de mais tempo para a produção de fotoassimilados. Além disso, as cultivares tardias têm mais tempo para se recuperar no caso de ocorrência de problemas durante a fase vegetativa da lavoura, como deficiência hídrica, ataque de lagartas desfolhadoras ou necessidade de correção de deficiências nutricionais, via adubação em cobertura ou foliar.

Por outro lado, nas regiões com maior chance de ocorrência de veranicos, no caso do arroz de terras altas, ou de frio, no caso do arroz irrigado, as cultivares de ciclo precoce apresentam maior probabilidade de escape a esses estresses, pelo simples fato de ficarem menos tempo no campo. Adicionalmente, com base no ciclo da cultivar, é possível definir uma época de plantio que permita a ocorrência da floração em uma época de maior probabilidade de sucesso.



## Altura de planta e resistência ao acamamento

A altura da planta de uma cultivar de arroz é avaliada pela distância, em centímetros, do nível do solo até a extremidade da panícula primária, na fase de maturação dos grãos. Em geral, plantas altas são mais propensas ao acamamento. Contudo, o acamamento não depende só da altura, mas também do diâmetro e resistência do colmo, do nível de adesão das bainhas aos entrenós, da produtividade e de fatores ambientes, como a intensidade dos ventos e a altura da lâmina de água, no caso do arroz irrigado.

Entre outros prejuízos, o acamamento causa diminuição da produtividade na colheita, com aumento do custo operacional, perda de grãos no solo e redução da qualidade do produto. Os grãos ficam sujos externamente, podendo ficar manchados devido ao ataque de fungos. A maturação é desuniforme e reduz-se a porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento.

Com o plantio do arroz de terras altas em ambientes favorecidos, quanto ao clima e ao solo, e com o uso mais intensivo de tecnologia, que agora começa a ganhar importância, o melhoramento genético passou a buscar plantas fisiologicamente mais eficientes, produtivas e menos acamadoras. As cultivares com essas características são geralmente de porte baixo e de folhas eretas, mais eficientes no uso da radiação solar.

Por outro lado, as plantas com maior altura também têm seus aspectos positivos. O principal deles é que, por serem normalmente mais competitivas com plantas daninhas, o manejo de herbicidas torna-se mais fácil. Para plantio do arroz de terras altas consorciado com forrageiras devem ser preferidas as cultivares de porte alto, pois as de porte baixo sofrem maior competição (Oliveira et al., 1996) e conseqüente redução de produtividade. Essas plantas são também mais preferidas pelos agricultores de subsistência, entre outras razões, pela facilidade da colheita manual.

## Resistência a doenças

A resistência a doenças é um dos objetivos centrais do melhoramento genético. No caso do arroz, a brusone é a doença mais destrutiva; assim, um nível satisfatório de resistência a esta doença é essencial para que uma cultivar venha a ser recomendada. Entretanto, o patógeno da brusone se transforma rapidamente, quebrando a resistência da maioria das cultivares com o passar do tempo. Por isto, é necessário que o técnico local esteja atento para os seus sintomas e acompanhe o nível de resistência que cada cultivar apresenta ano a ano. Para plantio em



regiões onde a ocorrência de brusone seja comum, deve-se dar preferência para as cultivares lançadas mais recentemente, buscando-se informações sobre seu comportamento na região, não só com relação à brusone, como também quanto a outras doenças, como escaldadura e mancha-dos-grãos.

### **Qualidade do produto**

A qualidade dos grãos do arroz, principalmente o de terras altas, é a característica que apresentou os maiores avanços recentes, via melhoramento genético. Quem pretende comercializar seu produto em um mercado competitivo, e obter bons preços, deve priorizar a qualidade dos grãos que é expressa pelo rendimento de inteiros, pela classe e tipo comercial, e pela qualidade culinária (maciez, pegajosidade, sabor, etc), conforme descrito em detalhes no Capítulo 23 desta obra. Todos esses aspectos são determinados pela cultivar e pelo manejo, sendo baixo o grau de influência do manejo quanto à classe de grãos e à qualidade culinária, e alto, quanto ao rendimento de inteiros e ao tipo. Portanto, é necessário esclarecer que somente a cultivar não garante a qualidade do produto, mas fornece as bases para se buscar um produto de alto padrão.

Fica claro, assim, que a escolha da cultivar deve ser criteriosa, pois é o que irá definir a classe e a qualidade de panela do produto. Maravilha, BRS Primavera, BRS Talento e BRS Soberana são cultivares de grãos tipo agulhinha (classe longo-fino). Algumas cultivares de arroz necessitam de um período de repouso para que possam expressar seu potencial no que se refere à qualidade culinária, como no caso da Maravilha, Canastra e Metica 1. Outras, entretanto, como a BRS Primavera, BRS Talento e BRS Soberana, podem ser prontamente liberadas para consumo poucos dias após a colheita. Além da escolha da cultivar, alguns cuidados devem ser tomados para garantir a alta qualidade do produto: manter a lavoura limpa e com maturação uniforme; colher no momento correto; e fazer a secagem e o armazenamento de forma adequada. Descuidos nesses aspectos podem gerar perdas acentuadas em qualidade, especialmente quanto ao rendimento de grãos inteiros no beneficiamento.

Quanto maior for a variação de umidade entre os grãos em uma lavoura, pior será o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento. A principal causa de quebra dos grãos está relacionada à absorção de água; mais especificamente, quando a umidade dos grãos está abaixo do ponto crítico, em torno de 16%. Quando há ocorrência de chuva, os grãos que estavam abaixo da umidade crítica reidratam-se brusamente, o que causa trincamento e posterior quebra no beneficiamento. Mesmo após a colheita, antes ou depois da secagem, os grãos mais secos poderão absorver água dos mais úmidos ou mesmo do ar do ambiente de



estocagem e, assim, sofrerem trincas. É por esta razão que se recomenda secagem lenta ou intermitente, evitando-se diferenças acentuadas de umidade entre os grãos.

As cultivares se diferenciam muito quanto à capacidade de suportarem esse processo de reumidificação, e é por isto que o ponto ideal de colheita é diferente entre elas. Uma cultivar mais sensível tem de ser colhida antes que parte de seus grãos atinja o ponto crítico de umidade. A BRS Primavera é a cultivar mais exigente quanto ao ponto de colheita, que deve ser feita quando o teor de umidade dos grãos está acima de 20%. De um modo geral, a colheita deve ser realizada entre 30 e 40 dias após o florescimento médio. É conveniente, contudo, acompanhar a umidade dos grãos, pois este tempo pode variar de um ano para outro.

### **Produtividade**

A produtividade é o resultado do desempenho da cultivar ante as condições que lhe foram oferecidas na lavoura. Nesta relação, os fatores de manejo pesam mais que os fatores genéticos. Todas as cultivares recomendadas têm condições de produzir bem, desde que suas condições de uso sejam observadas. Portanto, para a escolha da cultivar, é mais importante verificar sua adequação à região e ao sistema de manejo do que o seu suposto potencial produtivo absoluto.

### **Cultivares registradas para cultivo**

Atualmente existem 167 cultivares registradas junto ao SNPC, cujas sementes poderiam ser produzidas oficialmente e comercializadas no país. Entretanto, em função principalmente da indisponibilidade de sementes, muitas delas não se encontram habilitadas para inclusão no Zoneamento Agrícola divulgado anualmente pela Secretaria da Comissão Especial de Recursos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

### **Cultivares de arroz irrigado**

Na Tabela 9.10 encontram-se relacionadas as cultivares de arroz irrigado e suas respectivas áreas de abrangência, registradas no SNPC e habilitadas para cultivo sob cobertura do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), que condiciona a utilização de cultivares incluídas nas portarias de divulgação das re-edições anuais do Zoneamento Agrícola. A seguir são apresentadas algumas características das cultivares fornecidas pelas instituições detentoras das cultivares ao SNPC. Informações mais detalhadas poderão ser obtidas consultando o site [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br) ou as próprias instituições detentoras.



**Tabela 9.10.** Relação das cultivares de arroz irrigado, instituições detentoras e região de adaptação, habilitadas para o cultivo sob cobertura do Proagro, conforme o Zoneamento Agrícola de 2003/04 .

<b>Cultivar</b>	<b>Detentor</b>	<b>Região de adaptação recomendada</b>
Arrank	Ademir dos Santos Amaral	RS, SC, MT, MS, MA, PI
BR Irga 409	Embrapa, IRGA	RS
BR Irga 410	Embrapa, IRGA	RS, SC
BR Irga 411	Embrapa, IRGA	RS
BR Irga 413	Embrapa, IRGA	RS
BR Irga 414	Embrapa, IRGA	RS
BRS 6 Chuí	Embrapa	RS
BRS Alvorada	Embrapa	GO, TO
BRS 7 Taim	Embrapa	RS
BRS Agrissul	Embrapa	RS
BRS Atalanta	Embrapa	RS
BRS Biguá	Embrapa	GO, TO, PA, RR
BRS Bojuru	Embrapa	RS
BRS Firmeza	Embrapa	Rs
BRS Formoso	Embrapa	GO, TO, PI, MA
BRS Jaburu	Embrapa	GO, TO
BRS Ligeirinho	Embrapa	RS
BRS Pelota	Embrapa	RS
BRS Ourominas	Embrapa	MG
Enova 155	EPAGRI	RS
Epagri 106	EPAGRI	SC
Epagri 108	EPAGRI	SC
Epagri 109	EPAGRI	SC
IAC 101	IAC	SP
IAC 103	IAC	SP
IAC 242	IAC	SP
IAC 500	IAC	SP
IAC 4440	IAC	SP
IAS 12-9 Formosa	-	RS
Irga 411	IRGA	RS
Irga 416	IRGA	RS
Irga 417	IRGA	RS
Irga 418	IRGA	RS
Irga 419	IRGA	RS
Irga 420	IRGA	RS
Irga 421	IRGA	RS
Irga 422CL	IRGA	RS
Javaé	Embrapa	GO, TO
Metica 1	Embrapa	GO, TO, MT, PI, MA
Qualymax 013	Bayer Seeds Ltda	RS
SCS 112	EPAGRI	SC
SCSBRS 111	EPAGRI Embrapa	SC
SCSBRS TioTaka	EPAGRI Embrapa	SC
Bayer Supremo 1	Bayer Seeds Ltda	RS



**Arrank** – Cultivar superprecoce, moderadamente resistente ao acamamento e de grãos longo finos.

**Bayer Supremo 1** – Cultivar de ciclo médio, de grãos longo finos, resistente ao acamamento e moderadamente resistente à brusone.

**BR Irga 409** – Lançada em 1979, destaca-se pela excelente qualidade dos grãos e alta produtividade. As principais limitações são suscetibilidade à brusone e toxidez de ferro. É uma cultivar que possui alta abrasividade nas folhas e na casca e possui arista de tamanho variável em alguns grãos da extremidade da panícula.

**BR Irga 410** – Juntamente com a BR - Irga 409 foram as mais plantadas nas décadas de 80 e 90 no Rio Grande do Sul. Destaca-se pelo alto potencial de rendimento de grãos e boa adaptação a todas as regiões orizícolas desse estado. É também suscetível à brusone e à toxidez por ferro e apresenta grãos menos translúcidos e com menor rendimento de grãos inteiros que a BR - Irga 409, em relação a qual se apresenta cerca de cinco dias mais precoce.

**BR Irga 411** – Cultivar de ciclo médio que possui grão extra-longo, tipo *patna*, de alta qualidade de cocção e de industrialização. Destaca-se pela boa tolerância ao solo frio, condição muito comum no início do período de semeadura, principalmente na região sul do Rio Grande do Sul.

**BR Irga 413** – Apresenta ciclo médio de 125 dias, grãos do tipo *patna*, destaca-se pelo alto vigor inicial e tolera as semeaduras antecipadas, quando geralmente a temperatura do solo é fria no Rio Grande do Sul

**BR Irga 414** – Derivada de uma planta lisa e mais precoce selecionada na linhagem P793-B4-38-1T. É suscetível à brusone e apresenta fácil debulha dos grãos. Foi muito cultivada na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, devido à reação de tolerância a toxidez de ferro.

**BRS 6 Chuí** – Tem boa capacidade produtiva de grãos, ciclo curto e grão do tipo *patna* (longo-fino e cilíndrico) e liso. Apresenta moderada tolerância à toxidez de ferro e pode ser semeada mais tarde, com possibilidade da fase reprodutiva das plantas escapar do frio.

**BRS 7 Taim** – Destaca-se pela elevada capacidade produtiva, sendo que, em algumas lavouras da região Fronteira-oeste do Rio Grande do Sul e na Argentina, atingiu produtividades médias acima de 10 t ha<sup>-1</sup> de grãos com casca. Apresenta ciclo médio, grãos do tipo *patna*, de casca lisa, clara e sem aristas. Possui genes da cultivar Tetep, que lhe conferem



boa resistência às raças de brusone atualmente predominantes no Rio Grande do Sul.

**BRS Alvorada** – Foi obtida do cruzamento entre a cultivar Metica 1, genitor recorrente, e a fonte de resistência à brusone Huan-Sen-Go, seguido de três retrocruzamentos em direção a Metica 1, sempre utilizando plantas resistentes, a partir do primeiro retrocruzamento. É uma cultivar de ciclo médio que tem como principais características a resistência à brusone e a elevada produtividade de grãos. Suas panículas se expõem acima do dossel foliar, o que aumenta a eficiência dos fungicidas e inseticidas aplicados para o controle de algumas doenças, como mancha-dos-grãos, e pragas das panículas. Apresenta também alto rendimento de grãos inteiros e necessita de apenas 60 dias de armazenamento para que seus grãos cozinhem soltos e macios, diferente da Metica 1, em que a duração desse período pode atingir até seis meses.

**BRS Atalanta** – É uma cultivar superprecoce, apresentando plantas com folhas lisas e ciclo ao redor de 100 dias. Possui grãos longo-finos (agulhinha), de casca lisa-clara. É uma cultivar comparável à BRS Ligeirinho, porém apresenta potencial produtivo cerca de 20% superior e grão de melhor qualidade, bem como maior resistência à brusone e à bicheira-da-raíz.

**BRS Agrissul** – Tem ciclo médio e apresenta grande capacidade de emissão de perfilhos. Tem excelente qualidade de grão, com rendimento industrial ao redor de 63% de grãos inteiros quando polidos. Apresenta certa suscetibilidade a algumas raças de brusone em condições desfavoráveis. Apresenta excelente comportamento em áreas com problemas de toxidez de ferro.

**BRS Biguá** – Cultivar de ciclo médio, resistente à brusone, de grãos longo finos e adaptada às várzeas da região tropical do Brasil. Registrada para cultivo em Goiás, Tocantins, Pará e Roraima.

**BRS Bojuru** – É primeira cultivar de arroz irrigado de grão curto, da subespécie *Japonica*, desenvolvida pela Embrapa. A sua liberação visa a atender o mercado representado pelos consumidores de origem oriental.

**BRS Firmeza** – Tem se adaptado bem a todos os sistemas de cultivo, especialmente ao sistema pré-germinado. Apresenta colmos vigorosos e baixo perfilhamento, necessitando de maior densidade de semeadura que as demais cultivares. É uma cultivar semiprecoce. Apresenta alto



rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, podendo superar a 65%. Apresenta um certo nível de tolerância genética ao frio.

**BRS Formoso** – Cultivar de ciclo médio, de grãos agulhinhas de excelente qualidade, resistente ao acamamento e suscetível à brusone.

**BRS Jaburu** – Como a BRS Biguá, é uma cultivar de ciclo médio, moderadamente resistente à brusone, de grãos longo-finos e adaptada às várzeas da região tropical do Brasil, sendo, contudo, menos resistente à mancha parda e à mancha-dos-grão.

**BRS Ligeirinho** – Destaca-se por ser superprecoce, ciclo em torno de 100 dias. Apresenta grãos do tipo *patna* e bom rendimento industrial.

**BRS Pelota** – É uma cultivar de ciclo médio e se destaca pelo seu alto potencial produtivo. O grão é do tipo agulhinha de casca pilosa-clara. Em algumas situações de cultivo, pode mostrar-se moderadamente sensível à toxidez de ferro, na fase vegetativa, e a quedas de temperatura, na fase reprodutiva.

**BRS Ourominas** – Possui porte baixo, altura média de 98 cm, folhas eretas, resistência ao acamamento e ciclo médio de 100 dias do plantio à floração média. A planta apresenta uma coloração verde clara a qual não se deve confundir com deficiência de nitrogênio. Os grãos são do tipo longo-fino, de boa qualidade. O grão polido apresenta aparência vítrea com baixa intensidade de centro-branco. Nos testes culinários apresentou grãos soltos, de textura macia e com aroma normal.

**Enova 155** – Cultivar de ciclo médio, moderadamente resistente à brusone, de grãos agulhinhas de alto rendimento industrial.

**Epagri 106** – Cultivar de ciclo curto, 106 dias, medianamente resistente ao acamamento e à toxidez indireta de ferro. Destaca-se por ser resistente às raças de brusone atualmente prevalentes em Santa Catarina.

**Epagri 108** – Cultivar de ciclo longo, 142 dias, resistente ao acamamento e à toxidez indireta de ferro. É medianamente resistente à brusone na panícula, considerando-se as raças atualmente prevalentes em Santa Catarina.

**Epagri 109** – Bastante semelhante à Epagri 108, apresentando também ciclo longo, 142 dias, resistência ao acamamento e à toxidez indireta de ferro. É medianamente resistente às raças de brusone atualmente prevalentes em Santa Catarina.





**IAC 101** – Cultivar de ciclo longo, de grãos agulhinha e moderadamente resistente ao acamamento e à queima-da-bainha.

**IAC 103** – Cultivar de ciclo médio, de grãos longo-finos, de alto rendimento de inteiros e moderadamente resistente à queima-da-bainha.

**IAC 242** – Cultivar de ciclo longo, moderadamente suscetível à brusone e moderadamente resistente à queima-da-bainha, com grãos longo-finos.

**IAC 500** – Cultivar super precoce, moderadamente suscetível à brusone, de grãos longo-finos, com alto rendimento de grãos inteiros.

**IAC 4440** – Cultivar de ciclo longo, de grãos agulhinhas, suscetível à brusone e moderadamente resistente ao acamamento.

**IAS 12-9 Formosa** – Cultivar do grupo *Japonica*, apresentando tolerância às baixas temperaturas, que ocorrem principalmente na zona sul do Rio Grande do Sul, durante o período reprodutivo das plantas. Possui grão curto do “tipo japonês”, com baixo teor de amilose e baixa temperatura de gelatinização.

**Irga 416** – Cultivar de ciclo curto, com alta produtividade e excelente aspecto visual dos grãos. O teor de amilose nos grãos, todavia, pode variar de intermediário a baixo o que pode fazer com que os grãos fiquem pegajosos após a cocção. Tem demonstrado falta de estabilidade na produtividade e alta susceptibilidade à brusone.

**Irga 417** – Primeira cultivar do tipo moderno derivada de cruzamento de genitores das subespécies *Indica* x *Japonica*. Destaca-se pela precocidade, alta produtividade, ótima qualidade dos grãos, alto vigor inicial das plântulas e boa adaptabilidade a todas as regiões orizícolas do Rio Grande do Sul. Apresenta reação de suscetibilidade à toxidez de ferro e nas últimas safras tem-se mostrado suscetível à brusone na panícula.

**Irga 418** – Cultivar de ciclo curto e mais alta que a Irga 417. Apresenta bom vigor inicial das plântulas, alto potencial produtivo e resistência à brusone. As principais limitações são falta de estabilidade na produtividade e no rendimento industrial de grãos inteiros. É uma cultivar de fácil debulha e com reação intermediária à toxidez de ferro.

**Irga 419** – Cultivar de ciclo médio e com ausência de pilosidade nas folhas e grãos. Apresenta resistência à brusone e tolerância à toxidez de



ferro. A debulha dos grãos é considerada fácil e nas regiões mais frias do Rio Grande do Sul apresenta-se suscetível às manchas-dos-grãos. Embora inicialmente tenha sido indicada para o sistema pré-germinado, também pode ser utilizada para o cultivo nos sistemas de semeadura em solo seco. Não se recomenda o seu uso no extremo sul do Rio Grande do Sul.

**Irga 420** – Cultivar de ciclo curto e com alto potencial produtivo. Pode ser usada no sistema de cultivo pré-germinado. Apresenta excelente adaptação às condições climáticas da Fronteira Oeste, mas pode ser cultivada nas demais regiões, exceto o extremo sul do Rio Grande do Sul.

**Irga 421** – É derivada da cultivar Irga 416 e destaca-se pela precocidade e qualidade dos grãos. É suscetível à brusone e com reação intermediária à toxidez de ferro.

**Irga 422CL** – Esta cultivar foi derivada da IRGA 417, através do método de retrocruzamento, diferenciando-se desta pelo ciclo mais longo e por possuir tolerância ao herbicida Only. É recomendada exclusivamente para o sistema de produção “clear field”, que tem como principal objetivo o controle de arroz vermelho.

**Javaé** – Cultivar de ciclo curto, de grãos longo-finos, suscetível à brusone e moderadamente resistente à mancha parda e à mancha-dos-grãos.

**Qualymax 013** – Cultivar de ciclo médio, de grãos longo-finos, resistente ao acamamento e moderadamente resistente à bicheira-da-raiz e à brusone.

**Metica 1** – Cultivar robusta, produtiva, de ciclo longo, de grãos agulhinhas, moderadamente suscetível à mancha-dos-grãos e à brusone. É uma das cultivares mais utilizadas pelos produtores do Vale do Rio Araguaia, TO.

**SCSBRS 111** – Cultivar de ciclo médio, medianamente resistente ao acamamento, à brusone e à toxidez indireta de ferro.

**SCSBRS Tio Taka** – Cultivar tardia, resistente ao acamamento. É medianamente suscetível à toxidez indireta de ferro. É a primeira cultivar de arroz irrigado obtida de população melhorada por seleção recorrente.

**SCS 112** – Cultivar tardia, resistente ao acamamento. É medianamente suscetível à toxidez indireta de ferro e à brusone. É mais sensível a extremos de temperatura, por isso, recomenda-se especialmente que o plantio seja feito dentro do período preferencial.



## Cultivares de arroz de terras altas

Encontra-se na Tabela 9.11. a relação de cultivares de terras altas e suas respectivas áreas de abrangência, sendo consideradas apenas as cultivares registradas no SNPC e habilitadas para cultivo sob cobertura do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) em 2003/04, ou seja, as incluídas nas portarias de divulgação do Zoneamento Agrícola daquele ano agrícola. A seguir serão apresentadas algumas características das cultivares, fornecidas pelas instituições detentoras ao SNPC. Mais detalhes sobre a caracterização das cultivares poderão ser obtidos consultando o site [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br) ou as próprias instituições detentoras.

**Tabela 9.11.** Relação das cultivares de arroz de terras altas, instituições detentoras e região de adaptação, habilitadas para o cultivo sob cobertura do Proagro, conforme o Zoneamento Agrícola de 2003/04.

Cultivar	Detentor	Região de adaptação recomendada
BRS Aimoré	Embrapa	MG, DF, GO, MS, TO, MA, PI
BRS Bonança	Embrapa	DF, GO, MT, RO, TO, MA, PI
BRS Colosso	Embrapa	MG, GO, MT, RO, PA, MA, PI, TO
BRS Primavera	Embrapa	MG, DF, GO, MS, MT, TO, MA, PI, BA
BRS Soberana	Embrapa	MT, GO
BRS Talento	Embrapa	MG, GO, MT, TO, BA, MA, PI
BRSMG Conai	Embrapa, UFLA, EPAMIG	MG
BRSMG Curinga	Embrapa, UFLA, EPAMIG	MG, GO, MT, RO, PA, RR, MA, PI, TO
Caiapó	Embrapa	SP, MG, GO, DF, MS, MT, TO, MA, PI, BA
Canastra	Embrapa	MG, DF, GO, TO, MA, PI, BA
Carajás	Embrapa	GO, DF, MS, MT, TO, MA, PI, BA
Carisma	Embrapa	MG, DF, MS, MA
Cirad 141	Agronorte	Todo o Brasil
IAC 165	IAC	SP
IAC 201	IAC	SP
IAC 202	IAC	SP
Maravilha	Embrapa	DF, GO, MS, MT, TO

**BRS Aimoré** – Cultivar superprecoce, de grãos longos, com glumelas de cor dourada. É de porte baixo, relativamente perfilhadora e resistente ao acamamento. Apresenta nível satisfatório de resistência à seca, mas é suscetível à brusone.

**BRS Bonança** – Cultivar semiprecoce, de porte baixo e resistente ao acamamento. Apresenta ampla adaptação a sistemas de manejo e classes de solo. Seus grãos apresentam boa aparência e boa qualidade



culinária, porém inferior à da BRS Primavera. Destaca-se pela excepcional estabilidade do rendimento de grãos inteiros, mesmo em circunstâncias de atrasos na colheita.

**BRS Colosso** – Apresenta qualidade de grão similar ao do BRS Primavera. Cultivar precoce de porte baixo, vigorosa. Destaca-se também pela estabilidade de grãos inteiros. Deve ser cultivado em área pouco propensas a ocorrência de brusone, devido sua sensibilidade a estas doenças.

**BRS Primavera** – Indicada para plantio em áreas de abertura e áreas velhas, pouco ou moderadamente férteis, devido à sua tendência ao acamamento em condições de alta fertilidade. Pode também ser plantada em solos férteis, desde que os fertilizantes sejam utilizados com moderação. Tem apresentado bons resultados em diversas situações, tais como: “sistema barreirão”, plantio consorciado com pastagem, plantio direto em área de soja e até plantio em safrinha. Embora tenha excelente qualidade culinária, para proporcionar boa porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento, é necessário que a colheita seja feita com a umidade dos grãos entre 20% e 24%.

**BRS Soberana** – Como a BRS Primavera é indicada para plantio em solos pouco ou moderadamente férteis, normalmente presente em áreas de abertura, devido à sua tendência ao acamamento em condições de alta fertilidade. Pode também ser cultivada em solos férteis, utilizando menores doses de fertilizantes e espaçamentos mais largos, como 30 a 40 cm, para evitar acamamento. Em condições experimentais, tem-se mostrado menos suscetível à brusone e ao acamamento que a BRS Primavera, mas não a ponto de dispensar a utilização de medidas ou práticas que reduzam os riscos de incidência destes dois fatores restritivos. Produz grãos com excelente qualidade culinária, todavia exige colheita com umidade dos grãos entre 20 a 24%, para que se tenha uma boa porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento.

**BRS Talento** – Cultivar semiprecoce, de porte baixo, perfilhadora, resistente ao acamamento, de grãos da classe longo-fino. É uma cultivar de ampla adaptação, de ótimo potencial de produção e responsiva ao uso de tecnologia. Pode ser considerada uma opção para plantio em várzeas úmidas. De grãos translúcidos e boa qualidade de panela, pode ser disponibilizada para o consumo logo após a colheita.

**BRSMG Conai** – Cultivar superprecoce, de porte baixo, produtiva e resistente ao acamamento, lançada em 2004. Os grãos com casca são dourados e glabros. Apresentam baixa intensidade de manchas



brancas após o beneficiamento e se classificam como agulhinhas, com boa qualidade após o cozimento, quando se mostram soltos, enxutos e macios.

**BRSMG Curinga** – Cultivar semiprecoce, de porte baixo e resistente ao acamamento, com dupla aptidão para cultivo em terras altas e várzeas úmidas. Seus grãos são glabros de cor amarelo palha e de classe longo-fino. Apresenta boa qualidade culinária, com textura solta, enxuta e macia, após a cocção. Tem-se mostrado pouco suscetível às principais doenças que incidem sobre o arroz de terras altas.

**Caia pó** – Seu grão, embora não se enquadre na classe longo-fino, tem ótima aceitação no mercado, devido ao alto rendimento de inteiros e à boa qualidade culinária. É recomendada para solos novos ou velhos, em níveis moderados de fertilidade, para evitar acamamento. Deve ser plantada o mais cedo possível, em plantio pouco denso, planejando-se medidas de controle de brusone, em situações de risco, principalmente nas áreas de Cerrados e em regiões de maior altitude.

**Canastra** – Apresenta boa produtividade nas mais diversas situações de plantio, adaptando-se a diferentes níveis de fertilidade. Em condições muito favorecidas tende a apresentar alta incidência de escaldadura e mancha-dos-grãos. Tem boa resistência ao acamamento e pode alcançar alta produtividade. Seus grãos são da classe longo-fino, e a qualidade de panela é regular.

**Carajás** – De ciclo curto, é indicada para áreas de fertilidade média ou alta, apresentando bom potencial de produção e pouco acamamento. Seus grãos são do tipo tradicional, ou seja da classe longo, o que pode levar a um preço inferior ao praticado para as cultivares de grão agulhinha nos mercados em que este padrão é o preferido.

**Carisma** – Cultivar semiprecoce, de porte baixo, resistente ao acamamento, de grãos da classe longo-fino. Pode ser cultivada em terras altas, sob pivô central, ou em várzeas úmidas, sem irrigação, apresentando alto potencial de produção. Necessita medidas de controle de brusone, quando cultivada em situações de risco desta doença. Tem grão longo-fino e de boa qualidade culinária.

**Cirad 141** – Cultivar de ciclo médio, de ampla adaptação. Seus grãos são agulhinhas de boa aparência e de alto rendimento industrial. Entre as cultivares de arroz de terras altas atualmente disponíveis, a Cirad 141 parece ser a que melhor se adapta ao sistema de plantio direto.



**IAC 165** – Cultivar precoce, com boa resistência à seca e com grãos de classe longo. É produtiva e de ampla adaptação, mas atualmente sua utilização continua restrita apenas ao Estado de São Paulo.

**IAC 201** – Foi a primeira cultivar de arroz de terras altas com grãos de classe agulhinha lançada no Brasil. É precoce, com arquitetura de planta tradicional, podendo acamar em áreas de alta fertilidade.

**IAC 202** – Como a IAC 201, produz grãos de excelente qualidade, de classe agulhinha. Caracteriza-se por apresentar panículas longas com alto número de espiguetas. É mais resistente ao acamamento que a IAC 201, podendo ser utilizada também em áreas férteis.

**Maravilha** – Recomendada para regiões com baixo risco de veranico, ou com disponibilidade de irrigação suplementar por aspersão ou, ainda, em várzeas úmidas. Seus grãos são da classe longo-fino. É moderadamente resistente à brusone e à escaldadura, e moderadamente suscetível à mancha-dos-grãos. Por ser resistente ao acamamento e responsiva à fertilidade, é recomendada para cultivo com alta tecnologia, inclusive sob pivô central. Seu crescimento inicial é lento, o que, somado à sua arquitetura de folhas eretas, torna-a pouco competitiva com plantas daninhas, exigindo, portanto, um controle eficiente (Embrapa, 1997).

## REFERÊNCIAS

ABADIE, T. E.; CORDEIRO, C. M. T.; FONSECA, J. R.; FREIRE, M. S.; ALVES, R. B. N.; BURLE; M. L.; BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; CASTRO, E. da M. de; SILVA, H. T. Desenvolvendo uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 259-261. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

AVILA, A. F. D. **Evaluation de la recherche agronomique au Bresil**: le cas de la recherche rizicole de l'IRGA au Rio Grande do Sul. 1981. 217 f. These (Docteur en Economie Rurale) - Universite de Montpellier, Montpellier.

BANZATTO, N. V.; CARMONA, P. S. Melhoramento genético do arroz no Brasil. In: REUNIÃO DO COMITÉ DE ARROZ PARA AS AMÉRICAS DA COMISSÃO INTERNACIONAL DE ARROZ, 2., 1971, Pelotas. **Contribuições técnicas da Delegação Brasileira à ...** Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1972. p. 121-131.

BOLLICH, C. N.; TURNER, F. T. Commercial ratoon rice production in Texas, USA. In: IRR. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 257-263.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Legislação brasileira sobre proteção de cultivares**. Brasília, DF, 1998. 115 p.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998a. p. 41-53.



- BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P. de; RANGEL, P. H. N. A new method to estimate genetic gain in annual crops. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 551-555, Dec. 1998b.
- BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 399-407, mar. 1999.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. Development and mapping of *Oryza glumaepatula*-derived microsatellite markers in the interspecific cross *O. glumaepatula* x *O. sativa*. **Hereditas**, Lund, v. 134, n. 1, p. 59-71, 2001.
- BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; FERREIRA, M. E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 104, n. 6/7, p. 1192-1203, May 2002.
- CARMONA, P. S.; TERRES, A. L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 à 1990: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., 1990, Goiânia. **A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80**: avaliação crítica dos principais resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1994. p. 269-275. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 40).
- CASTRO, E. da M. de; FERREIRA, C. M.; COSTA, J. G. C. da; DELALIBERA, A. L. Embrapa Arroz e Feijão em Goiás. In: PEREIRA A. A. (Org.). **Agricultura de Goiás**: análise & dinâmica. Brasília, DF: UCG, 2004. p. 279-301.
- CASTRO, E. da M.; BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de. Melhoramento do arroz. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 95-130.
- CHATEL, M.; GUIMARÃES, E. P. **Selección recurrente com androesterilidad en arroz**. Cali: CIAT: CIRAD, 1995. 70 p. (CIAT. Publicacion, 246).
- CHEN, D. H.; ZEIGLER, R. S.; LEUNG, H.; NELSON, R. J. Population structure of *Pyricularia grisea* at two screening sites in the Philippines, **Phytopathology**, St Paul, v. 85, n. 9, p. 1011-1020, Sept. 1995.
- COBUCCI, T. Plantas daninhas. In: STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. (Ed.). **Arroz**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 171-192.
- CORDEIRO, A. C. C.; SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P.; RANGEL, P. H. N. Effect of the number of intercrosses on grain yield in basic rice synthetic populations. **Euphytica**, Wageningen, v. 132, n. 1, p. 79-86, Jan. 2003.
- CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S. Pathogenic variability in *Pyricularia grisea* at a rice blast "hot-spot" breeding site in Eastern Colombia. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 11, p.1029-1035, Nov. 1993.
- CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S.; LEVY, M. Virulence characteristics of genetic families of *Pyricularia grisea* in Colombia. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 211-230.
- CUTRIM, V. dos A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 601-606, jun. 1997.



DE DATTA, S. K.; BERNASOR, P. C. Agronomic principles and practices of rice ratooning. In: IIRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p.163-176.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manejo da cultivar Maravilha**. Goiânia, 1997. 38 p. (EMBRAPA-CNPAF. Informe Técnico, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Programa nacional de avaliação de linhagens**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1994. 19 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Programa Nacional de Pesquisa do Arroz: safra 1975/1976**. Goiânia, 1975. 55 p.

EMBRAPA. **Política de P&D**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 39 p.

FEDERER, W. T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record**, Hawaii, v. 55, n. 2, p. 191-208, 1956.

FERREIRA, W. D. **Implicação do número de famílias no processo seletivo na cultura do feijoeiro**. 1998. 66 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, C. M.; MENDEZ DEL VILLAR, P. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 11-18, abr. 2004.

FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. evolução e padronização. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 118 p.

FERREIRA, E. Insetos-pragas. In: STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 157-169.

FERREIRA, E.; BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; BARIGOSSO, J. A. F. **Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 42 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 114).

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.1, p.27-35, jan. 2001.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; ARAÚJO, L. G. de; FARIA, J. C. de. Genetic diversity and virulence pattern in field populations of *Pyricularia grisea* from rice cultivar Metica-1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1681-1688, dez. 2002.

FOIULLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization**. Netherlands: Kluwer, 1988. p. 503-542.

FRANKEL, O. H. Genetic perspectives of germplasm conservation. In: ARBER, W. K.; LLIMENSEE, K.; PEACOCK, W. J.; STARLINGER, P. (Ed.). **Genetic manipulation: impact on man and society**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. p. 161-170.

FREY, K. J. The use of F2 lines in predicting the performance of F3 selections in two barley crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, Dec. 1954.





GERALDI, I. O.; SOUZA JÚNIOR, C. L. de. Muestreo genético para programas de mejoramiento poblacional. In: Guimarães, E. P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 9-19.

GRIST, D. H. **Rice**. 5. ed. Londres: Longman, 1978. 601 p.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Lôs Baños: IRRI, 1979. 186 p.

LEVY, M.; CORREA, F. J.; ZEIGLER, R. S.; XU, S.; HAMER, J. E. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 12, p. 1427-1433, Dec. 1993.

LEVY, M.; ROMÃO, J.; MARCHETTI, M. A.; HAMER, J. E. DNA fingerprinting with a dispersed repeated sequence resolves pathotype diversity in the rice blast fungus. **Plant Cell**, Rockville, v. 3, n. 1, p. 95-102, Jan. 1991.

LOPES, S. I. G. **Avaliação dos parâmetros genéticos da população de arroz irrigado CNA 11 e da divergência genética entre os genitores**. 2002. 101 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MALAVOLTA, V. M. A.; SOUZA, T. M. W. Variabilidade de *Pyricularia grisea* no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 18, n. 3/4, p. 287-290, jul./dez. 1992.

MORAIS, O. P. de. Tamaño efectivo de la población. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 25-44.

MORAIS, O. P. de; CASTRO, E. da M. de; PRABHU, A. S.; BRESEGHELLO, F.; VANDERLEI, J. C.; SOUZA, N. R. G. de; SOUZA, N. S.; FONSECA, J. R.; BASSINELLO, P. Z.; RABELO, R. R. **Extensão de recomendação da cultivar de arroz de terras altas "BRS Soberana" para Goiás**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 73).

MORAIS, O. P. de; ZIMMERMANN, F. J. P.; RANGEL, P. H. N. Evaluación de ganancias observadas en selección recurrente. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 21-35.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 87 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

OU, S. H. **Rice disease**. 2. ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1985. 380 p.

PEDROSO, B. A. **Arroz irrigado: obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: SAGRA, 1982. 175 p.

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Graus de resistência a brusone e produtividade de cultivares melhoradas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 12, p. 1453-1459, dez. 2001.



- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ARAÚJO, L. G. de. Pathotype diversity of *Pyricularia grisea* from improved upland rice cultivars in experimental plots. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 5, p. 468-473, set./out. 2002a.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ARAÚJO, L. G. de; FARIA, J. C. Genetic and phenotypic characterization of isolates of *Pyricularia grisea* from the rice cultivars Epagri 108 and 109 in the state of Tocantins. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 6, p. 566-573, nov./dez. 2002b.
- PRABHU, A. S.; CASTRO, E. da M. de; ARAÚJO, L.G. de; BERNI, R. F. Resistance spectra of six elite breeding lines of upland rice to *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 203-210, fev. 2003.
- RANGEL, P. H. N. La selección recurrente mejora el arroz brasileño. **Arroz en Las Américas**, Cali, v. 13, n. 1, p. 4-5, abr. 1992.
- RANGEL, P. H. N.; NEVES, P. C. F. Selección recurrente aplicada al arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 79-97.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P. Ganhos de produtividade de grãos no melhoramento populacional do arroz de várzea. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Resumos expandidos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. v. 1, p. 174-177. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 85).
- RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E. P.; NEVES, P. C. F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 5, p. 349-357, maio 1996.
- RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de; ZIMMERMANN, F. J. P. Grain yield gains in three recurrent selection cycles in the CNA-IRAT 4 irrigated rice population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 3, p. 369-373, Sept. 2002.
- RANGEL, P. H. N.; PEREIRA, J. A.; MORAIS, O. P. de; GUIMARÃES, E. P.; YOKOKURA, T. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Meio-Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1595-1604, ago. 2000a.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; FAGUNDES, P. R. R. Mejoramiento poblacional del arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000b. p. 65-85.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; NEVES, P. C. F. Estimativas de parâmetros genéticos e resposta à seleção nas populações de arroz irrigado CNA-IRAT 4PR e CNA-IRAT 4ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 905-912, jun. 1998.
- RIBEIRO, A. S.; TERRES, A. L. S. Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* e sua relação com cultivares resistentes à brusone. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 12, n. 4, p. 316-321, dez. 1987.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. **Melhoramentos da rizicultura no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1946. 425 p.
- SANTOS, A. B. dos. Aproveitamento da soca. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 463-492.



SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A. A.; MORAIS, O.P. de; CORNÉLIO, V.M. de O. Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento do arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1889-1896, out. 1999.

SERVELLÓN RODRIGUEZ, R. E.; RANGEL, P.H. N.; MORAIS, O. P. de. Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas à seleção na população de arroz irrigado CNA 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 5, p. 685-691, maio 1998.

SINGH, R. J.; IKEHASHI, H. Monogenic male-sterility in rice: induction, identification and inheritance. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 2, p. 286-289, Mar./Apr. 1981.

SOARES, A. A.; SANTOS, P.G.; MORAIS, O. P. de; SOARES, P. C.; REIS, M. de S.; SOUZA, M. A. de. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 415-424, mar. 1999.

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 92, n. 2, p. 191-203, Feb. 1996.

TOLEDO, J. F. F. de; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 89-94, jan. 1990.

URASHIMA, A. S.; ISOGAWA, Y. Identification of races of *Pyricularia oryzae* causing blast disease in cultivar IAC 4440 in Paraíba Valley - SP. **Summa Phytopatologica**, Piracicaba, v. 16, n. 3/4, p. 243-247, jul./dez. 1990.

XIA, J. Q.; CORRELL, J. C.; LEE, F. N.; MARCHETTI, M. A.; RHOADS, D. D. DNA fingerprinting to examine micrographic variation in the *Magnaporthea grisea* (*Pyricularia grisea*) population in two rice fields in Arkansas. **Phytopathology**, St Paul, v. 83, n. 10, p. 1029-1035, Oct. 1993.

XIA, J. Q.; CORRELL, J. C.; LEE, F. N.; ROSS, W. J.; RHOADS, D. D. Regional population diversity of *Pyricularia grisea* in Arkansas and the influence of host selection. **Plant Disease**, St Paul, v. 84, n. 8, p. 877-884, Aug. 2000.

ZEIGLER, R. S.; CUOC, L. X.; SCOTT, R. P.; BERNARDO, M. A.; CHEN, D. H.; VALENT, B.; NELSON, R. J. The relationship between lineage and virulence in *Pyricularia grisea* in the Philippines. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 4, p. 443-451, Apr. 1995.

ZEIGLER, R. S.; SCOTT, R. P.; LEUNG, H.; BORDEOS, A. A.; KUMAR, J.; NELSON, R. J. Evidence of parasexual exchange of DNA in the rice blast fungus challenges its exclusive clonality. **Phytopathology**, St. Paul, v. 87, n. 3, p. 284-294, Mar. 1997.

ZHU, Y. Y.; CHEN, H. R.; FAN, J. H.; WANG, Y. Y.; LI, Y.; CHEN, J. B.; FAN, J. X.; YANG, S. S.; HU, L. P.; LEUNG, H.; MEW, T. W.; TENG, P. S.; WANG, Z. H.; MUNDT, C. C. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**, London, v. 406, n. 6797, p. 718-722, Aug. 2000.

ZIMMERMANN, F. J. P. Estadística aplicada a la selección recurrente. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 67-75.



# Preparo do Solo

*José Geraldo da Silva; José Aloísio Alves Moreira*

**RESUMO** - A operação de preparo do solo é realizada para propiciar condições satisfatórias ao plantio, à germinação das sementes, à emergência das plântulas, ao desenvolvimento e à produção das plantas, para eliminar as plantas daninhas, para controlar a erosão e para descompactar o solo. Para desempenhar essas funções, estão disponíveis no mercado diversas marcas e modelos de equipamentos agrícolas, que preparam o solo numa só ou em várias operações. Convencionalmente, o preparo do solo para o cultivo do arroz em terras altas é realizado com implementos de discos, como a grade aradora, e em várzeas é feito com grade aradora ou com enxada rotativa. Na escolha de um sistema de preparo do solo para a cultura do arroz devem ser considerados os fatores relacionados à economia de combustível e de tempo e à conservação do solo e da água, evitando-se, principalmente nos cultivos realizados em terras altas, o uso continuado, por vários anos, de um único tipo de equipamento agrícola, operando na mesma profundidade ou muito superficialmente, para evitar a formação de camadas compactadas no solo.

## INTRODUÇÃO

A operação de preparo do solo é realizada por inúmeras razões, dentre as quais podem ser citadas as seguintes: propiciar condições satisfatórias para a operação de plantio, a germinação das sementes, a emergência de plântulas, o desenvolvimento e a produção das plantas, contribuindo também para eliminar as plantas daninhas, controlar a erosão e descompactar o solo.

Para desempenhar essas funções, estão disponíveis no mercado diversas marcas, modelos e tipos de equipamentos agrícolas, que preparam o solo numa só ou em várias operações. Comumente, mais de uma operação são empregadas, combinando tipos de equipamentos numa ordem previamente definida, em função dos objetivos desejados. O preparo pode ser realizado com certa antecedência em relação à semeadura, visando ao controle de plantas daninhas ou à incorporação de resíduos vegetais, fertilizantes e corretivos. Nesses casos, é de praxe proceder a uma aração ou uma gradagem para incorporar o material ao solo e, imediatamente antes da semeadura, realizar as demais operações.

Para o cultivo do arroz nos diferentes sistemas de cultivo, são necessárias práticas distintas de preparo do solo. Com isso, as práticas



de preparo variam com a textura, a estrutura e o grau de compactação do solo, bem como com a disponibilidade de equipamentos e de recursos do produtor.

## **SISTEMAS DE PREPARO PARA CULTIVO DE ARROZ EM TERRAS ALTAS**

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1992a), os principais métodos de preparo do solo empregados para o cultivo do arroz em terras altas são os descritos a seguir.

### **Preparo com arado de disco**

Consiste da aração seguida de uma ou mais gradagens destorroadoras logo após a aração e de uma gradagem “niveladora” imediatamente antes do plantio. Na aração direta, principalmente na presença de restos culturais e de plantas daninhas de grande porte, a área fica mal nivelada, resultando em leiva e torrões presos às raízes das plantas. Essas irregularidades implicam na necessidade de um maior número de gradagens para o destorroamento do solo, o que ocasiona a sua desestruturação na camada superficial e, ao mesmo tempo, afeta a porosidade criada pela aração, formando, em condições de solo úmido, o “pé-de-arado”.

Neste método, o perfil preparado é heterogêneo, em virtude do desempenho inadequado do arado de disco que, na presença de restos culturais e plantas daninhas, penetra irregularmente no solo. Nessa situação, além dos obstáculos criados à operação da semeadura, a lenta decomposição dos resíduos pode provocar desordens fisiológicas à cultura. O arado de disco não descompacta o solo convenientemente, saltando nos pontos de maior resistência, principalmente em condições de pouca umidade.

### **Preparo com grade aradora**

É mais utilizado na região dos Cerrados. As grades aradoras realizam, numa só operação, a aração e a gradagem. O perfil do solo preparado pela maioria das grades aradoras é superficial, da ordem de 10 a 15 cm de profundidade. A estrutura superficial do solo apresenta-se extremamente fina e frágil. O solo preparado constantemente com esse implemento apresenta nítida descontinuidade entre o perfil preparado e o solo imediatamente abaixo. O corte superficial e a pressão dos pneus e dos discos da grade sobre o solo adensam a sua camada subsuperficial,



resultando na formação do “pé-de-grade”, com 5 cm ou mais de espessura, dificultando o crescimento das raízes e favorecendo a erosão laminar.

Normalmente, são necessárias duas passagens de grade aradora. Em alguns casos, a segunda gradagem é substituída por uma ou duas gradagens “niveladoras”. Em todos os casos, a tendência é a formação de uma superfície ainda mais pulverizada e de um “pé-de-grade” mais denso, que varia com o número de passadas do implemento e com a umidade do solo. Na superfície pulverizada pode originar-se uma camada endurecida de 2 a 3 cm de espessura, prejudicando a emergência das plântulas e a infiltração da água no solo.

### **Incorporação da resteva com grade, seguida de aração profunda**

Consiste na inversão da ordem de realização das operações de preparo do solo. Inicialmente é feita a gradagem do terreno com grade aradora ou “niveladora”, dependendo da quantidade de plantas daninhas, restos culturais e teor de umidade do solo. De 10 a 30 dias após, é realizada a aração com arado de aiveca. As principais vantagens deste método são: a) incorporação mais homogênea dos restos culturais no perfil do solo, da superfície até aproximadamente 40 cm de profundidade; b) formação de uma boa estrutura no solo; c) não formação do “pé-de-grade” superficialmente; d) maior eficiência no controle de plantas daninhas; e) promoção da recuperação da fertilidade em profundidade.

Quando o solo é arado com teor de umidade adequado e com implemento bem regulado, a semeadura pode ser feita sem a necessidade de gradagem de nivelamento ou com, no máximo, uma operação de grade “niveladora”, preservando a porosidade e a estrutura criada pela aração.

O preparo do solo por esse método tem proporcionado aumento significativo na produtividade do arroz de terras altas, por reduzir sensivelmente os riscos de déficit hídrico durante os curtos períodos de estiagem. Isso tem sido possível devido ao maior armazenamento de água no perfil do solo, ao enraizamento mais vigoroso e profundo e à melhoria das propriedades físicas do solo. Deve ser utilizado, preferencialmente, para solos que apresentam compactação em profundidade e estejam muito infestados de plantas daninhas.

### **Preparo mínimo**

Este método de preparo do solo consiste na passagem de implementos como o arado escarificador ou a grade “niveladora”, visando romper apenas a camada superficial adensada e, no caso da grade, o controle



das plantas daninhas de pequeno porte. É recomendado para solos descompactados e com pouca incidência de plantas daninhas, com o principal objetivo da manutenção da estrutura do solo, além da redução dos custos.

O arado escarificador rompe o solo numa profundidade de 20 a 30 cm e mantém grande parte dos resíduos vegetais na superfície, protegendo o solo da erosão. Além disso, o escarificador permite o preparo do solo seco, maior rendimento operacional e economias de combustível e de tempo de operação, quando comparado com os arados de disco e de aiveca.

### **Plantio direto**

É um método de semeadura no qual a semente e o adubo são colocados diretamente no solo não revolvido, usando-se semeadoras adubadoras especiais. É recomendado para solos descompactados, com fertilidade homogênea no perfil até 40 cm, sendo o controle de plantas daninhas dependente de herbicidas. A superfície do terreno deve possuir uma camada de restos culturais que auxilia a conservação do solo e da umidade. Antes da implantação do plantio direto, o solo deve ser corrigido com o objetivo de se obter um vigoroso desenvolvimento do sistema radicular.

## **SISTEMAS DE PREPARO PARA O CULTIVO DO ARROZ EM VÁRZEAS**

Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1992b), no sistema de cultivo de arroz irrigado podem ser definidos dois sistemas de preparo do solo, em solo seco e alagado.

### **Preparo do solo seco**

Consiste numa aração a 20 - 25 cm de profundidade, visando à incorporação dos restos culturais e plantas daninhas. Havendo muita palhada e muitas plantas daninhas, é aconselhável realizar a operação de incorporação com grade aradora, entre dez e 30 dias antes da aração. A seguir são efetuadas duas ou três gradagens, dependendo do solo, com intervalo de uma semana, sendo a última imediatamente antes da semeadura, visando a obter destorroamento adequado e controle eficiente de plantas daninhas. Em solo excessivamente compactado, onde, após a aração, permanecem torrões difíceis de serem desmanchados a seco, recomenda-se molhar o solo antes de se fazer a última gradagem. As gradagens são realizadas mediante o uso de grade "niveladora".



Na operação de semeadura, em linha ou a lanço, o solo deve apresentar uma camada superficial finamente destorroada, de maneira a possibilitar condições adequadas à germinação das sementes. Assim, o uso da enxada rotativa constitui uma alternativa para o destorroamento, devendo, entretanto, ser usada quando a grade “niveladora” não tiver condições de realizar satisfatoriamente essa operação.

Independentemente do método de preparo do solo usado, é necessário fazer o aplainamento da superfície do terreno, para corrigir as irregularidades no quadro. Essa prática permite a uniformização da lâmina de água, o controle mais eficiente das plantas daninhas e favorece o sistema de plantio com sementes pré-germinadas.

### **Preparo do solo alagado**

Em áreas onde não há condições de preparar o solo seco, a alternativa é o preparo do solo com água. Os equipamentos mais utilizados para a realização desse preparo são a enxada rotativa, a lâmina traseira e a grade de dentes.

O procedimento para efetuar o preparo do solo alagado consiste na inundação do solo, na aração e, por fim, no nivelamento da área com lâmina traseira e/ou com grade niveladora. A inundação do terreno deve ser feita com sete dias de antecedência à aração. Esse período pode variar, dependendo do solo e da quantidade de resíduos da cultura anterior. A aração realizada com enxada rotativa objetiva o revolvimento do solo e a incorporação da matéria orgânica. Geralmente, uma única aração bem realizada é suficiente. Entretanto, uma segunda aração se justifica, principalmente se a primeira foi superficial, não incorporando, satisfatoriamente, os restos culturais. Em solo profundo, é conveniente realizar a primeira aração com o solo seco, a fim de não desagregá-lo profundamente, o que pode ocasionar atolamento de máquinas no momento da gradagem ou da colheita. Havendo necessidade de uma segunda aração é conveniente que esta seja feita uma semana após a primeira, para eliminar as plântulas emergidas.

Em terreno desnivelado, onde as partes mais altas não ficam suficientemente umedecidas, não sendo possível usar a grade de dentes é necessário o uso da lâmina traseira para efetuar pequenos cortes e transportar a terra das partes mais altas para as mais baixas.

Para a gradagem, ou nivelamento final, procede-se à drenagem do excesso de água, deixando somente a quantidade suficiente que permita observar as partes altas e baixas do terreno. Durante a gradagem, deve-se





levar a lama às partes mais baixas, para obter um melhor nivelamento. Em solo bem nivelado, o arroz apresenta florescimento e maturação mais uniforme, facilitando a determinação da época adequada da aplicação de tratamentos culturais e da colheita, a qual influi na qualidade dos grãos.

Gomes et al. (2004) relatam que grande parte da área de arroz irrigado emprega os sistemas conservacionistas de manejo do solo, incluindo o sistema de plantio direto e de cultivo mínimo. Na safra de 2001/02, a área cultivada no Rio Grande do Sul com os referidos sistemas foi de 47,5% da área total destinada ao arroz. Conforme os autores, na implantação do plantio direto em arroz irrigado, o preparo do solo é realizado em áreas de pousio nos meses de janeiro a março (preparo de verão) e, normalmente, compreende uma aração e duas gradagens, quando o solo apresenta textura arenosa, ou franca, e aplainamento. Não existe a necessidade de desmanchar por completo os torrões, pois, como a semeadura do arroz é realizada após alguns meses, essa tarefa é completada pelas chuvas de inverno. Em solos argilosos, dependendo das condições de umidade, o número de operações poderá ser maior no momento do preparo. No sistema de cultivo mínimo, as operações de preparo do solo são semelhantes às realizadas no sistema de plantio direto, diferindo apenas na época de realização, visto que estas ocorrem do final do inverno ao início da primavera, de 60 a 45 dias antes da semeadura. Em determinados casos, como, por exemplo, quando o solo apresentar textura franco arenosa, pode ser dispensada uma operação de aração ou de gradagem. O preparo do solo antecipado, tanto no cultivo mínimo, como no plantio direto, visa a corrigir pequenas imperfeições de microrelevo, preparar a superfície do solo para receber as sementes de arroz e, principalmente, estimular a germinação de sementes de plantas daninhas, como as de arroz vermelho e preto, num período em que estas não podem concorrer com a cultura do arroz.

## ÉPOCA DE PREPARO

Antes de preparar o solo, deve-se avaliar a possibilidade de trafegar no terreno com trator e máquinas pesadas. A capacidade do solo em suportar e permitir o trabalho dessas máquinas depende muito da umidade existente. Conforme Mazuchowski & Derpsch (1984), a época ideal para se preparar o solo é determinada quando o trator opera com o mínimo de esforço, produzindo uma melhor qualidade no serviço que estiver realizando em termos de estrutura, tamanho de agregados, porosidade do solo e controle de plantas daninhas. A época ideal do preparo do solo é definida como o ponto de friabilidade, ou seja, o momento no qual o solo está com um teor de umidade em que parte



dele, sendo comprimida na mão, é facilmente moldada, mas que tão logo cessada esta força, a amostra é facilmente esboroadada.

De acordo com Castro (1989), quando o preparo é feito em solo muito úmido, ocorrem danos físicos na estrutura do solo, principalmente no sulco deixado pelas rodas do trator e na aderência nos órgãos ativos dos implementos, até o ponto de inviabilizar a operação. Por outro lado, o preparo com o solo muito seco exige maior número de operações para o destorroamento e maiores gastos de combustível e de tempo.

A época de preparo do solo pode variar em função dos objetivos da operação (Seguy et al., 1984). Se o principal objetivo for o controle de plantas daninhas ou a incorporação de resíduos vegetais, o preparo pode ser realizado com bastante antecedência à semeadura. Neste caso, recomenda-se proceder à aração após a última colheita, realizando a gradagem imediatamente antes da implantação da nova cultura. Outro procedimento seria o de incorporar o material vegetal ao solo com o uso da grade e, dez a 30 dias após, realizar a aração.

Tanto no solo seco como no alagado, a aração deve anteceder o plantio em cerca de 30 dias, para permitir a decomposição da matéria orgânica. A gradagem, ou o nivelamento final, deve ser efetuada imediatamente antes da semeadura.

## DESEMPENHO OPERACIONAL DE ARADOS E GRADES

As operações de preparo do solo podem ser realizadas com diferentes combinações de equipamentos ou sistemas de preparo, que resultam em diferentes consumos de energia (Frisby & Summers, 1979). A seleção de um sistema de preparo depende da energia requerida individualmente por um equipamento, de como este requerimento varia em combinação com outros equipamentos e de seus efeitos sobre a conservação da água e do solo e a produção das culturas (Dowding et al., 1967). O preparo ótimo de um solo representa a adequação entre as condições do solo que favorecem o desenvolvimento das culturas, proporcionando máxima produtividade, com a disponibilidade de nutrientes e o custo operacional mínimo, especialmente em gastos de energia. De acordo com Sumner et al. (1986), os altos preços dos combustíveis e a necessidade de reduzir os custos da produção agrícola têm estimulado o interesse na seleção e operação correta do trator e de equipamentos, de forma a obter a máxima eficiência de utilização de energia.

O consumo de combustível pode ser empregado como um índice para comparar o requerimento de energia das operações de preparo,



embora muitos fatores influenciem seu valor. Segundo vários autores (Gill & Vanden Berg, 1968; Gumbs & Summers, 1985; Michel Junior et al., 1985), os principais são: textura e estrutura do solo; teor de água; tipo e regulagem do equipamento; velocidade de trabalho; profundidade do preparo; e deslizamento das rodas do trator. Conforme Bridges & Smith (1979), o consumo de combustível também é influenciado pela habilidade do operador, pela dimensão da área a ser trabalhada e pela potência do trator. Quanto mais potência disponível tiver o trator, maior será o seu consumo específico em litros por metro cúbico de solo mobilizado (Gumbs & Summers, 1985), principalmente quando o conjunto trator e equipamento não estiver bem dimensionado.

Frisby & Summers (1979) verificaram, durante o preparo de dois solos de texturas franco e franco argilosa, que o consumo específico de combustível requerido foi menor quando os solos possuíam teor de água próximo do limite de plasticidade. Teores de água acima ou abaixo desse limite favoreceram, respectivamente, o aumento do patinamento do trator e da resistência do solo ao cisalhamento, aumentando, conseqüentemente, o consumo de combustível.

Smith (1983), citado por Sumner et al. (1986), verificou que o arado de aiveca, operando a 22 cm de profundidade, exigiu cerca de três vezes mais combustível por unidade de área preparada que uma enxada rotativa operando a 9 cm, e que pequenas variações na profundidade de preparo e na velocidade de operação afetaram, estatisticamente, a demanda de potência e o consumo de combustível.

Hoogmoed & Derpsch (1985) avaliaram o desempenho de arado de disco, grade aradora e arados escarificadores em um Latossolo Vermelho. O consumo de combustível, em  $L ha^{-1}$ , foi mais elevado com o uso do arado de disco, devido à sua menor capacidade de trabalho. A grade aradora requereu menor consumo de combustível e apresentou maior capacidade de campo, sem diferir estatisticamente dos arados escarificadores. Ao se comparar o consumo de combustível, em relação ao volume de solo mobilizado por hectare, não foram verificadas diferenças significativas entre os equipamentos de preparo do solo avaliados.

Pesquisando em doze séries de solos, que variavam de textura franco argilosa a franco arenosa, Bowers Junior (1989) verificou que a operação com arado de aiveca consumiu mais combustível por hectare, seguida pelo arado escarificador, pela grade aradora e, por último, pelo equipamento de semeadura direta. O consumo de combustível variou de 25,96 a 40,39  $L ha^{-1}$  para o sistema de preparo com o arado de aiveca, de 20,88 a 28,36  $L ha^{-1}$  para o preparo reduzido, à base de escarificação ou de gradagem, e de 2,31 a 3,24  $L ha^{-1}$  para o de semeadura direta.



Gamero et al. (1986) determinaram o consumo de combustível em três sistemas de preparo de uma Terra Roxa estruturada. O consumo de combustível ocorreu, em ordem decrescente, nos seguintes sistemas: aração com arado de disco e duas gradagens "niveladoras"; gradagem com grade aradora e duas gradagens "niveladoras"; e preparo com enxada rotativa. Esses consumos foram, respectivamente, de 27,38, 18,71 e 9,65 L ha<sup>-1</sup> de óleo diesel. Os autores constataram, também, que a aração foi a operação individual que consumiu mais combustível por unidade de volume de solo mobilizado.

Wu et al. (1986) estudaram o desempenho de máquinas agrícolas por meio do desenvolvimento de modelos matemáticos que relacionavam a largura ótima de trabalho dos equipamentos, em termos de consumo de combustível e de tempo requerido para mobilizar uma determinada área, com a potência do trator. Considerando condições similares de solos e de operação, os autores verificaram que existe uma largura ótima de trabalho dos equipamentos de preparo para uma dada potência do trator, que varia segundo uma função linear.

Michel Junior et al. (1985) compararam o sistema de preparo de um solo de textura arenosa, utilizando a escarificação, com a aração com arado de aiveca, na produtividade de várias culturas. A velocidade de operação, o deslizamento das rodas do trator, o requerimento de tempo, os consumos de combustível e de energia e da potência foram medidos para cada operação em ambos os sistemas. O primeiro sistema proporcionou igual produtividade das culturas, consumindo, aproximadamente, 40% menos tempo, combustível e energia nas operações realizadas antes da semeadura.

Gill & Vanden Berg (1968) reportaram que o requerimento de força para o preparo depende do solo, da sua condição de umidade, da maneira de movimentar o solo e do formato dos peças ativas dos equipamentos. Portanto, para uma dada classe e umidade do solo, o requerimento de força depende do equipamento, da velocidade e profundidade de operação e dos manejos previamente realizados.

Folle et al. (1991a) avaliaram o desempenho de um arado de disco, operando em um Latossolo Vermelho com diferentes teores de água (11,7%; 22,1%; e 26,6%), com base na massa seca. Verificaram que o aumento do teor de umidade no solo condicionou diferentes formas de consistência, causando decréscimo na exigência de força específica na barra de tração do trator. Quando o solo passou da consistência dura para a friável e de friável para a plástica, as reduções foram de 10% e 15%, respectivamente.



O desempenho de um arado de disco, em um Latossolo Vermelho de textura argilosa, operando em diferentes velocidades de deslocamento, foi avaliado por Franz et al. (1991). Os autores verificaram que ocorreram acréscimos de até 17%, 215% e 193%, respectivamente, na força específica, na potência específica e na capacidade de campo, ao se variar a velocidade de 3,0 para 8,2 km h<sup>-1</sup>.

O ângulo horizontal afeta o desempenho do arado exercendo grande influência na qualidade do preparo do solo. Folle et al. (1991b) estudaram o desempenho do arado de disco, operando com ângulos horizontais de 41°31', 36°52' e 31°15', à velocidade de 4,9 km h<sup>-1</sup>, em um Latossolo Vermelho, com 16,32% de água. Verificaram que a redução do ângulo horizontal causou decréscimos de até 20% na largura de corte, 43% na profundidade de corte, 47% na força de tração específica e 21% na capacidade de campo.

Os efeitos da velocidade e da profundidade de trabalho sobre a força requerida pelo arado de aiveca, pelo arado escarificador e pelo arado de disco, em solos de texturas franco argilosa e franco arenosa, foram avaliados por Summers et al. (1986). A força na barra de tração foi considerada uma função linear da velocidade de deslocamento dos arados escarificador e de disco, e função quadrática do arado de aiveca. A força requerida pelos equipamentos foi diretamente proporcional à profundidade de trabalho.

Willcocks (1984) estudando preparos de solo de textura franco siltosa, a uma profundidade de 25 cm, constatou ser necessária uma força de 2,3 kN por haste e 42,8 kN m<sup>-2</sup> para tracionar os arados escarificador e de aiveca, respectivamente. Resultados similares foram obtidos por Bowers Junior (1985), em solo de textura franco siltosa, com teor de água de 10% e índice de cone de 1.358 kPa. Os valores verificados pelo autor foram 2,1 kN por haste do arado escarificador e 44,9 kN m<sup>-2</sup> de solo mobilizado pelo arado de aiveca.

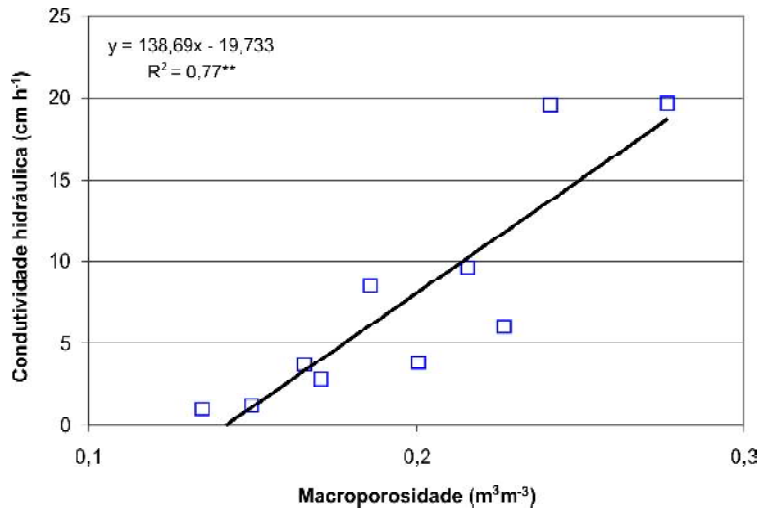
## EFEITO DO PREPARO DO SOLO

### Relação massa e volume do solo

Têm-se observado que alguns atributos físicos do solo são alterados sempre que um implemento de preparo do solo é utilizado (Correa, 1985; Silva & Moreira, 1987). A geometria do sistema poroso decorrente do preparo do solo é freqüentemente instável e alterações com o tempo são comuns. Por isso, o efeito produzido por qualquer equipamento pode diferir com as condições físico hídricas reinantes por ocasião da realização da operação. As relações de massa e volume do solo podem ser alteradas toda vez que o solo for manejado por máquinas e implementos agrícolas.



As operações primárias de preparo que revolvem o solo, como a aração, frequentemente aumentam o espaço poroso do solo, principalmente por meio da macroporosidade. Foi o que Moreira (1987b) verificou em Latossolo Vermelho Amarelo textura arenosa, trabalhando com três sistemas de preparo. O solo preparado com arado proporcionou aumento da macroporosidade até a profundidade de 30 cm em relação aos outros preparos. Nesse caso o efeito imediato foi verificado na condutividade hidráulica saturada,  $K(0)$ . Na primeira camada estudada, de 0 a 20 cm, o valor desse parâmetro foi alto, refletindo o valor da macroporosidade. Já na camada de 20 a 30 cm, o valor encontrado para  $K(0)$  foi o menor do perfil do solo, indicando que a restrição ao fluxo vertical de água está localizada nesta profundidade. A relação entre a macroporosidade do solo e a condutividade hidráulica saturada foi observada por Moreira (1987b) (Fig. 10.1).



**Fig. 10.1.** Condutividade hidráulica saturada de um Latossolo Vermelho distrófico em função da macroporosidade do solo.

Fonte: Moreira (1987b).

Em Latossolo Vermelho Distrófico, Stone et al. (1994) verificaram, após sete cultivos sucessivos, que a macroporosidade, devido à aração do solo, diminuiu em relação aos valores iniciais nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade. A microporosidade, por sua vez, praticamente não foi alterada. Dessa maneira, a redução na porosidade total foi devida quase que exclusivamente à diminuição na macroporosidade. Nesse caso, observou-se que as alterações



temporais nas características dos parâmetros analisados foram visíveis devido ao manejo contínuo a que este solo foi submetido.

Independente das modificações que a aração provoca na relação entre a massa e o volume do solo, deve-se ter em conta que a ação do equipamento pode influenciar a distribuição de nutrientes no perfil do solo. Ellis & Howse (1980) observaram que o preparo superficial concentrou P e K na superfície do solo em comparação com a distribuição mais uniforme na camada arada, causada pela inversão do solo na aração mais profunda. Silveira et al. (1994) verificaram que o pH e os teores de Ca + Mg, P e K nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade foram maiores com aração feita a 15 cm, em relação à feita a 30 cm. Stone & Moreira (1996) também observaram que a aração superficial do solo proporcionou maior concentração de nutrientes na camada de 0 a 15 cm de profundidade do que a aração profunda.

Na maioria das vezes, o estudo da compactação do solo é feito em função dos sistemas de preparo que a provocam. Entretanto, para se ter idéia de como a estrutura do solo é alterada em função do preparo, é importante também que as comparações sejam feitas com o solo em suas condições naturais. Moreira (1987a), estudando os perfis de Latossolo Vermelho Distrófico em condições naturais, sob mata, e sob preparo contínuo com grade aradora e arado de aiveca, verificou que a densidade do solo e as relações de porosidade foram bastante uniformes nas camadas amostradas no solo sob mata. Já no solo trabalhado com grade aradora, observou-se aumento bastante acentuado da densidade do solo, principalmente nas duas primeiras camadas. No solo trabalhado com arado, o maior valor da densidade foi verificado na camada de 20 a 30 cm. Como existe uma relação inversa da densidade do solo com a macroporosidade, os menores valores deste parâmetro são encontrados também nas mesmas camadas (Tabela 10.1).

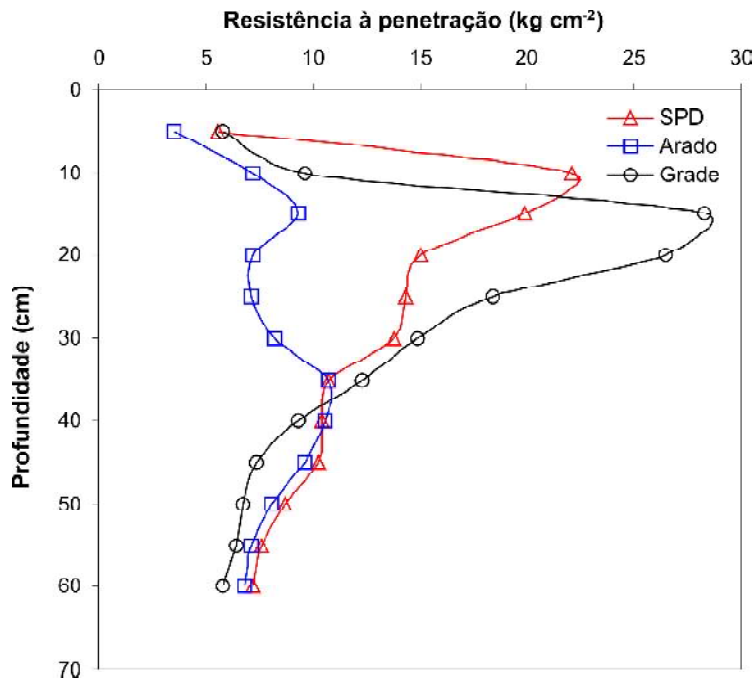
**Tabela 10.1.** Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, de Latossolo Vermelho Distrófico submetido ao preparo do solo com grade aradora e arado de aiveca.

Prof. (cm)	Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )		Porosidade total (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		Macroporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		Microporosidade (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	
	Grade	Arado	Grade	Arado	Grade	Arado	Grade	Arado
0-10	1,42	1,26	46,4	52,2	11,0	22,3	35,4	30,2
10-20	1,35	1,24	49,1	53,3	14,9	24,9	34,2	28,4
20-30	1,30	1,28	50,1	51,7	16,7	22,3	33,4	29,4
30-40	1,23	1,18	51,7	55,5	18,5	26,2	33,2	30,2

Fonte: Moreira (1987a).



A resistência que o solo oferece à penetração também é um indicativo da alteração na relação massa volume do perfil decorrente do preparo a que é submetido. Analisando dados de penetrometria, Moreira et al. (2003) observaram comportamento diferenciado entre os preparos de solo até 35 cm de profundidade (Fig. 10.2). O tratamento arado de aiveca apresentou-se mais homogêneo no perfil em relação aos outros preparos. Esse comportamento, além da ação do arado de aiveca, que deixa o solo mais revolvido, é reflexo provavelmente da maior quantidade de matéria orgânica no perfil, decorrente da incorporação de biomassa de capim braquiária desse tratamento. No tratamento grade aradora, verificou-se que a zona de maior compactação esteve na camada de 10 - 20 cm de profundidade. Comportamento semelhante, porém com menor magnitude, foi observado no tratamento SPD, sistema de plantio direto, o que já era esperado, pois, na implantação do sistema, devido ao não revolvimento do solo, ocorreu o acomodamento das partículas, o que conferiu maior compactação ao longo do perfil.



**Fig. 10.2.** Resistência à penetração de Latossolo Vermelho Distrófico em diferentes preparos de solo. Fonte: Moreira et al. (2003).





## Infiltração de água

Em relação à fase solo do ciclo hidrológico, o preparo do solo deve ter como objetivos permitir o máximo armazenamento da água no perfil de solo, sua conservação e facilitar o seu uso pelas plantas.

A obtenção de um efetivo armazenamento hídrico no perfil está na dependência das condições que o solo oferece para a infiltração, em detrimento do deflúvio, e para dificultar a circulação de água na superfície, forçando sua penetração no interior do solo.

Quando o objetivo é a produção agrícola, é normal dar mais importância à quantidade de água e sua variação temporal e espacial no perfil de solo, em detrimento de como esta se infiltra para o interior do solo, onde é passível de ser absorvida pelo sistema radicular.

A ação do trabalho do solo sobre a infiltração pode se dar pelo aumento de porosidade das camadas ou horizontes de superfície e/ou pela criação de obstáculos à circulação total ou parcial da água na superfície do solo. O aumento da porosidade normalmente é conseguido por meio de preparos que quebram ou reviram o solo, pela ação de implementos como os arados, grades e subsoladores.

A princípio, tem-se observado que esses equipamentos realmente proporcionam, em uma primeira etapa, o aumento da porosidade do solo na camada trabalhada. Entretanto, se as operações são feitas do modo contínuo, podem alterar significativamente a relação entre a massa e o volume de solo, ocasionando camadas compactadas na profundidade de atuação dos equipamentos de preparo. Conhecidos como pé-de-grade ou pé-de-arado, segundo o equipamento que a provoca, a compactação tem efeito marcante na infiltração devido à redução da seção de escoamento que o solo, principalmente pela macroporosidade, oferece à movimentação vertical da água no perfil.

Essa situação ficou bem caracterizada quando se estudou a infiltração de água em um Latossolo Vermelho Distrófico, submetido a três sistemas de preparo. Sob preparo contínuo com grade aradora, as taxas de infiltração foram bem menores que as observadas no preparo em se utilizaram diferentes arados (Fig. 10.3).

Nessas condições, o uso prolongado da grade aradora proporcionou, ao longo do perfil, camadas de restrição ao fluxo de água para o interior do solo, caracterizadas pela redução da macroporosidade e aumento da densidade do solo (Tabela 10.1).



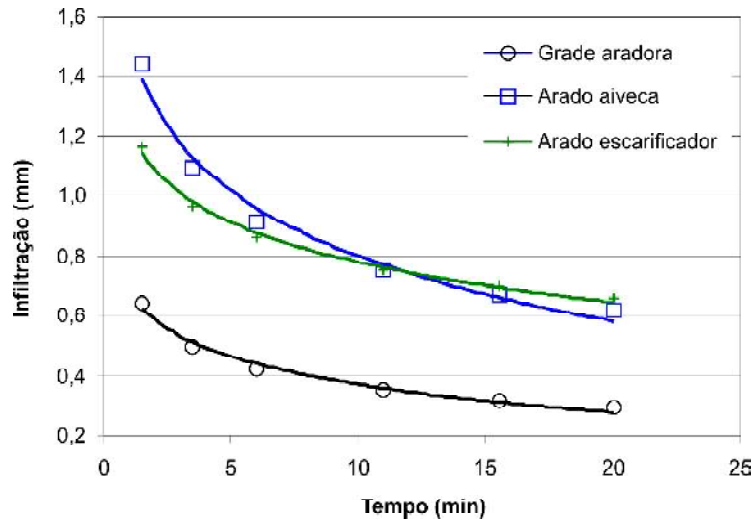


Fig. 10.3. Infiltração de água em Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes preparos de solo.

Na superfície do solo, devido à ação energética dos arados e, principalmente, das grades aradoras sobre a estrutura do solo, os equipamentos deixam a camada trabalhada “pulverizada”. Simultaneamente à pulverização do solo e os episódios de chuvas e secamento, desenvolve-se o encrostamento da superfície, também alterando as propriedades hidrodinâmicas do solo. Mesmo em trabalhos, considerados intermediários entre grade aradora e o SPD, como o arado de aiveca, o uso prolongado do equipamento pode provocar alterações nas relações de porosidade do solo.

Por outro lado, restrição à circulação da água pode ser obtida pela manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo e também por meio de uma estrutura em pequenos torrões que aumentam a rugosidade da superfície. Normalmente, os preparos conservacionistas, entre eles o SPD, proporcionam essas condições.

A energia cinética das gotas de chuva é absorvida na superfície pelos agregados e partículas do solo. A consequência imediata desse fato é a destruição da rugosidade estrutural e o nivelamento da superfície do solo. Esse fenômeno de superfície é o principal responsável pelo encrostamento superficial e o selamento ou obstrução dos poros, que podem afetar a taxa de infiltração de água, principalmente em solos sem proteção superficial. Esses efeitos nos solos dos Cerrados têm sua ação potencializada devido à dificuldade



na proteção da superfície do solo, em função da rápida degradação dos restos de cultura. Roth et al. (1988), trabalhando com um oxisol submetido a diferentes preparos, entre os quais o convencional, o cultivo mínimo e o plantio direto, verificaram que o principal fator que influenciou a infiltrabilidade foi a formação de superfícies selantes, decorrente do percentual de cobertura do solo. Para os três sistemas, 100% de cobertura da superfície permitiu ao solo a infiltração de 60 mm de chuva, enquanto somente 20% da água aplicada infiltrou quando o solo esteve descoberto e a superfície completamente selada.

Restos de culturas deixados no solo freqüentemente reduzem a força dos fatores climáticos, agindo como barreira à erosão do solo e ao escoamento superficial, principalmente pela moderação da energia contida nas gotas de chuva que caem sobre o solo. Nessas condições, é importante salientar que o nível da cobertura superficial é mais importante que o preparo do solo.

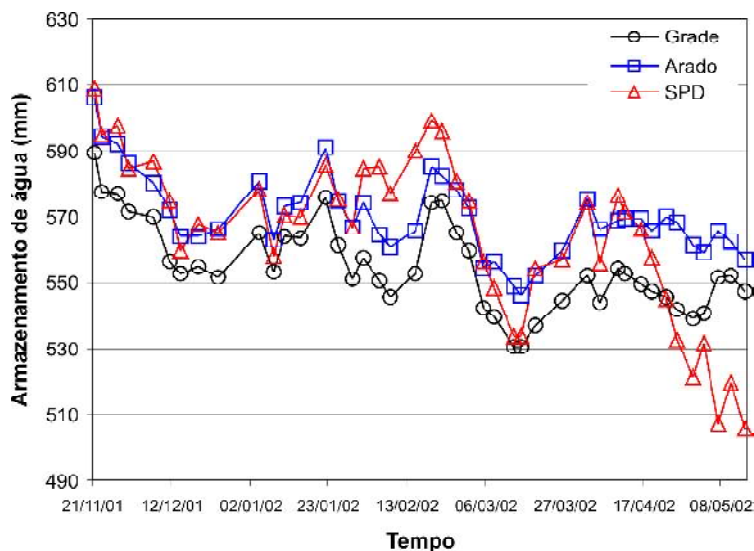
Entretanto, a prática do SPD com uma quantidade significativa de resíduos, proporcionando uma cobertura adequada, assegura a proteção física eficaz da superfície do solo. Nesse caso, a energia cinética da chuva é dissipada pela palhada, que age como um anteparo protetor. Assim, a quantidade de água que atravessa a camada de palha chega ao solo com a velocidade reduzida e pode se infiltrar lentamente sem deformar a matriz original do solo. Em solos com maior declividade, mesmo a água que não se infiltra imediatamente tem a sua velocidade reduzida devido à presença de uma estrutura peculiar que confere à superfície do solo um microrelevo rugoso constituído de pequenos torrões, que aumenta significativamente a tortuosidade do terreno, aumentando o tempo de oportunidade para a infiltração da água. Moreira et al. (2003), trabalhando com Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram que no SPD com cobertura de capim braquiária o perfil de solo foi mais efetivo em permitir a infiltração de água que no sistema convencional com grade aradora e solo descoberto. O parâmetro analisado foi a condutividade hidráulica saturada e os valores alcançados foram 137, 5 e 41,1 mm h<sup>-1</sup>, para o SPD e grade aradora, respectivamente.

### **Armazenamento e retenção de água**

Além da porosidade e cobertura superficial, o armazenamento de água no perfil de solo e suas flutuações temporais e espaciais podem ser um indicativo da eficiência do solo em permitir a infiltração da água. Moreira (1987a), trabalhando com Latossolo Vermelho



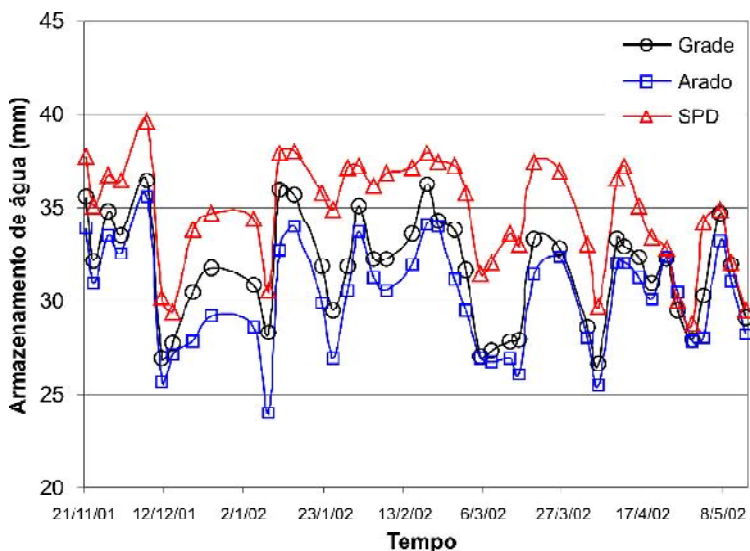
Distrófico, submetido a diferentes preparos, verificou que o armazenamento hidrico até 170 cm de profundidade foi sempre superior no solo sob SPD em comparação àqueles trabalhados com arado de aiveca e grade aradora (Fig. 10.4). Analisando isoladamente as camadas de solo, o autor verificou que na profundidade de 0 a 10 cm, no solo sob grade, de dezembro de 2001 a março de 2002, houve sempre mais água armazenada no perfil em relação ao solo preparado com arado de aiveca (Fig. 10.5). Sabe-se que nas tensões matriciais mais baixas, a distribuição do tamanho dos poros é altamente correlacionada com o armazenamento de água no solo. Dessa maneira, aqueles sistemas de preparo que provocam maior revolvimento do solo e, portanto, aumentam o seu volume, como é o caso do preparo com arado de aiveca, armazenam menos água na camada revolvida em comparação à outra camada idêntica mais compactada, como observada no preparo com grade (Tabela 10.1). Entretanto, em que pese o menor armazenamento de água, o preparo de solo com arado proporciona ao perfil uma melhor condição de macroporosidade que permite maior desenvolvimento do sistema radicular e infiltração de água.



**Fig. 10.4.** Armazenamento de água na camada de 0 - 170 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes preparos de solo.

Fonte: Moreira (1987a).





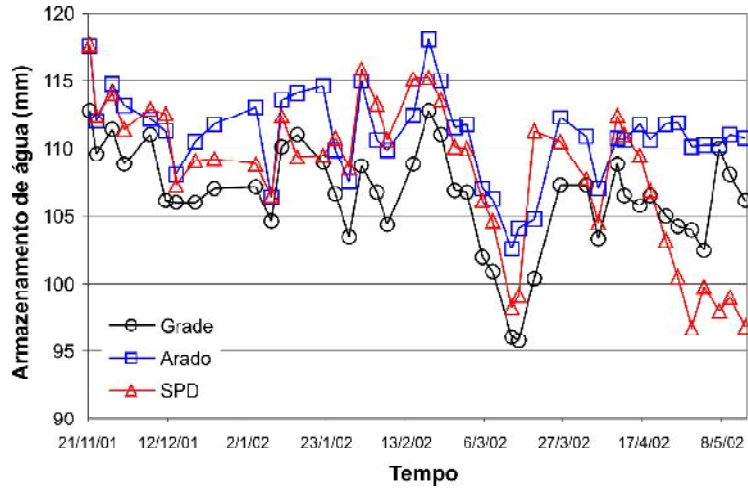
**Fig. 10.5.** Armazenamento de água na camada de 0 - 10 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes preparos de solo.

Fonte: Moreira (1987a).

De acordo com Raissac & Moreira (1987a) o comportamento hídrico na camada 0 a 10 cm do solo preparado com arado provém da ação conjunta de três fatores: evaporação direta da superfície do solo; absorção de água pelo sistema radicular do arroz; e rápida infiltração da água para as camadas mais profundas do solo. Isso é confirmado analisando-se o armazenamento de água nas camadas mais profundas, de 20 a 40 cm (Fig. 10.6) e 60 a 80 cm (Fig. 10.7). O armazenamento sempre superior no solo sob arado confirma a melhor recarga de água nesse sistema de preparo em relação ao preparo com grade.

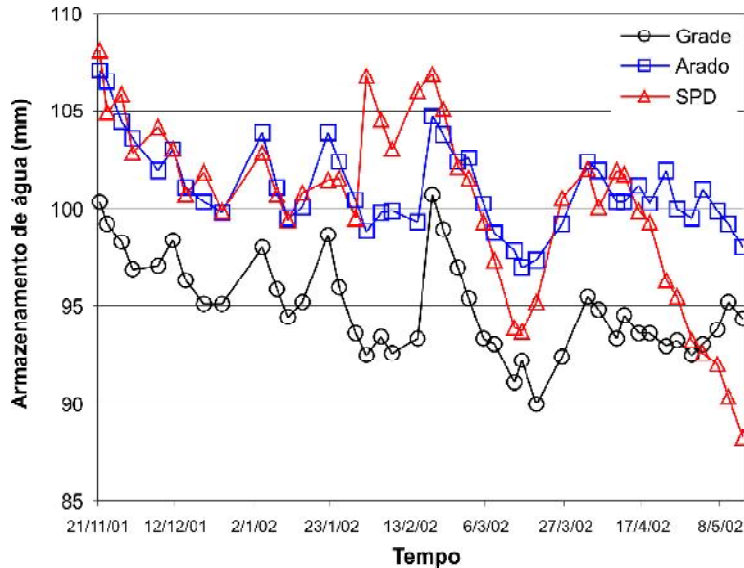
Em solos preparados continuamente, independente do equipamento utilizado, geralmente há diminuição da porosidade total, principalmente pela redução da macroporosidade, com o conseqüente aumento da densidade (Moreira, 1987a). Em muitos casos, essa compactação aumenta a retenção de água a um dado potencial matricial sem, contudo, aumentar a água disponível para as plantas (Moreira et al., 1988). De fato, Stone et al. (1994) verificaram que a água disponível entre -0,01 e -0,1 MPa, amplitude de faixa de água disponível para a maioria das culturas nos oxissolos, diminuiu com a compactação. O valor da água disponível na camada de 0 - 20 cm caiu de 10,6 mm para 8,0 mm e, na camada de 20 a 40 cm, de 9,0 mm para 7,2 mm.





**Fig.10.6.** Armazenamento de água na camada de 20 a 40 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes preparos de solo.

Fonte: Moreira (1987a).



**Fig.10.7.** Armazenamento de água na camada de 60 a 80 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes preparos de solo.

Fonte: Moreira (1987a).



Estudando parâmetros hídricos de curvas de retenção de água de Latossolo Vermelho Distrófico, Moreira et al. (2003) observaram que a umidade do solo à saturação,  $\theta^2$  indicativo da porosidade total, foi bastante reduzida nas camadas 10 à 20 e 20 a 30 cm do solo, quando este foi trabalhado com grade aradora. Quando o trabalho foi feito com arado de aiveca, as camadas de menor porosidade foram observadas nas profundidades de 20 a 30 e 30 a 40 cm. Em ambos os preparos observa-se que as camadas compactadas aconteceram nas profundidade de atuação dos equipamentos, ocasionando os chamados pé-de-grade e pé-de-arado, respectivamente. No solo sob plantio direto, a camada de maior densidade ocorreu na profundidade de 30 a 40 cm, possivelmente devido à ação do arado de aiveca, equipamento utilizado antes da implantação do SPD (Tabela 10.2).

**Tabela 10.2.** Parâmetros das curvas de retenção de água.

Tratamento <sup>(1)</sup>	Profundidade (cm)	$\theta^{(2)}$ (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	$\theta^{(3)}$ (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	$\alpha^{(4)}$ (kPa <sup>-1</sup> )	$\eta^{(5)}$
SPD	0-10	0,49	0,21	0,167	1,597
	10-20	0,48	0,18	0,184	1,676
	20-30	0,48	0,18	0,189	1,785
	30-40	0,46	0,20	0,156	1,719
AA	0-10	0,52	0,16	0,189	1,936
	10-20	0,52	0,17	0,195	1,732
	20-30	0,48	0,19	0,193	1,683
	30-40	0,48	0,20	0,185	1,725
GA	0-10	0,47	0,17	0,173	1,721
	10-20	0,44	0,20	0,222	1,526
	20-30	0,44	0,17	0,157	1,676
	30-40	0,47	0,16	0,158	1,861

<sup>(1)</sup> SPD- sistema de plantio direto, AA- arado de aiveca, GA- grade aradora

<sup>(2)</sup> umidade de saturação

<sup>(3)</sup> umidade residual

<sup>(4)</sup> parâmetro empírico de ajuste

<sup>(5)</sup> parâmetro empírico adimensional de ajuste

Fonte: Moreira et al. (2003).

A princípio, com o comportamento do perfil de solo em relação ao seu espaço poroso, era de se esperar menor infiltração de água e, conseqüentemente, menor armazenamento de água no SPD. Entretanto, analisando-se a Fig. 10.3, observa-se que os tratamentos SPD e arado de aiveca tiveram comportamento semelhante quanto à quantidade de



água armazenada no perfil durante o ciclo de cultivo do arroz. Embora os dados indiretos de porosidade total sinalizassem uma dificuldade de infiltração de água, o solo no SPD encontrava-se protegido pela cobertura morta, além da rugosidade superficial. Assim, aliando-se o efeito da cobertura ao da maior estabilidade estrutural, a infiltração de água no SPD foi elevada, ocasionando menor perda por escoamento superficial. No tratamento grade aradora, o armazenamento de água foi menor que o verificado nos tratamentos SPD e arado de aiveca. Por não dispor de uma superfície adequadamente protegida, solos preparados com grade aradora tendem a formar camadas compactadas que dificultam a recarga de água no perfil. Como os três tratamentos receberam a mesma precipitação pluvial, provavelmente a diferença de conteúdo água foi devida à perda por escoamento superficial.

### **Desenvolvimento de raízes**

Em geral, a baixa produtividade média do arroz de terras altas, no Brasil, é resultante, basicamente, de dois fatores: má distribuição das chuvas nas principais regiões produtoras e aplicação de quantidades insuficientes de adubos e corretivos.

A maior parte das áreas de produção está localizada na região dos Cerrados, onde a estação chuvosa é freqüentemente interrompida por períodos de seca, os veranicos. A alta demanda atmosférica durante esses períodos, associada à baixa capacidade de retenção de água, resultam em déficits hídricos que podem causar severas perdas na produção.

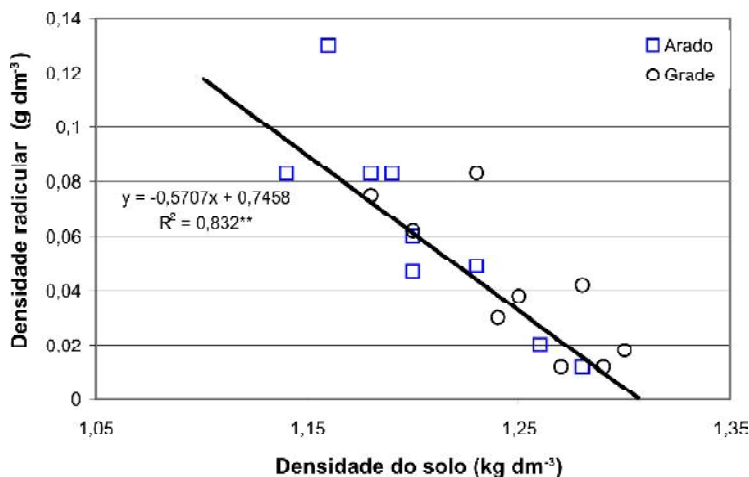
De acordo com Raissac & Moreira (1987b), para o aumento da produtividade do arroz em oxissolos, o preparo do solo deve contribuir para: diminuição da compactação superficial; aumento da profundidade de enraizamento; aumento da reserva útil radicular; e maior desenvolvimento da parte aérea.

Além do aspecto químico, a interferência do solo no desenvolvimento do sistema radicular pode ser de natureza física. Assim, um melhor enraizamento pode ser decorrente da diminuição da densidade do solo na parte superficial. Raissac & Moreira (1987b), estudando a relação densidade do solo e do sistema radicular do arroz, observaram que existe correlação negativa entre esses dois parâmetros (Fig. 10.8), mostrando que independente do sistema de preparo, a compactação na superfície do solo resulta em limitação do desenvolvimento do sistema radicular. Entretanto, em que pese uma





certa variabilidade, os pontos representativos do preparo com arado mostram a superioridade desse sistema de preparo do solo no estabelecimento do sistema radicular.



**Fig. 10.8.** Densidade radicular do arroz de terras altas em função da densidade de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido ao preparo do solo com arado de aiveca e grade aradora.

Fonte: Raissac & Moreira (1987b).

Latossolos de Cerrados em condições naturais geralmente têm sua macroporosidade variando de 0,250 a 0,300 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Valores dessa magnitude podem sugerir uma ampla faixa de tolerância à compactação do solo em relação ao desenvolvimento do sistema radicular. Necessariamente isto deve ser considerado com muita cautela, visto que Grohmann & Queiroz Neto (1966), trabalhando com solos compactados, verificaram que houve impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular do arroz, quando a densidade do solo alcançou valores superiores a 1,38 kg dm<sup>-3</sup> em Latossolo Roxo. Nessa densidade, a macroporosidade foi 0,168 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Em Latossolo Vermelho Distrófico trabalhado com grade aradora, a macroporosidade foi de 0,140 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, com a respectiva densidade de 1,40 kg dm<sup>-3</sup>. Pode-se esperar, portanto, nesse grande grupo de solo, comum nos Cerrados, problemas de desenvolvimento e penetração do sistema radicular em profundidade, quando a macroporosidade e a densidade do solo alcançarem esses valores. De fato, Guimarães et al. (2002), estudando os efeitos de densidades do solo sobre o desenvolvimento do arroz de terras altas em Latossolo Vermelho Distrófico, verificaram que o sistema radicular do arroz é muito sensível à compactação do solo, diminuindo seu crescimento com o aumento da densidade do solo a partir de 1,2 kg dm<sup>-3</sup>.



## Consumo de água

Quando o solo apresenta uma camada subsuperficial compactada, os efeitos da deficiência hídrica são mais acentuados, devido ao menor desenvolvimento das raízes em profundidade e ao menor armazenamento de água. Nessas condições, a mobilização do solo, objetivando a eliminação da camada compactada, pode minimizar os efeitos do déficit hídrico. Foi o que verificaram Moreira & Raissac (1990), ao estudarem a alimentação hídrica do arroz cultivado em Latossolo Vermelho Distrófico, com preparo profundo, 25 a 30 cm, e sistema radicular bem desenvolvido e com preparo superficial contínuo, 10 a 15 cm, com menor densidade radicular. Para a determinação do consumo de água foi feito o estudo do balanço hídrico, durante 21 dias do mês de janeiro e 20 dias do mês de fevereiro de 1987. Esses períodos foram marcados pela baixa precipitação, caracterizando épocas de déficit hídrico no solo e grande demanda de água pelo arroz. A evolução do plano de fluxo nulo foi determinada para quantificar os fluxos ascendentes de água no solo, evapotranspiração da cultura (ETc) e descendentes, drenagem profunda. Verificou-se que o arroz cultivado em solo com preparo profundo alcançou, durante os 41 dias, o equivalente a 150 mm de ETc, o que proporcionou o consumo médio diário de 3,7 mm. Para o arroz cultivado em solo com preparo superficial a ETc foi de 120 mm, com média diária de 2,9 mm.

## Produtividade de grãos

Muitas vezes a relação entre a produtividade de arroz e diferentes sistemas de preparo do solo é analisada levando-se em consideração a exploração agrícola em monocultura contínua. Estudando duas profundidades de aração proporcionadas por arado de disco e grade aradora, Raissac & Moreira (1987b) verificaram, após três anos de cultivo, que a produtividade de grãos e seus componentes foram afetados pelo sistema de preparo (Tabela 10.3). Nesse estudo, a ação principal da aração profunda feita a 25 - 30 cm de profundidade foi minimizar os efeitos do déficit hídrico pela maior infiltração de água e desenvolvimento do sistema radicular. Silveira et al. (1994) também obtiveram maiores produtividades com aração a 30cm em relação à profundidade de 15cm. Nesse caso, de acordo com os autores, as diferenças foram devidas, possivelmente, à redução da compactação do solo. Entretanto, em solos sem problemas de compactação, Robertson et al. (1977) e Camp et al., (1984) observaram que o preparo profundo não aumentou a produtividade e que, por ser uma operação dispendiosa, requerendo



equipamentos que demandam mais energia que o preparo convencional, o seu uso não deve ser generalizado. De fato, Stone & Moreira (1996) verificaram que, independente das condições hídricas do solo e na ausência de camada compactada, a produtividade do arroz é maior quando a aração é feita a 10 a 15 cm de profundidade em comparação com a feita a 30 - 35cm. A aração na profundidade de 10 a 15 cm proporcionou maior concentração de nutrientes na camada superficial do solo. Como não houve impedimento físico ao desenvolvimento das raízes, as maiores produtividades podem ser atribuídas à maior exploração da camada superficial do solo mais fértil.

**Tabela 10.3.** Componentes da produtividade e algumas características do arroz de terras altas cultivado em Latossolo Vermelho Distrófico submetido ao preparo de solo com arado e grade aradora.

Preparo do solo	Altura de planta (cm)	Massa seca de palha (t ha <sup>-1</sup> )	Plantas (nº m <sup>-2</sup> )	Paniculas (nº m <sup>-2</sup> )	Espiguetas vazias (%)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )
Grade	95,3	2,48	116	111	38,1	1,9
Arado	116,8	2,89	134	129	36	2,8

Fonte: Raissac & Moreira (1987b).

Com o aumento da área irrigada por aspersão, sistema pivô central, é possível aumentar a produtividade das culturas em um sistema de exploração agrícola intensivo. A utilização de culturas diferentes, tanto no cultivo de verão quanto no cultivo de inverno, associada aos diferentes sistemas de preparo de solo, permite a criação de diversos sistemas agrícolas. O arroz é uma cultura frequentemente utilizada em sucessão às culturas de inverno, como o feijoeiro. Como o arroz é cultivado durante o período chuvoso, o uso da irrigação afasta os riscos de perdas da lavoura por deficiência hídrica. Nessas condições, o preparo do solo, além da manutenção do nível de produtividade, deve contribuir para a redução do custo de produção. Assim, Santos et al. (1997), estudando sistemas agrícolas irrigados por aspersão, verificaram que o plantio direto, apesar de proporcionar o menor custo de produção, foi menos eficiente que os preparos com grade aradora e com arado quanto à produtividade do arroz. O preparo com arado proporcionou aumento de 12,5% na produção, quando comparado com o preparo com grade. Stone et al. (1980) e Kluthcouski et al. (2002) também observaram baixas produtividades do arroz cultivado em áreas sob o plantio direto. Com relação à utilização do arado de aiveca, Stone et al. (1994), estudando cultivos sucessivos de



arroz e feijão, verificaram uma queda em torno de 50% na produtividade do arroz de terras altas no final de três anos de cultivo. Nesse caso, observa-se que ao longo do tempo a repetição do cultivo do arroz, na mesma área e época, foi mais importante que o equipamento utilizado, pois, no primeiro ano de cultivo, a produtividade média do arroz esteve em torno de 3.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Pelo que foi analisado, as possibilidades de se aumentar a produtividade do arroz variam muito com o sistema de preparo de solo empregado dentro de um sistema de exploração agrícola. Por isso, para a descrição de um manejo adequado do solo para a cultura do arroz é necessário compreender que a resposta física do perfil às diferentes operações de preparo é bastante diferenciada. A classe de solo, o conteúdo de água, o espaço poroso do solo na época do preparo, bem como a cultura antecedente são fatores que afetam as condições físicas criadas em uma dada operação de preparo.

## REFERÊNCIAS

BOWERS JUNIOR, C. G. Southeastern tillage energy data and recommended reporting. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 3, p. 731-737, May/June 1985.

BOWERS JUNIOR, C. G. Tillage draft and energy measurements for twelve southeastern soil series. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, n. 5, p. 1492-1502, Sept./Oct. 1989.

BRIDGES, T. C.; SMITH, E. M. A method for determining the total energy input for agricultural practices. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 4, p. 781-784, July/Aug. 1979.

CAMP, C. R.; CHRISTENBURY, G. D.; DOTY, C. W. Tillage effects on crop yield in coastal plain soils. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 27, n. 6, p. 1729-1733, Nov./Dec. 1984.

CASTRO, O. M. de. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Série Técnica, 3).

CORREA, J. C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um latossolo amarelo muito argiloso do Estado de Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 11, p. 1317-1322, nov. 1985.

DOWDING, E.; FERGUNSON, J. A.; BECKER, C. F. Comparison of four summer-fallow tillage methods based on seasonal tillage energy requirement, moisture conservation, and crop yield. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 10, n. 1, p. 1-3, 8, 1967.

ELLIS, F. B.; HOWSE, K. R. Effects of cultivation on the distribution of nutrients in the soil and the uptake of nitrogen and phosphorus by spring barley and winter wheat on three soil types. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 35-46, Nov. 1980.

EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação. **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz em regiões favorecidas**: zonas 31, 36, 40, 64, 83 e 89. Brasília, DF, 1992a. 124 p.



EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação. **Recomendações técnicas para arroz irrigado no Centro-Oeste, Norte e Nordeste**: zonas 1, 15, 17, 40, 43, 58, 59, 61, 77 e 78. Brasília, DF, 1992b. 140 p.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; ALONSO, A. dos S. Influência do teor de água no solo na demanda de tração de um arado de disco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBEA, 1991a. p. 58.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B.; ALONSO, A. dos S. Influência do ângulo horizontal de arado de discos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBEA, 1991b. p. 59.

FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M.; ALONSO, A. dos S. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de um arado de discos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBEA, 1991. p. 58.

FRISBY, J. C.; SUMMERS, J. D. Energy-related data for select implements. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1010-1011, Sept./Oct. 1979.

GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI JUNIOR, J. A. Análise do consumo de combustível e da capacidade de campo de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais..** São Paulo: SBEA, 1986. p. 1-9.

GILL, W. R.; VANDEN BERG, G. E. **Soil dynamics in tillage and traction**. Washington: USA, 1968. 511 p. (Agricultural Handbook, 316).

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; VERNETTI JUNIOR, F de J.; SOUSA, R. O. de. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 349-386.

GROHMANN, F.; QUEIROZ NETO, J. P. de. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 38, p. 421-431, dez. 1966.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 213-218, maio/ago. 2002.

GUMBS, F. A.; SUMMERS, D. Effect of different tillage methods on fuel consumption and yield of maize. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 62, n. 3, p. 185-189, 1985.

HOOGMOED, W. B.; DERPSCH, R. Chisel plowing as an alternative tillage system in Parana, Brasil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 53-67, Sept. 1985.

KLUTHCOUSKY, J., AIDAR, H.; THUNG, M., OLIVEIRA, I. P. de. Efeito do manejo do solo sobre algumas de suas propriedades físicas, enraizamento e rendimento do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ. 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 343-345. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

MAZUCHOWSKI, J. Z.; DERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba: ACARPA, 1984. 68 p.



MICHEL JUNIOR, J. A.; FORNSTROM, K. J.; BORRELLI, J. Energy requirements of two tillage systems for irrigated sugarbeets, dry beans and corn. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 6, p. 1731-1735, Nov./Dec. 1985.

MOREIRA, J. A. A. Alterações nas características físicas de latossolo vermelho-escuro (LE) causadas pelo preparo do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987a. p. 102. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).

MOREIRA, J. A. A. **Caracterização dos solos do CNPAF**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1987b. 22 p.(EMBRAPA. PNP Feijão. Projeto 002.83.067/7). Relatório final.

MOREIRA, J. A. A.; RAISSAC, M. M. de. Efeito do preparo do solo na alimentação hídrica do arroz de sequeiro, cultivado em latossolo vermelho-escuro(LE) de Goiânia, GO. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., 1990, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. p. 77. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 26).

MOREIRA, J. A. A.; CORREA, J. R.; MONCAIO, R. A. Efeito da compactação do solo nas relações de porosidade e retenção de água de dois latossolos do Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DO SOLO, 7., 1988, João Pessoa. **Programa e resumos...** João Pessoa: UFPb, 1988. p. 87.

MOREIRA, J. A. A. ; STONE, L. F.; DOUZET, J. M. Influência do preparo e cobertura do solo nas características físicas-hídricas de um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Novas fronteiras: desafios para a engenharia agrícola: anais**. Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

RAISSAC, M. M. de ; MOREIRA, J.A.A. **Influência do preparo do solo sobre o desenvolvimento da planta, o uso da água e a produção**: relatório de atividades 86/87. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1987a. Não paginado.

RAISSAC, M. M. de; MOREIRA, J. A. A. Agrophysiology of riz pluvial. In: IRAT (França). **Rapport annuel du projet de cooperation riz pluvial**: 1984-1985. Paris: IRAT, 1987b. Não paginado.

ROBERTSON, L. S.; ERICKSON, A. E.; HANSEN, C. M. **Tillage systems for Michigan soils and crops**. Part I: deep, primary, supplemental and no-till. East Lansing: Michigan Agricultural Experimental Station, 1977. 8 p. (Bulletin, E-104).

ROTH, C. H.; MEYER, B.; FREDE, H. G.; DERPSCH, R. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an oxisol in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 81-91, Feb. 1988.

SANTOS, A. B. dos ; SILVA, O. F. da; FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 3, p. 317-327, mar. 1997.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G. da.; BLUMENSCHIEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo**: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 26 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica,17).

SILVA, S. C. da; MOREIRA, J. A. A. Alterações nas características físicas de latossolo vermelho-amarelo (LV) submetido ao preparo do solo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 106. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).



SILVEIRA, P. M.; da SILVA, S. C.; SILVA, O. F. da; DAMACENO, M. A. Estudo de sistemas agrícolas irrigados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 8, p. 1243-1252, ago. 1994.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação potássica e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 12, p. 885-895, dez. 1996.

STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos; STEINMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento do arroz-de-sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 63-68, jan. 1980.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; ZIMMERMANN, F. J. P. Características físico-hídricas e químicas de um latossolo após adubação e cultivos sucessivos de arroz e feijão, sob irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 533-539, set./dez. 1994.

SUMNER, H. R.; HELLWIG, R. E.; MONROE, G. E. Measuring implement power requirements from tractor fuel consumption. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 29, n. 1, p. 85-89, Jan./Feb. 1986.

SUMMERS, J. D.; KHALILIAN, A.; BATCHELDER, D. G. Draft relationships for primary tillage in Oklahoma soils. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 29, n. 1, p. 37-39, Jan./Feb. 1986.

WILLCOCKS, T. J. Tillage requirements in relation to soil type in semi-arid rainfed agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 30, n. 4, p. 327-336, 1984.

WU, Z.; KJELGAARD, W. L.; PERSSON, S. P. E. Machine width for time and fuel efficiency. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 29, n. 6, p. 1508-1513, Nov./Dec. 1986.



# Nutrição Mineral

*Nand Kumar Fageria*

**RESUMO** - A nutrição mineral refere-se ao suprimento, à absorção e à utilização de nutrientes essenciais pela planta. A produtividade das culturas é influenciada por vários fatores e a disponibilidade de nutrientes, na quantidade e na proporção adequadas, constitui um dos principais. Para o crescimento normal das culturas são considerados 16 nutrientes essenciais: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), boro (B) e cloro (Cl). Em solo de Cerrados, a deficiência de P é a que mais limita a produtividade da cultura de arroz, enquanto em solo de várzea, é a deficiência de N, seguida das de P e K. Os principais métodos de avaliação da deficiência nutricional são a observação dos sintomas visuais e a realização de análises químicas da planta e do solo. No Brasil, a análise de solos é comumente usada para avaliar a necessidade nutricional das culturas. A otimização da eficiência nutricional é fundamental para aumentar a produtividade e reduzir o custo de produção. Vários fatores, como clima, solo, planta e suas interações afetam a absorção e a utilização de nutrientes pelas plantas. Para a eficiência máxima de nutrientes, todos estes fatores devem ter nível ótimo durante o desenvolvimento da cultura. Um modelo de manejo integrado de nutrientes é apresentado neste capítulo.

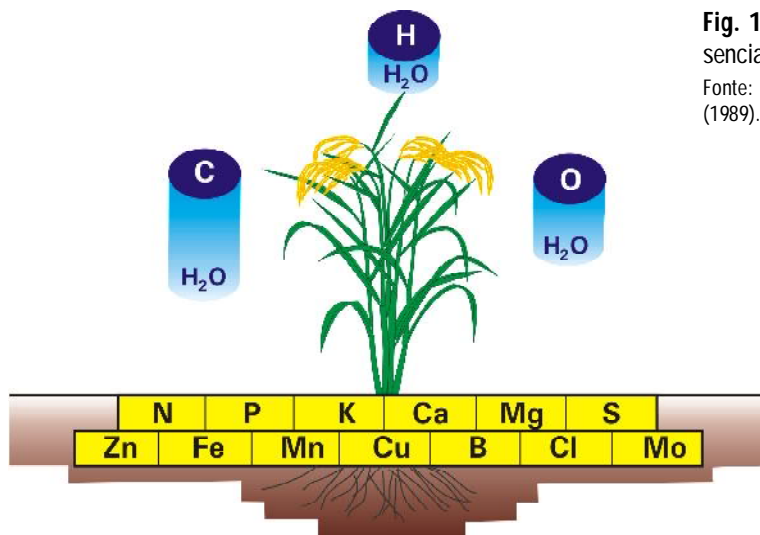
## INTRODUÇÃO

A nutrição mineral envolve o fornecimento, a absorção e a utilização de nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Os nutrientes essenciais para as plantas estão relacionados na Fig. 11.1, e suas formas de absorção, na Tabela 11.1. A essencialidade dos nutrientes C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S e Fe foi descoberta entre 1806 e 1865, e a dos nutrientes Mn, Cu, Mo, B e Cl, entre 1922 e 1954 (Glass, 1989). Os critérios de essencialidade são: 1) na ausência do nutriente em questão, a planta não completa o seu ciclo de vida; 2) o nutriente não pode ser substituído por nenhum outro, por mais parecido que seja; e 3) o nutriente em questão afeta diretamente a vida da planta, em vez de, com sua presença, simplesmente modificar condições básicas, químicas ou biológicas do meio, desfavoráveis à planta. Com base nestes critérios, 16 nutrientes foram evidenciados até agora como essenciais às plantas. É importante salientar que a essencialidade de cada um foi estabelecida em solução nutritiva como meio de crescimento da planta. A solução nutritiva oferece a oportunidade de manipulação da concentração e da proporção de nutrientes, que não pode ser obtida facilmente utilizando-se solo como meio de crescimento. Desse modo, a





técnica de solução nutritiva é considerada fundamental para a pesquisa básica na área de nutrição de plantas.



**Fig. 11.1.** Nutrientes essenciais para as plantas.

Fonte: Adaptada de Fageria (1989).

**Tabela 11.1.** Principais formas de absorção dos nutrientes essenciais para as plantas.

Nutriente	Forma de absorção	Nutriente	Forma de absorção
Carbono (C)	CO <sub>2</sub>	Enxofre (S)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>2</sub>
Oxigênio (O)	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	Zinco (Zn)	Zn <sup>2+</sup>
Hidrogênio (H)	H <sub>2</sub> O	Ferro (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>
Nitrogênio (N)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Manganês (Mn)	Mn <sup>2+</sup>
Fósforo (P)	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Boro (B)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Potássio (K)	K <sup>+</sup>	Cobre (Cu)	Cu <sup>2+</sup>
Cálcio (Ca)	Ca <sup>2+</sup>	Molibdênio (Mo)	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Magnésio (Mg)	Mg <sup>2+</sup>	Cloro (Cl)	Cl <sup>-</sup>

Fonte: Fageria et al. (1997).

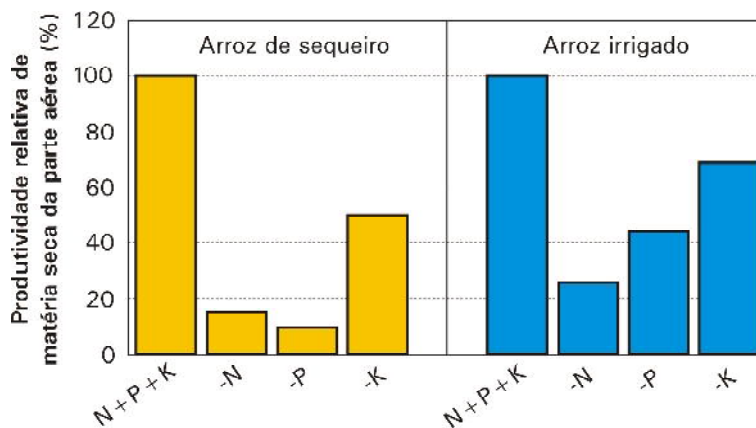
Os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S são requeridos em maior quantidade, sendo, por isso, chamados de macronutrientes. Por outro lado, os nutrientes Zn, Fe, Mg, Cu, B e Mo são necessários em pequena quantidade e são chamados de micronutrientes. A planta acumula Cl em quantidade quase igual a dos macronutrientes mas este nutriente é classificado como micronutriente porque a quantidade necessária para a planta é pequena (Mengel et al., 2001; Fageria et al., 2002). Todos os nutrientes são igualmente importantes para o crescimento da planta e a separação entre macro e micronutrientes obedece ao critério quantitativo. Os macronutrientes participam na formação da estrutura da planta e, por



isso, são necessários em maior quantidade. Os micronutrientes participam principalmente em processos enzimáticos da planta, sendo exigidos, portanto, em menor quantidade (Marschner, 1986).

## FUNÇÕES DOS NUTRIENTES

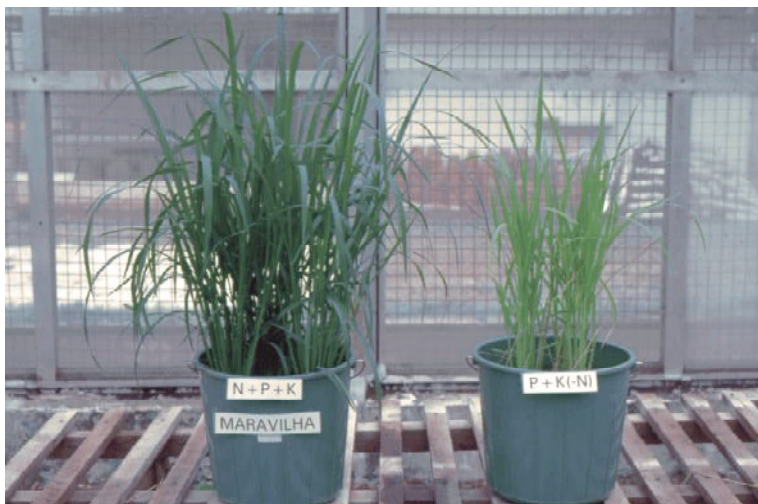
Cada nutriente desempenha funções definidas dentro da planta e todos devem atuar conjuntamente para produzir melhores resultados. Neste sentido, com base em resultados obtidos na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, é apresentado, na Fig. 11.2, um exemplo dos efeitos da aplicação de N, P e K no crescimento do arroz. A produtividade máxima foi obtida com a presença dos três nutrientes aplicados juntos, em quantidades adequadas. Quando cada um destes nutrientes foi omitido no solo, a produtividade da massa seca da parte aérea diminuiu significativamente. Nas Fig. 11.3, 11.4 e 11.5 é mostrado o crescimento da planta de arroz com e sem N, P e K. Para o arroz de terras altas, em solos de Cerrados, o fósforo é relativamente mais limitante, seguido do nitrogênio e do potássio. Fageria & Baligar (1997a, 2001) também relataram que o P limita mais a produtividade do arroz de terras altas em solo de Cerrados que qualquer outro nutriente. O P também é importante no desenvolvimento do sistema radicular do arroz de terras altas (Fig. 11.6). No sistema de cultivo irrigado com lâmina de água, em solos de várzea, o N é mais limitante do que o P e o K (Fageria et al., 2003). Desse modo, para a cultura de arroz, deve ser dada maior ênfase à pesquisa para P em solos de Cerrados, e para N, em solos de várzea. As funções mais importantes de cada nutriente essencial estão resumidas na Tabela 11.2.



**Fig. 11.2.** Resposta da planta de arroz à aplicação de N, P e K em solos de Cerrados e de várzea. Fonte: Adaptada de Baligar & Fageria (1997); Fageria et al. (1997).

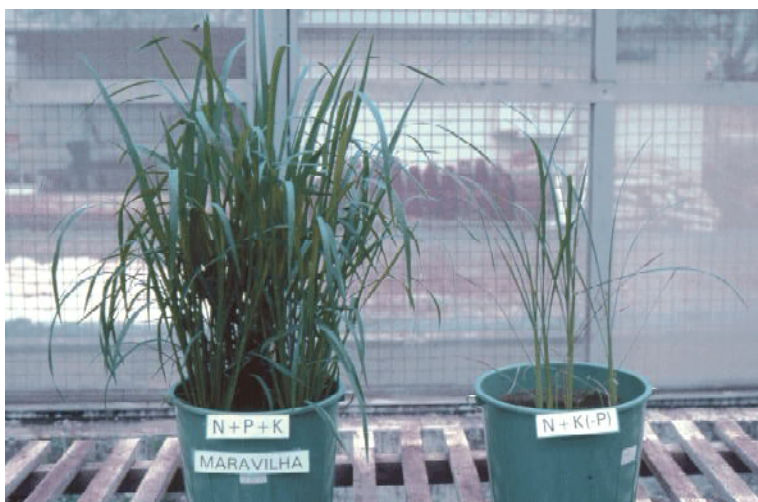


Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 11.3.** Crescimento da planta de arroz de terras altas com a aplicação de N, P e K (esquerda) e sem N (direita).

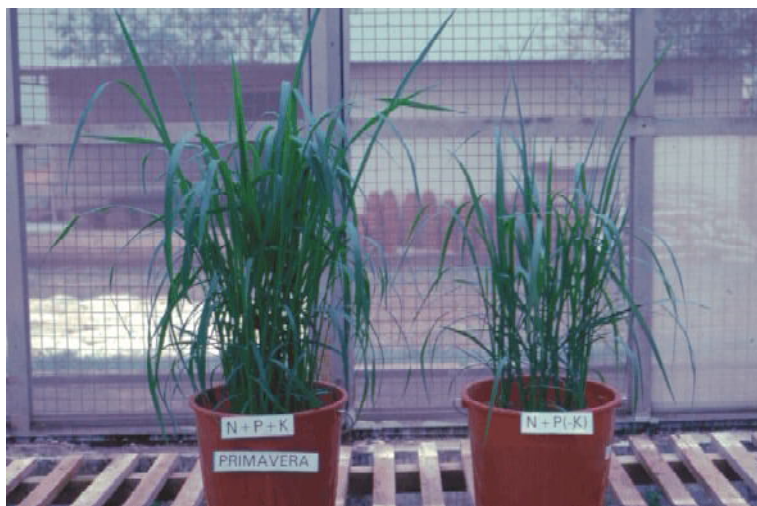
Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 11.4.** Crescimento da planta de arroz de terras altas com a aplicação de N, P e K (esquerda) e sem P (direita).

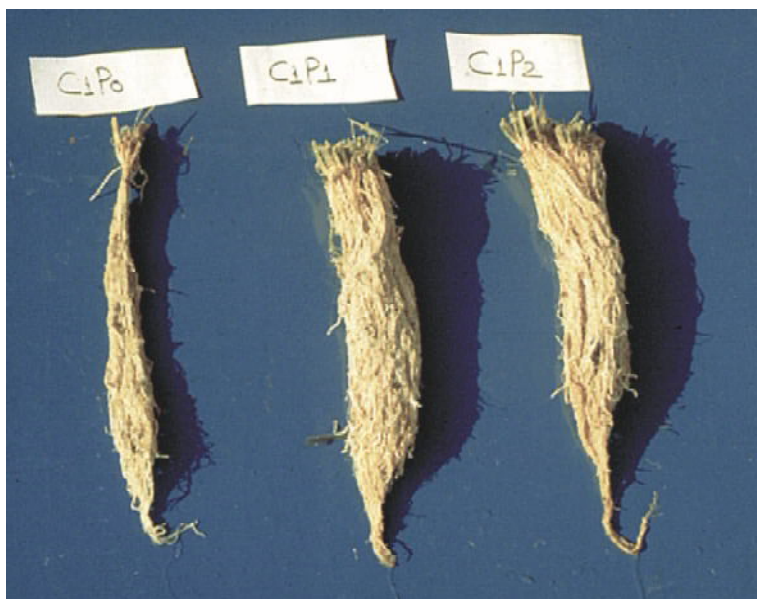


Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 11.5.** Crescimento da planta de arroz de terras altas com a aplicação de N, P e K (esquerda) e sem K (direita).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 11.6.** Influência de doses crescentes de P (0, 50 e 175 mg P kg<sup>-1</sup> de solo) no desenvolvimento do sistema radicular do arroz de terras altas.



**Tabela 11.2.** Principais funções dos nutrientes essenciais na planta.

<b>Nutriente</b>	<b>Função</b>
Carbono	Componente básico de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos.
Oxigênio	Mais ou menos igual ao carbono. Faz parte de compostos em quase todas as partes da planta.
Hidrogênio	Exerce papel importante no metabolismo da planta, no balanço iônico e na energia celular. É o principal agente de redução.
Nitrogênio	Componente de vários compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucleicos. Aumenta o número de panículas, o número e a massa dos grãos e, também, o sistema radicular.
Fósforo	Exerce papel central na transferência de energia e no metabolismo de proteínas. Também aumenta o sistema radicular, o número de panículas e o número e a massa dos grãos.
Potássio	Ajuda na regulação osmótica e iônica. Funciona como co-fator ou ativador para várias enzimas de carboidratos e do metabolismo de proteínas. Aumenta o sistema radicular do arroz.
Cálcio	Envolvido na divisão celular, desempenha papel importante na manutenção da integridade das membranas.
Magnésio	Componente da clorofila e ativador enzimático.
Zinco	Componente essencial de várias enzimas.
Ferro	Ativador de enzimas de transportadores de elétrons.
Manganês	Envolvido no sistema de evolução de O <sub>2</sub> da fotossíntese e componente das enzimas arginase e fosfotransferase da parede celular.
Boro	Envolvido no metabolismo de carboidratos e na síntese de componentes da parede celular.
Cobre	Constituinte de várias enzimas.
Molibdênio	Fixador de N <sub>2</sub> e redutor de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .
Cloro	Essencial para o processo de fotossíntese como ativador das enzimas que desdobram H <sub>2</sub> O. Também é importante na osmoregulação de plantas em solos salinos.

Fonte: Fageria et al. (1997).



## ABSORÇÃO DE NUTRIENTES

Para o desenvolvimento normal das plantas, é necessário o transporte contínuo de nutrientes do sistema solo para o sistema planta. Nesse processo, quatro fases são importantes: a constante liberação de nutrientes da fase sólida para a solução do solo; a sua movimentação na forma solúvel para a superfície das raízes; a absorção pelas raízes; e a translocação para a parte aérea. Esse processo pode ser explicado como segue:



onde M = nutriente.

Observa-se na Fig. 11.7, de modo esquemático, a absorção e o transporte de nutrientes no sistema solo-planta. Este processo é governado por três fatores principais: as condições do solo; o tipo de nutriente; e as características da planta. A movimentação dos nutrientes do solo para as raízes, em quantidade adequada, é o primeiro passo no processo de absorção, e pode ocorrer por meio de intercepção radicular, fluxo de massa ou difusão.

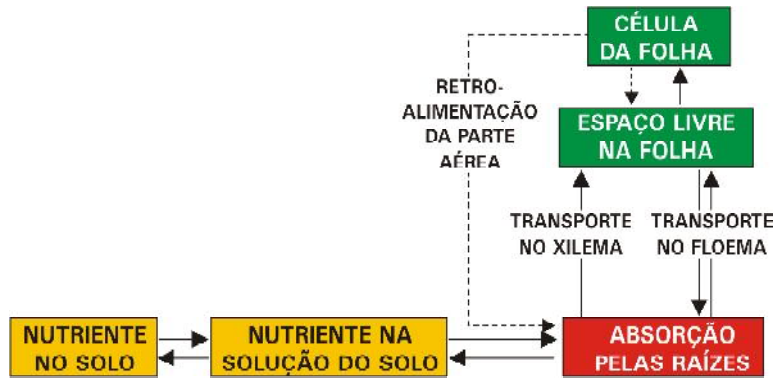
### Intercepção radicular

Ao desenvolver-se, o sistema radicular encontra-se com os nutrientes que são, então, absorvidos pelas raízes. A quantidade de nutrientes interceptados pelas raízes varia conforme a espécie vegetal, o nutriente e as condições do solo.

A contribuição aproximada da intercepção radicular na absorção de nutrientes pode ser calculada com base nos seguintes critérios: a) a quantidade máxima interceptada é a disponível no volume de solo ocupado pelas raízes; b) as raízes ocupam, em média, 1% do volume total do solo; c) aproximadamente 50% do volume total do solo é constituído de espaço poroso; as raízes, no entanto, ocupam, aproximadamente, apenas 2% deste espaço.

Com base nestes critérios, o Ca é o único nutriente fornecido em quantidade maior que a necessidade da planta, pelo processo de intercepção. Outros nutrientes, como Mg, Zn e Mn, são fornecidos em quantidades aproximadamente iguais a um terço dos requerimentos da planta. Embora os valores absolutos não possam ser determinados, é lógico que a intercepção radicular pode fornecer mais nutrientes se a planta possuir um sistema radicular extenso e se a concentração de nutrientes disponíveis na zona radicular for alta.





**Fig. 11.7.** Representação esquemática da absorção e do transporte de nutrientes no sistema solo-planta.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997).

## Fluxo de massa

O movimento dos nutrientes para a superfície das raízes, por fluxo de massa, é o produto da taxa de absorção de água por unidade de raízes pela concentração de nutrientes na solução do solo. Geralmente, o fluxo de massa é responsável pelo suprimento total de N, Ca, Mg, S, Mn, Cu, B e Mo.

## Difusão

Quando o fornecimento de um dado nutriente às raízes, pelos processos iniciais de interceptação e fluxo de massa, é menor que o absorvido pelas plantas, a concentração desse nutriente na superfície das raízes diminui. Nessa situação, estabelece-se um gradiente de concentração em direção às raízes e ocorre a difusão do nutriente. A reposição dos nutrientes para as raízes e a taxa de absorção são reguladas principalmente pela taxa de difusão, que segue a lei de Fick:

$$F = -DA (\partial c/\partial x)$$

onde: **F** = taxa de difusão; **D** = coeficiente de difusão; **A** = área de difusão; e  $\partial c/\partial x$  = gradiente de concentração.

A equação apropriada para a difusão de nutrientes para as raízes, na forma circular, é muito complexa. A versão simplificada desta equação é dada por Barber (1984):

$$F = -A [(C-C_0)Dk/r_0]$$





onde:  $C$  = concentração inicial de nutrientes no solo;  $C_o$  = concentração na superfície da raiz;  $r_o$  = raio da raiz;  $k$  = função decrescente de  $Dt/r_o^2$ ; e  $t$  = tempo em que o dreno está em operação.

As plantas absorvem os nutrientes adjacentes às raízes, formando, dessa maneira, um dreno para a difusão dos nutrientes. Praticamente toda a quantidade de P e de K e quase um terço da quantidade de Zn e de Fe necessária para as plantas é fornecida pelo processo de difusão.

## TRANSPORTE DE ÍONS

Antes de discutir o processo de transporte, é interessante distinguir os processos de **absorção**, **transporte** e **redistribuição**, conforme Malavolta (1980): a absorção corresponde à entrada do elemento, em forma iônica ou molecular, nos espaços intercelulares ou em qualquer parte do organismo celular (parede, membrana, citoplasma, vacúolo, mitocôndria, cloroplasto, etc.); o transporte, ou translocação, é a transferência do elemento, em qualquer forma (igual ou diferente da forma de absorção), de um órgão, ou região de absorção, para outro qualquer; e redistribuição é a transferência do elemento de um órgão para outro, de uma região de residência para outra, em forma igual ou diferente da absorvida.

### Processo ativo e passivo

Os íons, na solução, são submetidos a duas forças físicas principais. Uma origina-se do gradiente de potencial químico e a outra, do gradiente de potencial elétrico. O transporte dos íons ocorre da concentração alta para a baixa. Quando os íons atuam pelo gradiente elétrico, os cátions são atraídos para o eletropotencial negativo, e os ânions, para o potencial positivo. Então, o transporte de íons depende do gradiente de potencial eletroquímico. A célula viva possui carga positiva em relação à solução externa. Por esta razão, quando se considera o transporte de íons através do plasmalema ou do tonoplasto, deve-se levar em conta a existência de gradiente de concentração e de gradiente de potencial elétrico entre a solução externa e a interna (citoplasma). A difusão de cátions, como foi discutido anteriormente, é um exemplo típico de que o transporte de cátions ocorre ao longo do gradiente elétrico. Esta movimentação interna de cátions atinge o equilíbrio entre a força elétrica e a cinética, que é responsável pela movimentação catiônica. Este equilíbrio é explicado pela equação de Nernst. Um exemplo simples pode explicar isto: uma





solução aquosa de KCl é separada por uma membrana permeável a ambos os íons, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>. Admitindo-se que o potencial elétrico através da membrana é E, o equilíbrio para K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> será atingido tão logo a concentração destes íons, nos dois lados da membrana, satisfaça a equação de Nernst. Este processo é explicado pela seguinte equação (Mengel et al., 2001):

$$\Psi_i - \Psi_e = E = \frac{RT}{Z.F} \ln \frac{[K_e^+]}{[K_i^+]} = \frac{RT}{Z.F} \ln \frac{[Cl_i^-]}{[Cl_e^-]}$$

onde:  $\Psi_i$  = carga elétrica interna (citoplasma);  $\Psi_e$  = carga elétrica externa (solução nutritiva); **R** = constante de gases; **T** = temperatura absoluta; **F** = carga elétrica em Faraday; e **Z** = valência dos íons.

Os símbolos “i” e “e” indicam, respectivamente, solução interna e externa, e os valores entre parênteses indicam concentração ou, mais precisamente, atividade de íons. Esta equação pode ser derivada, quando E é menor que 0 (a célula possui carga negativa), o valor  $[K_e^+]/[K_i^+]$  deve ser menor que 1. Isto significa que, sob condições de equilíbrio, ocorre acúmulo de K<sup>+</sup> na solução interna. Quando o valor de  $[Cl_i^-]/[Cl_e^-]$  é menor que 1, significa que, em equilíbrio, a concentração de Cl<sup>-</sup> na solução externa é mais alta que na solução interna. A concentração de cátions no citoplasma pode, portanto, ser muitas vezes maior que na solução externa, sem necessidade de transporte de cátions contra o gradiente eletroquímico. Por exemplo, se a concentração de K<sup>+</sup> da solução interna é dez vezes maior que a da solução externa, o valor  $\log [K_e^+]/[K_i^+]$  é igual a 1. A diferença de potencial elétrico correspondente é -58 mV (Dainty, 1962). Para células vivas, -58 mV é um valor muito pequeno. Este exemplo mostra que K<sup>+</sup> e outros cátions podem ser acumulados nas células com força física.

Quando a concentração é maior sob condições equilibradas, deve ter ocorrido transporte contra o gradiente eletroquímico. Do ponto de vista termodinâmico, o transporte contra o gradiente eletroquímico é chamado transporte ativo e, quando é feito ao longo do gradiente eletroquímico, é chamado passivo. O transporte ativo requer energia adicional e não pode ocorrer somente pela força cinética e elétrica.

Para constatar se determinado íon foi transportado ativa ou passivamente na célula, devem ser medidos tanto a concentração de íons na solução externa e dentro da célula como o potencial elétrico ( $E_m$ ) entre a célula e o meio externo. Esta medida pode ser feita por microeletrodo. A diferença de potencial elétrico ( $E_{cal}$ ) pode ser calculada



pela substituição do valor da concentração de íons na equação de Nernst. Ela designa o potencial medido,  $E_{cal}$ , e a diferença entre  $E_m$  e  $E_{cal}$  indica se ocorre transporte ativo ou passivo.

$$E_m - E_{cal} = E_d$$

onde:  $E_d$  = força de transporte.

Para cátions, o valor negativo de  $E_d$  indica absorção passiva e o positivo, absorção ativa. Para ânions é o contrário. O valor negativo indica transporte ativo e o positivo, transporte passivo.

Deve ser lembrado que um teste desta natureza só é válido se forem mantidas as condições de equilíbrio do sistema. Isto é difícil de se conseguir em estudos da planta inteira, porque a parte aérea da planta forma um forte dreno para os íons absorvidos pelas raízes.

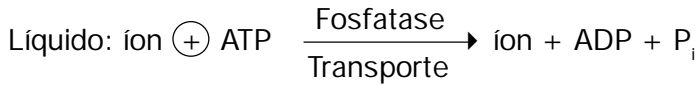
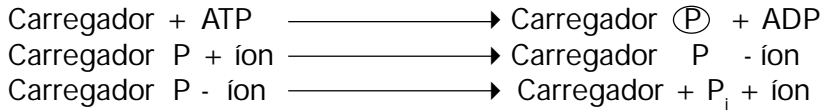
### Teoria dos carregadores

Foi elaborada uma hipótese de que as membranas biológicas contêm moléculas com capacidade de carregar íons através de membranas (Epstein & Hagan, 1952). Essas moléculas são chamadas "carregadores". Os carregadores possuem sítio específico para cada íon e, desta maneira, funcionam como transportadores seletivos de íons através da membrana. Direta ou indiretamente, a geração destes carregadores requer ATP. Admite-se que este carregador seja difusivo através da membrana. Na superfície externa da membrana ele encontra o íon específico com o qual tem afinidade. O íon é, então, associado ao carregador formando um complexo íon-carregador. Esse complexo atravessa a membrana e chega até uma fosfatase, localizada na superfície interna da membrana, isto é, dentro do citoplasma (Mengel et al., 2001).

A regeneração da atividade seletiva do carregador necessita trifosfato de adenosina (ATP). Esse processo é completado pelo ATP "cinase-carregador", que também se localiza na superfície interna da membrana. O complexo carregador fosforilado pode, então, difundir-se outra vez para a superfície externa, apanhar outro íon e, desta maneira, repetir o ciclo. O ATP necessário para o processo pode ser gerado da respiração das raízes, da fotofosforilação e dentro de organismos anaeróbios da glicólise.

O ciclo completo da absorção pode ser representado pelas seguintes equações (Mengel et al., 2001):



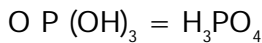
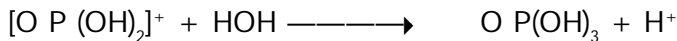
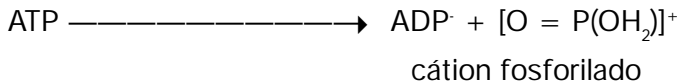


A absorção de íons necessita energia e é seletiva. O ATP é fornecedor desta energia, e o transporte é contra o gradiente de concentração.

### ATPase: hipótese de transporte

ATPase é um grupo de enzimas que tem a capacidade de dissociar ATP em ADP e fosfato inorgânico. A energia liberada por esse processo pode ser utilizada no transporte de íons através da membrana. Nas plantas, o fenômeno é conhecido como atividade de ATP, que é associado com o plasmalema e ativado por cátions (Hodges, 1973). Foi observada alta correlação entre a atividade de ATPase e a absorção de íons (Fisher et al., 1970).

Outra indicação sobre a importância da atividade da ATPase, em processo de absorção de íons, foi relatada por Hodges (1973). Baseando-se nestas descobertas, este pesquisador propôs um modelo hipotético para a absorção de cátions e ânions. A ATPase, associada com a membrana, dissocia ATP em ADP<sup>-</sup> (ânion) e cátion fosforilado, que não é estável, mas reage rapidamente com água e gera H<sup>+</sup>, como explicado pela seguinte equação (Mengel et al., 2001):



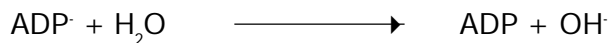
A reação líquida da ATPase resulta na produção de um ânion ADP<sup>-</sup> e de um cátion H<sup>+</sup> que, liberado para o meio externo, origina um gradiente de pH através da membrana. O ânion equivalente permanece no



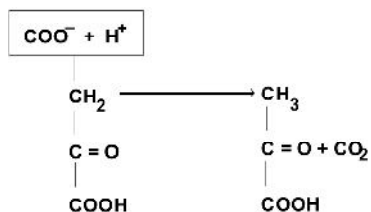
citoplasma e dá origem a um eletropotencial negativo na célula em comparação com o meio externo. Esta diferença foi observada na célula viva, sendo da ordem de aproximadamente 60 a 160 mV (Mengel et al., 2001).

Como a célula está com carga negativa, atrai cátions em troca de  $H^+$ . Se a membrana não está completamente impermeável, transporta os cátions que se difundem através da membrana para o citoplasma. Este tipo de difusão de íons é chamado eletromose.

Neste modelo, admite-se também que a produção de  $ADP^-$  pela dissociação de ATP e, conseqüentemente, a liberação no citoplasma, aumenta a concentração de  $OH^-$ . Este é o resultado da reação de  $ADP^-$  com  $H_2O$ :



Hodges (1973) sugeriu que este  $OH^-$  pode promover o carregador de ânion e, dessa maneira, ocorrer absorção seletiva de ânion em troca de  $OH^-$ . Nesta reação, o pH aumenta (consumo de íons  $H^+$  e liberação de íons  $OH^-$ ) e, conseqüentemente, ocorre o processo de descarboxilação (Mengel et al., 2001).



## CINÉTICA DE ABSORÇÃO DE ÍONS

Geralmente, a absorção de nutrientes pelas plantas refere-se à absorção de íons. Por esta razão, neste capítulo, a absorção de nutrientes será referida como absorção de íons (Fageria, 1984). Nos últimos 50 anos, muitos trabalhos foram realizados para entender o mecanismo de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. Embora tenha sido alcançado muito progresso, vários aspectos ainda não foram entendidos.



Epstein & Hagan (1952) introduziram um tratamento da cinética de absorção iônica em termos semelhantes à enzimologia. Eles propuseram uma cinética de absorção de íons semelhante à de Michaelis-Menten (Barber, 1984). De acordo com esta hipótese, a absorção de íons, em função da concentração externa, é simplesmente uma curva hiperbólica (Fig. 11.8). A taxa de absorção de íons desta curva pode ser explicada, utilizando-se a equação da cinética de Michaelis-Menten (Barber, 1984).

$$V = \frac{V_{\max} (C)}{K_m + (C)}$$

onde: **V** = taxa de absorção de íon; **V<sub>mx</sub>** = absorção máxima; **C** = concentração de íon (solução externa); e **K<sub>m</sub>** = constante de Michaelis-Menten.

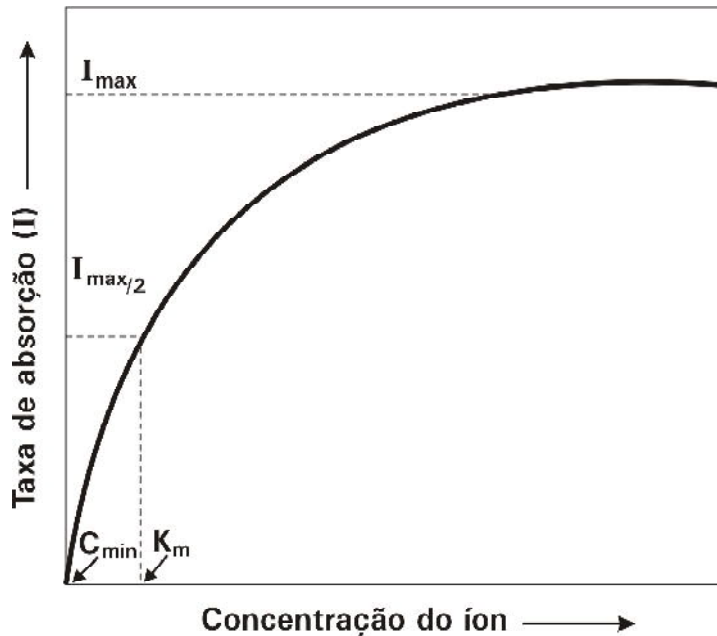
Claassen & Barber (1974) observaram que existe um nível de "C" para o qual "I" é nulo. Por isso, para descrever a curva, faz-se necessário um terceiro parâmetro, **C<sub>min</sub>**, que é a concentração na qual **I<sub>máx</sub>**, fluxo líquido, é nulo. A equação, então, conforme Barber (1984), torna-se:

$$I_{\max} = \frac{I_{\max} (C - C_{\min})}{K_m + C - C_{\min}}$$

Fageria (1976) e Hai & Laudelout (1966) propuseram a técnica do fluxo contínuo para obter a cinética de absorção. A técnica do fluxo contínuo assegura uma ótima absorção de íons a uma concentração muito baixa, através da manutenção da concentração constante do íon próximo da superfície das raízes. Na técnica do fluxo contínuo, a taxa de absorção (U) é igual ao produto da taxa de fluxo (F, mL h<sup>-1</sup>) pela diferença entre a concentração (mg kg<sup>-1</sup>) da solução que entra (C<sub>o</sub>) e a da solução que sai (C<sub>s</sub>) do sistema radicular da planta.

$$U = F \cdot (C_o - C_s)$$





**Fig. 11.8.** Relação entre a concentração do íon e a sua taxa de absorção.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997).

A taxa de absorção ( $V$ ,  $\mu\text{g g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ), com base na massa da raiz, pode ser calculada pela seguinte equação (Fageria, 1976):

$$\text{Taxa de absorção (V)} = \frac{\left[ 1 - \frac{C_s \cdot F \cdot C_o}{C_o} \right]}{\text{Massa da raiz}}$$

A taxa de absorção de nutrientes durante todo o ciclo da cultura pode ser calculada mediante a análise da planta, usando-se a seguinte fórmula:

$$I_m = \frac{(\log_e WR_2 - \log_e WR_1) (M_2 - M_1)}{(t_2 - t_1) (WR_2 - WR_1)}$$

onde:  $I_m$  = taxa de absorção do nutriente;  $WR_1$  = massa seca inicial das raízes;  $WR_2$  = massa seca final das raízes;  $M_1$  = quantidade total inicial do nutriente acumulado;  $M_2$  = quantidade total final do nutriente acumulado; e  $(t_2 - t_1)$  = intervalo de tempo decorrido.

A taxa de absorção relativa de cátions pelas raízes da planta, segundo Yoshida (1981), ocorre na ordem  $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ , e os ânions na ordem  $\text{NO}_3^- > \text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ .



Ainda de acordo com Yoshida (1981), quando os íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  estão disponíveis no meio de crescimento, a planta de arroz prefere  $\text{NH}_4^+$  e, por esta razão, o pH pode diminuir. Posteriormente, quando absorve  $\text{NO}_3^-$ , o pH aumenta.

## EXIGÊNCIA NUTRICIONAL

Para manter a fertilidade de um determinado solo em níveis adequados, é necessário conhecer a exigência nutricional da cultura em questão. A exigência nutricional do arroz é determinada por vários fatores, tais como, condições climáticas, tipo de solo, cultivar, produtividade esperada e práticas culturais adotadas. Encontra-se na Tabela 11.3 o acúmulo de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas em solo de Cerrados, que obedece à seguinte ordem:  $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ . Para produzir uma tonelada de grãos de arroz de terras altas, é necessário que, na época da colheita, tenham sido acumuladas na parte aérea da planta, as seguintes quantidades de nutrientes: 47 kg de N; 34 kg de K; 7,5 kg de P; 5,5 kg de Ca; 4,5 kg de Mg; 1.043 g de Fe; 377 g de Mn; 96 g de Zn; e 23 g de Cu.

Na cultura de arroz irrigado, o acúmulo de nutrientes ocorre na seguinte ordem:  $\text{K} \geq \text{N} > \text{P} > \text{Mg} \geq \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{B}$  (Fig. 11.9). O acúmulo linear de quase todos os nutrientes está relacionado com a massa seca da parte aérea e dos grãos (Fig. 11.10). A produção de uma tonelada de grãos de arroz irrigado, corresponde ao acúmulo, na parte aérea da planta na época da colheita, de, aproximadamente: 23 kg de K; 22,5 kg de N; 5 kg de P; 4,6 kg de Mg; 4 kg de Ca; 962 g de Mn; 381 g de Fe; 85 g de Zn; 30 g de Cu; e 9 g de B.



**Tabela 11.3.** Produtividade e acúmulo de nutrientes pela cultura do arroz de terras altas, sob diferentes níveis de fertilidade do solo.

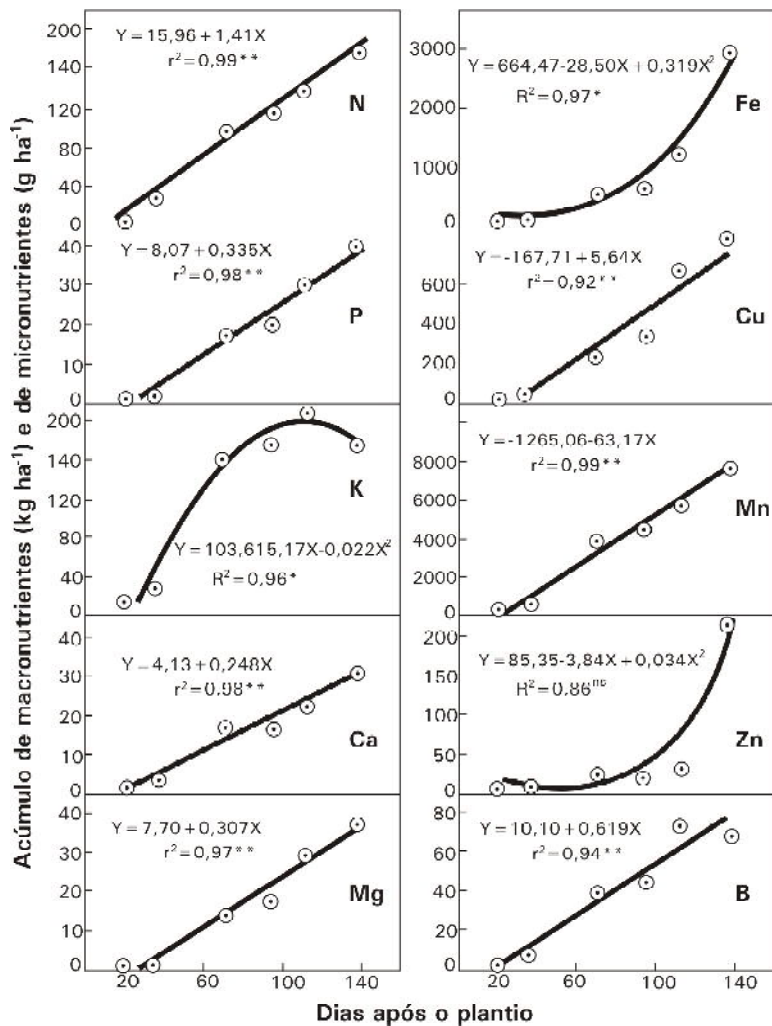
Fertilidade do solo	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
Baixa	2.110b	20c	4b	53b	7d	5b	97b	16a	445b	1517a
Média	2.992a	28b	7a	72e	10ab	7ab	152a	20a	639ab	1454a
Alta	3.494a	35a	7a	77e	14a	9a	178a	20a	814a	2052a
Média + Adubo verde	3.524	26	10	67	11	7	176	15	914	3109
Teste F(cult)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Teste F(T)	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	ns
Teste F(Cult x T)	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Folhas e colmos										
Baixa	1.694b	51b	5a	3e	0.69	1.86	38b	26a	54b	120a
Média	2.117a	88a	7a	4a	0.83	2.36	46ab	31a	72a	137a
Alta	2.104a	106a	7a	4a	0.84	2.40	46.ab	32a	78a	119a
Média + Adubo verde	2.403	39	15	5	0.96	2.79	63	31	113	142
Teste F(Cult)	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Teste F(T)	**	**	ns	ns	ns	**	**	ns	**	ns
Teste F(Cult x T)	ns	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns
Grãos										

\*, \*\*, ns = significativo no nível de 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade. Os valores referem-se à média de três cultivos. No tratamento fertilidade média + adubo verde, os dados referem-se a apenas um cultivo.

Fonte: Fageria & Souza (1995).

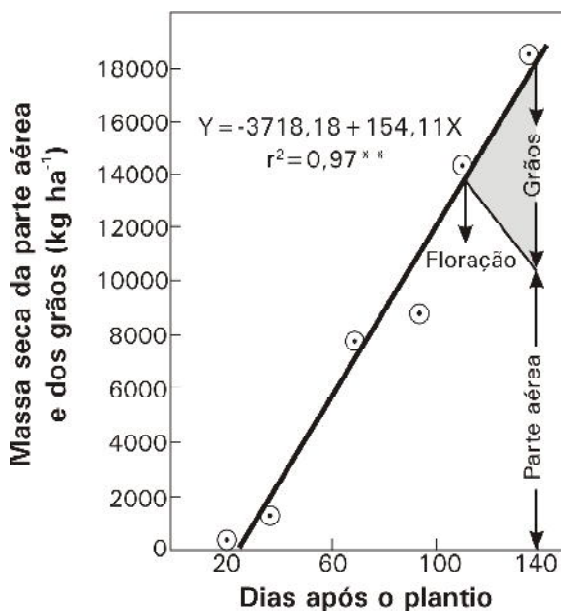






**Fig. 11.9.** Acúmulo de nutrientes pela cultura do arroz irrigado durante o período de crescimento.  
 Fonte: Adaptada de Fageria (1998).





**Fig. 11.10.** Massa seca da parte aérea durante o período de crescimento e produtividade da cultura do arroz irrigado.

Fonte: Adaptada de Fageria (1998).

## DISTRIBUIÇÃO NAS DIFERENTES PARTES DA PLANTA

Fageria (1991) verificou em trabalho realizado em casa de vegetação, que a distribuição de nitrogênio na planta de arroz foi de aproximadamente 15% nas raízes, 35% na parte aérea e 50% nos grãos. A distribuição de fósforo foi de 10% nas raízes, 25% na parte aérea e 65% nos grãos. Com relação ao potássio, a distribuição ocorreu de forma inversa, sendo 81% translocado para a parte aérea, ficando aproximadamente 3% nas raízes e o restante (16%) nos grãos. Portanto, a maior parte do nitrogênio e do fósforo foi transportada para os grãos, e a maior quantidade de potássio, para o restante da parte aérea. A distribuição de vários nutrientes na parte aérea do arroz de terras altas e de várzeas, em condições de campo, sob vários níveis de fertilidade do solo, é apresentada nas Tabelas 11.3 e 11.4.

## DIAGNÓSTICO DAS DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

A deficiência nutricional pode ser identificada por sintomas visuais, pela análise química do solo e pela análise química da planta. O primeiro é um método qualitativo e, dentre os três, é o de menor custo. A identificação de deficiências nutricionais requer, no entanto, grande experiência por parte do avaliador, pois podem ser facilmente confundidas com sintomas de doenças, pragas, deficiência hídrica ou de outros estresses ambientais. Os sintomas de deficiências nutricionais na cultura do arroz são discutidos



Tabela 11.4. Produtividade e acúmulo de nutrientes pela cultura do arroz irrigado, sob diferentes níveis de fertilidade em solo de várzea.

Fertilidade do solo	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
.....(kg ha <sup>-1</sup> ).....										
Baixa	5.406c	29b	6b	169a	22b	9b	443a	22b	2728b	2952a
Média	7.987b	41ab	8ab	154a	24ab	11ab	413a	24b	3320b	3135a
Alta	10.726a	55a	11a	207a	36a	16a	642a	53a	4902a	3927a
Média + Adubo verde	6.879	41	7	144	24	9	334	26	3668	3533
Teste F(Cult)	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
Teste F(T)	ns	**	**	ns	*	*	ns	**	**	ns
Teste F(Cult x T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Folhas e colmos										
Baixa	4.307b	80a	19a	13a	1,91	4,38	177a	152a	218a	620b
Média	5.523a	56a	14a	14a	1,80	6,14	133a	125a	228a	908a
Alta	5.464a	61a	15a	13a	1,68	6,10	134a	140a	228a	884a
Média + Adubo verde	6.332	72	17	15	2,57	7,40	157	139	214	1054
Teste F(Cult)	**	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**
Teste F(T)	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	**
Teste F(Cult x T)	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Grãos										
Baixa	4.307b	80a	19a	13a	1,91	4,38	177a	152a	218a	620b
Média	5.523a	56a	14a	14a	1,80	6,14	133a	125a	228a	908a
Alta	5.464a	61a	15a	13a	1,68	6,10	134a	140a	228a	884a
Média + Adubo verde	6.332	72	17	15	2,57	7,40	157	139	214	1054
Teste F(Cult)	**	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**
Teste F(T)	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	**
Teste F(Cult x T)	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns

\*, \*\*, ns = significativo no nível de 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Os valores referem-se à média de três cultivos. No tratamento fertilidade média + adubo verde, os dados referem-se a apenas dois anos.

Fonte: Fageria et al. (1995).

abaixo e também foram descritos, incluindo ilustrações em cores, por Fageria (1984), Barbosa Filho (1987) e Fageria & Barbosa Filho (1994).

### Sintomas visuais

Sintomas visuais é um dos métodos mais barato para detectar deficiências nutricionais nas plantas. Para a identificação de deficiência nutricional por meio de sintomas visuais é importante adotar um método sistemático de observação dos principais componentes da planta, como altura, perfilhamento, cor das folhas e desenvolvimento do sistema radicular. Com o objetivo de auxiliar os técnicos e agricultores na identificação de problemas nutricionais da cultura do arroz, são feitas, neste trabalho, descrições dos sintomas visuais acompanhados de fotografias.

### Nitrogênio

A deficiência de nitrogênio na cultura é causada por perda deste nutriente no sistema solo-planta por lixiviação, volatilização, erosão do solo, desnitrificação e baixo teor de matéria orgânica no solo. Os sintomas de deficiência de nitrogênio são caracterizados por amarelecimento nas folhas mais velhas que, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta (Fig. 11.11). A lâmina da folha mais baixa morre, ficando o tecido com coloração marrom-chocolate. A deficiência de N na planta do arroz diminui o perfilhamento e, conseqüentemente, o número de panículas (Fig. 11.12).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 11.11. Planta de arroz na fase vegetativa sem e com a aplicação de nitrogênio.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão

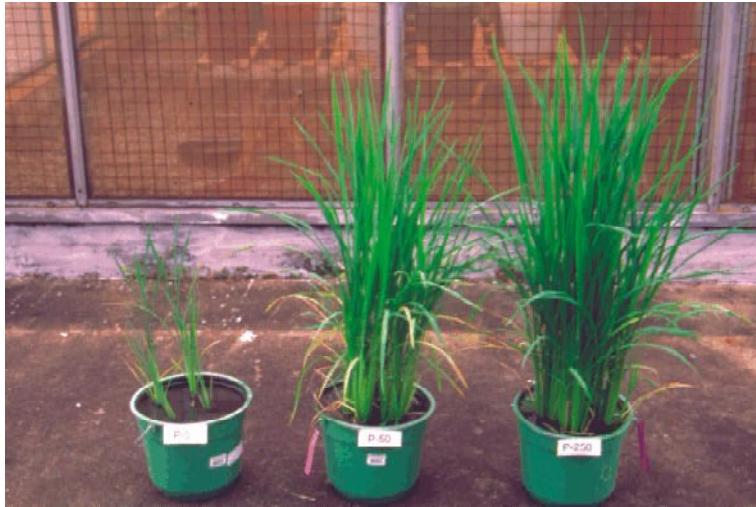


**Fig. 11.12.** Planta de arroz na fase de maturação sem e com a aplicação de nitrogênio.

## Fósforo

O fósforo, como no caso do nitrogênio, é também um elemento móvel na planta, e a deficiência aparece primeiramente nas folhas velhas. A deficiência de fósforo reduz o perfilhamento (Fig. 11.13) e prolonga a maturação dos grãos. As folhas mais velhas apresentam coloração bronze, principalmente na margem. O sintoma progride da ponta para a base e as folhas novas adquirem uma coloração verde-escura. O fósforo promove o desenvolvimento do sistema radicular que está ligado com a absorção de água e nutrientes.





**Fig. 11.13.** Planta de arroz com baixa ( $0 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo), média ( $50 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo) e alta ( $250 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo) dose de fósforo.

## Potássio

A deficiência de potássio na cultura de arroz não é tão comum como a de nitrogênio e a de fósforo. Entretanto, em solos muito arenosos, com baixa capacidade de retenção de potássio, poderá ocorrer deficiência desse elemento. A maior parte do potássio extraído pela cultura do arroz permanece na palhada. Em termos práticos, isto é importante à medida em que os restos culturais são incorporados ao solo.

A deficiência de potássio resulta na redução do crescimento da planta (Fig. 11.14). Os sintomas aparecem primeiro como clorose branca nas pontas das folhas mais velhas. À medida que o grau de deficiência se intensifica, o tecido torna-se marrom e necrótico na ponta da folha e o sintoma progride pela margem da mesma, desenvolvendo-se mais na metade da folha.

## Cálcio

O cálcio é um nutriente imóvel na planta, portanto, os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas. As folhas terminais morrem conforme a deficiência se acentua, causando severo atrofiamento das plantas (Fig. 11.15). À medida que a deficiência persiste, as folhas mais velhas desenvolvem uma necrose marrom-avermelhada nas nervuras.





Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 11.14. Planta de arroz com e sem a deficiência de potássio.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 11.15. Planta de arroz com deficiência de cálcio.



## Magnésio

Inicia-se nas folhas mais velhas, com coloração amarelada e, mais tarde, entre as nervuras da folha torna-se alaranjada (Fig. 11.16). Quando a deficiência se espalha por toda a folha, esta fica completamente seca.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 11.16.** Planta de arroz com deficiência de magnésio.

## Enxofre

Os sintomas de deficiência de enxofre assemelham-se aos da de nitrogênio. A diferença básica é que a deficiência de enxofre começa nas folhas mais novas e a de nitrogênio nas folhas mais velhas. Inicialmente, as folhas com esta deficiência tornam-se amarelo-esverdeadas (Fig. 11.17). Com a intensificação da deficiência, quase todas as folhas ficam secas.





Foto: Embrapa Arroz e Feijão

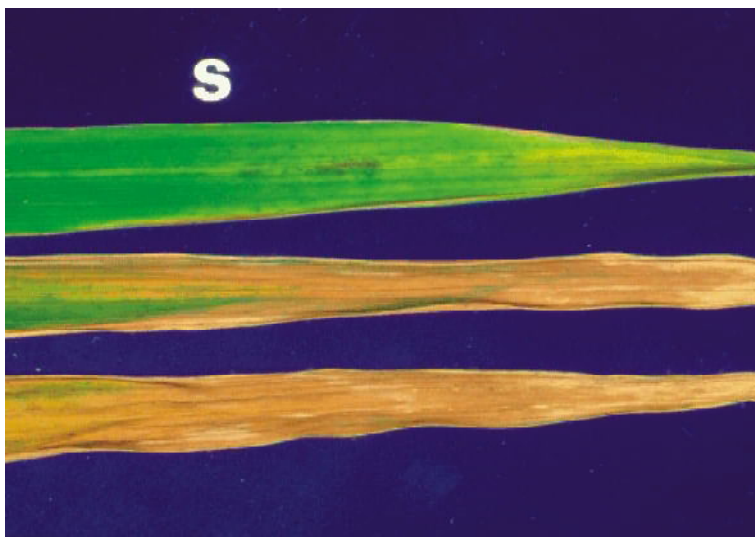


Fig. 11.17. Folhas de arroz com deficiência de enxofre.

## Ferro

O primeiro sintoma de deficiência de ferro pode ser identificado por uma clorose internervural das folhas mais novas. Com o tempo, toda a planta torna-se amarelada em tom de palha (Fig. 11.18).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 11.18. Plantas de arroz em fase inicial de crescimento com deficiência de ferro.



## Zinco

O primeiro sintoma de deficiência de zinco observado em arroz é uma coloração verde esbranquiçada que se desenvolve no tecido, na base da folha de cada lado da nervura central. A lâmina da folha tem um alargamento proeminente na zona da clorose. À medida que a folha se torna mais velha, o tecido clorótico adquire coloração ferruginosa. As margens da folha, na área de coloração ferruginosa, são geralmente verdes.

As folhas mais novas, em desenvolvimento, têm tecido clorótico branco que, com a progressão da deficiência, tornam-se marrom-ferrugem. O crescimento da planta é atrofiado e as folhas, de cor ferrugem, tornam-se proeminentes em estádios posteriores (Fig. 11.19).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



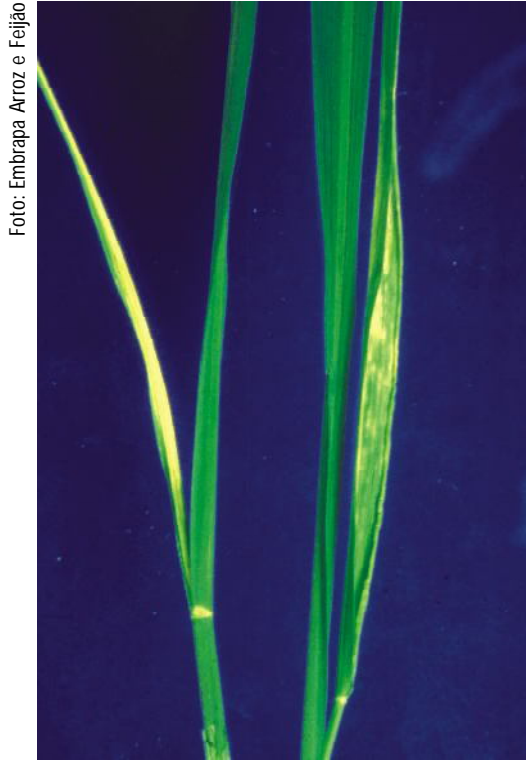
Fig. 11.19. Planta de arroz com deficiência de zinco.

## Cobre

As folhas mais novas apresentam coloração azul-esverdeada, tornando-se cloróticas junto às pontas. A clorose desenvolve-se para baixo, ao longo da nervura principal de ambos os lados, seguida de



necrose marrom-escuro das pontas. As folhas enrolam-se, mantendo a aparência de agulhas em toda a sua extensão ou, ocasionalmente, na metade da folha, com a base final desenvolvendo-se normalmente (Fig. 11.20).



**Fig. 11.20.** Folhas de arroz com deficiência de cobre.

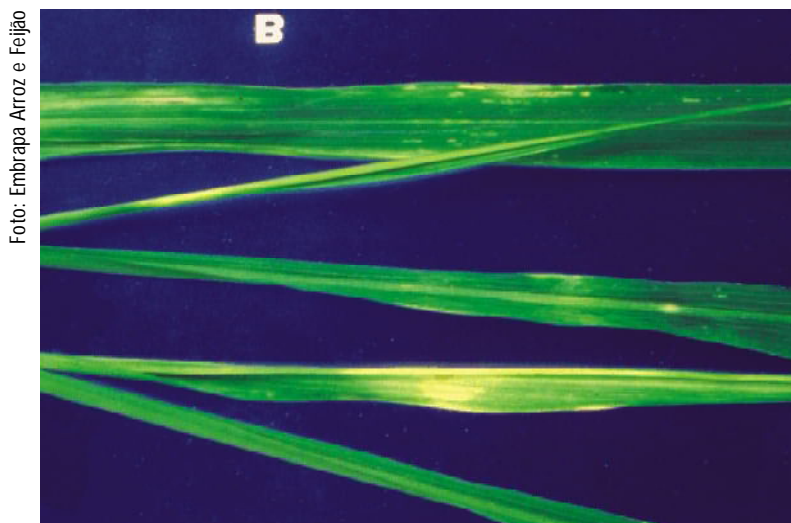
## Boro

A deficiência de boro ocorre de forma localizada, nas folhas novas ou brotos. As pontas das folhas emergentes tornam-se brancas e dobram-se, como no caso de deficiência de cálcio. Em casos severos, os pontos em crescimento podem morrer (Fig. 11.21).

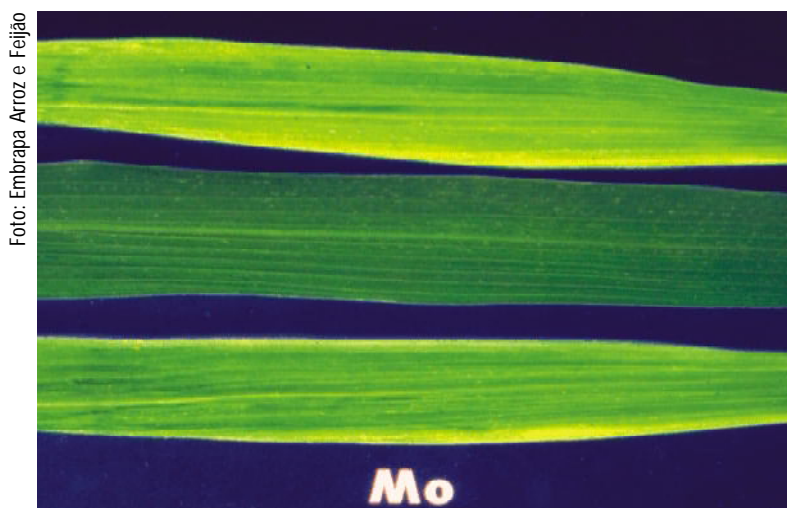
## Molibdênio

Observa-se clorose internervural nas folhas mais novas (Fig. 11.22) com enrolamento da lâmina para cima com o avanço da deficiência.





**Fig. 11.21.** Folhas de arroz com deficiência de boro.



**Fig. 11.22.** Folhas de arroz com deficiência de molibdênio.

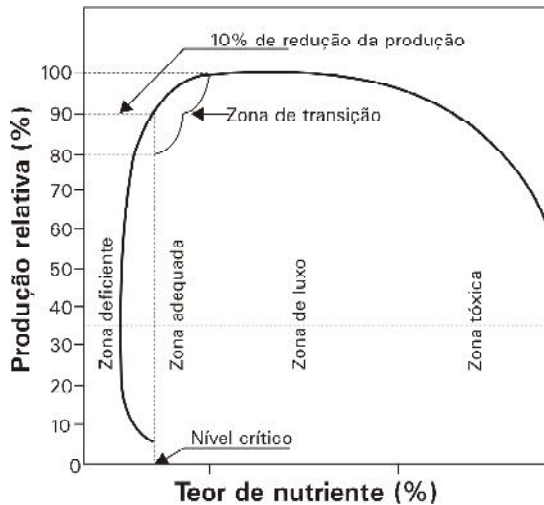
## Análise da Planta

A análise da planta ou, mais especificamente, a análise química quantitativa de uma planta ou de parte dela fornece um valor integrado de todos os fatores que influenciam a sua composição no momento



da amostragem. A análise da planta, utilizada como guia para a identificação de problemas nutricionais ou de níveis de fertilidade do solo, deve ser considerada como um método relativo, ou seja, a interpretação dos resultados da análise necessita de um padrão de comparação para cada nutriente. Este valor padrão deve ser conhecido para cada cultura e em condições ambientais diferentes. Comparando-se o teor de um dado nutriente encontrado na planta com o seu nível crítico previamente estabelecido, é possível determinar o estado nutricional da planta em relação àquele nutriente. Plantas que apresentam o teor de um determinado nutriente acima do nível crítico são consideradas adequadamente supridas pelo nutriente em questão, enquanto as que apresentam teor abaixo do nível crítico são consideradas deficientes.

Na Fig. 11.23 podem ser vistas a relação entre o teor de um nutriente na planta, a produção relativa e o nível crítico. O nível crítico é influenciado por vários fatores, tais como: idade da planta; parte da planta analisada; cultivar; umidade do solo; temperatura; e presença de outros nutrientes. Estes fatores são discutidos detalhadamente em Fageria (1984). Os níveis deficiente, crítico, adequado e tóxico de vários elementos são apresentados na Tabela 11.5.



**Fig. 11.23.** Relação entre o teor de um nutriente na planta, a produção relativa e o nível crítico.  
 Fonte: Adaptada de Fageria (1989).



**Tabela 11.5.** Teores deficientes, críticos, adequados e tóxicos de vários elementos para a planta de arroz.

Elemento	Parte da planta analisada	Estádio de crescimento	Teor do nutriente			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Tóxico
N	Folha	diferenciação da panícula	< 1,8%	1,8 - 2,6%	2,6 - 4,2%	-
P	Toda a parte superior	75 dias de idade	< 0,15%	0,15 - 0,25%	0,25-0,48%	> 0,8-1%
K	Toda a parte superior	75 dias de idade	< 1%	1,0 - 1,5%	1,5 - 4%	> 5%
Ca	Toda a parte superior	100 dias de idade	< 0,2%	0,2 - 0,25%	0,25-0,4%	> 0,65%
Mg	Toda a parte superior	100 dias de idade	< 0,12%	0,12 - 0,17%	0,17 - 0,3%	> 0,3%
S	Folha	perflhamento	< 0,1%	0,1 - 0,2%	0,2 - 0,6%	> 0,6%
Fe	Toda a parte superior	perflhamento	< 50 mg kg <sup>-1</sup>	50-70 mg kg <sup>-1</sup>	70-300 mg kg <sup>-1</sup>	< 300 mg kg <sup>-1</sup>
Zn	Toda a parte superior	perflhamento	< 10 mg kg <sup>-1</sup>	10-20 mg kg <sup>-1</sup>	20-150 mg kg <sup>-1</sup>	> 500 mg kg <sup>-1</sup>
Mn	Toda a parte superior	perflhamento	< 20 mg kg <sup>-1</sup>	20-30 mg kg <sup>-1</sup>	30-600 mg kg <sup>-1</sup>	> 1000 mg kg <sup>-1</sup>
B	Folha adulta superior	perflhamento	< 15 mg kg <sup>-1</sup>	15-20 mg kg <sup>-1</sup>	20-100 mg kg <sup>-1</sup>	> 200 mg kg <sup>-1</sup>
Cu	Folha adulta	perflhamento	< 4 mg kg <sup>-1</sup>	4-5 mg kg <sup>-1</sup>	5-20 mg kg <sup>-1</sup>	> 20 mg kg <sup>-1</sup>
Mo	Folha adulta	perflhamento	< 0,1 mg kg <sup>-1</sup>	0,1-0,5 mg kg <sup>-1</sup>	0,5-2 mg kg <sup>-1</sup>	-
Al	Toda a parte superior	-	-	-	-	> 300 mg kg <sup>-1</sup>

Fonte: Fageria(1984).





## CORREÇÃO DAS DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS

Após a identificação da deficiência, a etapa seguinte é a sua correção, o que pode ser feito pela aplicação de fertilizantes no solo ou por via foliar. Neste livro, as recomendações de adubação com N, P, K e micronutrientes são discutidas no Capítulo 12. A aplicação foliar é utilizada, geralmente, para a correção de deficiências de micronutrientes. Na Tabela 11.6 está indicada a quantidade de fertilizantes recomendada para aplicações no solo e por via foliar.

**Tabela 11.6.** Quantidade de micronutrientes para aplicações no solo e por via foliar.

Nutriente	Fertilizante, fórmula e teor do nutriente	Aplicação no solo (kg ha <sup>-1</sup> )	Aplicação foliar (kg/500 L de água)
Boro	Bórax Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> - 10,6% B	10 - 15	1 - 2
Cobre	Sulfato de cobre CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O - 26% Cu	20 - 25	1 - 2
Ferro	Sulfato ferroso FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O - 20% Fe	-	8 - 10
Manganês	Sulfato de manganês MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O - 27% Mn	15	1 - 2
Molibdênio	Molibdato de amônio (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O - 54% Mo	0,5 - 1	0,25 - 0,5
Zinco	Sulfato de zinco ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O - 23% Zn	20 - 30	1 - 2,5

Fonte: Fageria (1984).

## EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

A eficiência nutricional refere-se à massa seca da parte aérea, ou de grãos, produzida por unidade de nutriente aplicado. De acordo com Fageria (1992) e Fageria & Baligar (2003), a eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de cinco maneiras:

- **Eficiência Agronômica (EA):** é a produtividade econômica (grãos, no caso de culturas anuais) obtida por unidade de nutrientes aplicados:

Eficiência agronômica (EA) =  $(PG_{cf} - PG_{sf})/QN_a$ , dada em kg kg<sup>-1</sup>, onde: PG<sub>cf</sub> = produtividade de grãos com fertilizante, PG<sub>sf</sub> = produtividade de grãos sem fertilizante e QN<sub>a</sub> = quantidade de nutriente aplicado, todos expressos em kg ha<sup>-1</sup>.



- **Eficiência Fisiológica (EF):** é a produtividade biológica (grãos e palha, em culturas anuais) obtida por unidade de nutrientes acumulados:

Eficiência fisiológica (EF) =  $(PTB_{cf} - PTB_{sf}) / (AN_{cf} - AN_{sf})$ , dada em  $kg\ kg^{-1}$ , onde:  $PTB_{cf}$  = produtividade total biológica (parte aérea e grãos) com fertilizante;  $PTB_{sf}$  = produtividade total biológica sem fertilizante;  $AN_{cf}$  = acumulação de nutriente com fertilizante e  $AN_{sf}$  = acumulação de nutriente sem fertilizante, todos expressos em  $kg\ ha^{-1}$ .

- **Eficiência de Recuperação (ER):** é a quantidade de nutrientes acumulados por unidade de nutrientes aplicados:

Eficiência de recuperação (ER) =  $(AN_{cf} - AN_{sf}) / (QN_a) \times 100$ , dada em percentagem, onde:  $AN_{cf}$  = acumulação de nutriente com fertilizante,  $AN_{sf}$  = acumulação de nutriente sem fertilizante e  $QN_a$  = quantidade de nutriente aplicado, todos expressos em  $kg\ ha^{-1}$ .

- **Eficiência Agrofisiológica (EAF):** é a produtividade de grãos obtida por unidade de nutrientes acumulados:

Eficiência agrofisiológica (EAF) =  $(PG_{cf} - PG_{sf}) / (AN_{cf} - AN_{sf})$ , dada em  $kg\ kg^{-1}$ , onde:  $PG_{cf}$  = produção de grãos com fertilizante,  $PG_{sf}$  = produtividade de grãos sem fertilizante,  $AN_{cf}$  = acumulação de nutriente com fertilizante e  $AN_{sf}$  = acumulação de nutriente sem fertilizante, todos expressos em  $kg\ ha^{-1}$ .

- **Eficiência de Utilização (EU):** é o produto da eficiência fisiológica pela eficiência de recuperação:

$EU = \text{Eficiência fisiológica} \times \text{Eficiência de recuperação}$ , dada em  $kg\ kg^{-1}$ .

Na Tabela 11.7 são apresentados os cinco tipos de eficiência citados para N, P e K para diferentes genótipos de arroz irrigado, em solo de várzea. As eficiências variam de acordo com os genótipos.

### Otimização da eficiência nutricional

A otimização da eficiência nutricional é fundamental para aumentar a produtividade e reduzir o custo de produção (Baligar et al., 2001; Fageria & Baligar, 2001). Para tanto, deve ser levado em consideração o manejo integrado de nutrientes (MIN), que pode ser definido como “pacote de práticas que manipulam o meio de crescimento da planta para suprimento de nutrientes essenciais na quantidade e nas proporções adequadas para se obter produtividade ótima sem a degradação do solo” (Fageria, 2001). Um modelo de sistema integrado de nutrientes é apresentado na Fig. 11.24.





**Tabela 11.7.** Eficiência de uso de N, P e K por diferentes genótipos de arroz irrigado em solo de várzea.

Genótipo	N		P		K	
	FM <sup>(1)</sup>	FA <sup>(1)</sup>	FM	FA	FM	FA
<b>Eficiência Agronômica (kg kg<sup>-1</sup>)</b>						
Aliança	48	43	93	99	76	87
CNA 5751	42	46	79	105	64	92
CNA 6804	35	37	67	85	54	75
CNA 7238	51	46	98	105	80	92
CNA 7268	28	37	54	85	44	75
Metica 1	50	51	95	117	78	102
$\bar{x}$	42	43	81	99	66	87
<b>Eficiência Fisiológica (kg kg<sup>-1</sup>)</b>						
Aliança	158	121	360	324	89	97
CNA 5751	141	106	533	355	119	122
CNA 6804	261	124	363	418	89	89
CNA 7238	149	110	407	364	100	109
CNA 7268	114	112	484	407	101	101
Metica 1	130	113	491	458	89	121
$\bar{x}$	159	114	440	388	98	107
<b>Eficiência de Recuperação (%)</b>						
Aliança	71	63	51	52	81	92
CNA 5751	70	63	33	40	58	59
CNA 6804	30	56	33	38	51	90
CNA 7238	32	77	45	51	75	88
CNA 7268	83	75	38	46	73	91
Metica 1	61	99	30	52	61	99
$\bar{x}$	65	72	38	47	67	87
<b>Eficiência Agrofisiológica (kg kg<sup>-1</sup>)</b>						
Aliança	69	61	158	162	39	49
CNA 5751	60	80	226	227	51	78
CNA 6804	167	61	234	216	58	45
CNA 7238	68	61	187	200	48	60
CNA 7268	33	47	127	167	26	42
Metica 1	73	51	252	207	37	54
$\bar{x}$	78	60	197	109	43	55
<b>Eficiência de Utilização (kg kg<sup>-1</sup>)</b>						
Aliança	104	77	183	167	72	85
CNA 5751	98	65	172	143	68	73
CNA 6804	65	70	115	153	45	79
CNA 7238	106	84	185	182	74	93
CNA 7268	94	81	181	177	72	91
Metica 1	81	108	140	236	56	120
$\bar{x}$	91	81	163	176	65	90

<sup>(1)</sup> FM = fertilidade média; FA = fertilidade alta.

Fonte: Baligar &amp; Fageria (1997).



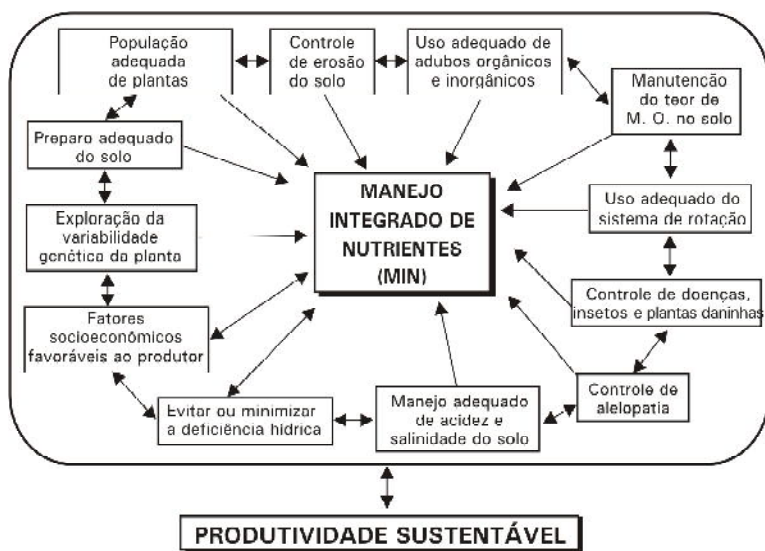


Fig. 11.24. Modelo de manejo integrado de nutrientes para produtividade sustentável.

Fonte: Adaptada de Fageria & Baligar (1997b).

## REFERÊNCIAS

- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K. Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; SCHAFFERT, R. E.; FAGERIA, N. K.; ROSOLEM, C. A.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production**. Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p. 75-95.
- BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; He, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 7/8, p. 921-950, 2001.
- BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**. New York: J. Wiley, 1984. 398 p.
- BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 129 p. (POTAFOS. Boletim Técnico, 9).
- CLAASSEN, N.; BARBER, S. A. A method for characterizing the relation between nutrient concentration and flux into roots of intact plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 54, n. 4, p. 564-568, Oct. 1974.
- DAINTY, J. Ion transport and electrical potentials in plant cells. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 13, p. 379-402, 1962.
- EPSTEIN, E.; HAGAN, C. E. A kinetic study of the absorption of alkali cations by barley roots. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 27, p. 457-474, 1952.
- FAGERIA, N. K. Effect of P, Ca and Mg concentrations in solution culture on growth and uptake of these ions by rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 5, p. 726-732, Sept./Oct. 1976.



- FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 341 p.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 18).
- FAGERIA, N. K. Resposta de cultivares de arroz a fertilizante fosfatado em Latossolo Vermelho-Escuro do Brasil Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 63-67, jan./abr. 1991.
- FAGERIA, N. K. **Maximizing crop yield**. New York: Marcel Dekker, 1992. 274 p.
- FAGERIA, N. K. **Estudos de calagem e adubação do arroz e do feijoeiro na região dos cerrados**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 69 p. (EMBRAPA. Programa 04 – Sistemas de Produção de Grãos. Subprojeto 04.094.072-01). Relatório final.
- FAGERIA, N. K. Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 15/16, p. 2603-2629, 2001.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisol. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p. 1279-1289, 1997a.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Integrated plant nutrient management for sustainable crop production: an overview. **International Journal of Tropical Agriculture**, Haryana, v. 15, n. 1-4, p. 1-8, 1997b.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 7/8, p. 1303-1319, 2001.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Methodology for evaluation of lowland rice genotypes for nitrogen use efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 26, n. 6, p. 1315-1333, June 2003.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. **Deficiências nutricionais na cultura de arroz**: identificação e correção. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 36 p. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 42).
- FAGERIA, N. K.; SOUZA, N. P. de. Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 3, p. 359-368, mar. 1995.
- FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C. **Seja o doutor do seu arroz**. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 20 p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 9).
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 624 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 77, p. 185-268, 2002.
- FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v. 80, p. 63-152, 2003.



FISHER, J. D.; HANSEN, D.; HODGES, T. K. Correlation between ion fluxes and ion-stimulated adenosine triphosphatase activity of plant roots. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 46, p. 812-814, 1970.

GLASS, A. D. M. **Plant nutrition**: an introduction to current concepts. Boston: Jones and Bartlett, 1989. 1v.

HAI, T. V.; LAUDELOUT, H. Phosphate uptake by intact rice plants by the continuous flow method at low phosphate concentrations. **Soil Science**, Baltimore, v. 101, p. 408-417, 1966.

HODGES, T. K. Ion absorption by plant roots. **Advances in Agronomy**, New York, v. 25, p. 163-207, 1973.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1986. 674 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of plant nutrition**. 5<sup>th</sup> ed. Dordrecht: Kluwer, 2001. 849 p.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.





# Adubação e Calagem

*Nand Kumar Fageria*

**RESUMO** - O sistema solo-planta é de natureza dinâmica e influenciado por fatores ambientais, sendo, portanto, bastante complexo. As recomendações de adubação e calagem devem ser baseadas nos dados experimentais para cada solo e região agroclimática. Com o lançamento de novas cultivares, pode haver necessidade de compatibilizar as práticas de manejo da cultura e, conseqüentemente, as recomendações de adubação e calagem. É necessário avaliar as respostas das cultivares para fins de recomendação. Para a cultura do arroz, o fósforo (P) é o nutriente mais deficiente na maioria dos solos brasileiros, principalmente nos solos dos Cerrados. Para a cultura do arroz de terras altas, seguem-se ao P, em ordem decrescente de importância, o nitrogênio (N), o potássio (K) e o zinco (Zn). Em algumas situações, o arroz é plantado após os cultivos de feijoeiro ou de soja, para os quais foi aplicado calcário em quantidade suficiente (pH em torno de 6), podendo ocorrer deficiência de ferro (Fe). Para a cultura do arroz irrigado, a importância dos nutrientes em solos de várzea segue a ordem  $N > P > K$ . Existe o problema de toxicidade de Fe, devido às condições reduzidas do solo inundado. A cultura do arroz é bastante tolerante à acidez do solo e, por isso, a prática da calagem deve ser considerada apenas quando o arroz for plantado em sistema de rotação.

## INTRODUÇÃO

Uma agricultura moderna exige o uso de fertilizantes e corretivos em quantidades adequadas, a fim de atender a critérios racionais que permitam conciliar o resultado econômico positivo com a preservação dos recursos naturais do solo e do ambiente e com a expressão máxima do potencial produtivo das culturas (Fageria, 1989; Rajj, 1991).

Estudos realizados na Embrapa Arroz e Feijão revelam que, em condições de boa umidade, a adubação pode aumentar em até 40% a produtividade do arroz de terras altas (Embrapa, 1984). Em arroz irrigado, a adubação pode aumentar ainda mais a produtividade, devido ao ambiente mais favorável. Se usada no nível adequado, a adubação representa, em média, 30% do custo de produção da cultura do arroz. Com isso, a otimização da eficiência nutricional é fundamental para aumentar a produtividade e reduzir o custo de produção e a poluição ambiental. A melhor maneira para racionalizar o uso de adubos e corretivos é ter como base os resultados de pesquisa para cada cultura em uma determinada região agroclimática. Neste capítulo, além dos



conceitos básicos de fertilidade do solo, são apresentados dados experimentais de adubação e de calagem para a cultura do arroz sob condições brasileiras.

## CONCEITOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO

A fertilidade do solo refere-se à capacidade desse solo em fornecer os nutrientes essenciais, em quantidades e proporções adequadas, para o crescimento da planta (Fageria, 1989). Às vezes, a palavra fertilidade é confundida com produtividade do solo. Produtividade é a capacidade de produzir sob determinadas condições de manejo. Um solo pode ser fértil, sem ser necessariamente produtivo, considerando-se outros fatores limitantes da produção.

Justus von Liebig, químico alemão, formulou, em 1862, um novo conceito sobre fertilidade do solo, a chamada “lei do mínimo”, segundo a qual o crescimento da planta é limitado por aquele nutriente que ocorre em menor proporção, sendo ele o único a limitar a produção. A lei do mínimo, no entanto, tem uma aplicação restrita, uma vez que em casos onde vários nutrientes são deficientes, a adição de qualquer um deles levará a aumentos de produção. Além disso, o comportamento dos nutrientes de pouca mobilidade difere daquele dos nutrientes móveis no solo (Rajj, 1991; Fageria et al., 1997a).

No início deste século, Robertson (1907), Mitscherlich (1909) e Spillman & Lang (1924), citados por Westerman & Tucker (1987), observaram que o crescimento da planta é afetado por vários fatores e segue uma curva do tipo sigmóide em relação à idade da planta (Fig. 12.1). Foram envidados muitos esforços para definir os parâmetros envolvidos na curva de crescimento, a fim de desenvolver uma equação matemática. Os trabalhos de Mitscherlich e Spillman levaram ao desenvolvimento da “lei dos incrementos decrescentes”. De acordo com essa lei, ao adicionar quantidades sucessivas de um nutriente, o maior incremento em produção é obtido com a primeira quantidade aplicada. Com aplicações sucessivas de quantidades iguais do nutriente, o incremento de produção é cada vez menor.

A expressão matemática da equação de Mitscherlich é a seguinte:

$$dY/dX = (A - Y) C$$

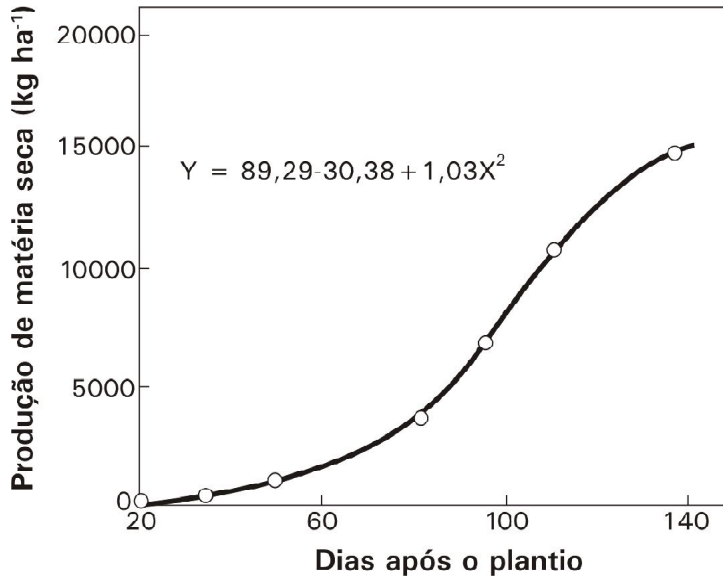
onde: **Y** = produção; **X** = quantidade de nutriente; **A** = produção máxima; **C** = constante.



Ainda segundo trabalhos de pesquisa de Spillman & Lang (1924), a equação de Mitscherlich pode ser assim reduzida:

$$\log (A-Y) = \log A - CX \quad \text{ou}$$

$$\log (A-Y) = \log A \cdot 10^{-CX}$$



**Fig. 12.1.** Produção de matéria seca de arroz irrigado durante o período de crescimento.

Fonte: Adaptada de Fageria (1980).

A forma exponencial, também bastante usada, é a seguinte:

$$Y = A(1-10^{-CX})$$

Bray (1954) e sua equipe, trabalhando na Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, apresentaram o conceito de mobilidade de nutriente, pela modificação da equação desenvolvida por Mitscherlich:

$$\log (A-Y) = \log A - C_1b - C_2X$$

onde: **A** = produção obtida quando todos os nutrientes estão presentes em quantidades adequadas; **Y** = produção obtida com a aplicação de **b**; **C<sub>1</sub>** = constante, representando a eficiência de **b**; **b** = quantidade de nutriente imóvel mas disponível, determinada pelo extrator apropriado; **C<sub>2</sub>** = fator de eficiência determinado pelo experimento para o método de aplicação de fertilizante; e **X** = quantidade de nutriente (**b**) aplicado como fertilizante.





## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS DOS CERRADOS E DE VÁRZEAS

A maior área de produção de arroz de terras altas no Brasil está localizada em solos dos Cerrados, e a de arroz irrigado, em solos de várzea. Assim, antes de discutir o aspecto de adubação e calagem, é importante discorrer sobre as características físicas e químicas desses solos. As principais classes de solos que ocorrem na região dos Cerrados estão descritas no Capítulo 6.

Os solos dos Cerrados são formados predominantemente de argilas de látice 1:1 (caulinita, gibbsita, óxidos livres de ferro, alumínio e titânio e minerais insolúveis, como o quartzo). Os solos dos Cerrados apresentam condições físicas adequadas para o crescimento das plantas (Lopes, 1983; Fageria, 1994). Sua friabilidade, porosidade e permeabilidade facilitam o crescimento das raízes, principalmente devido a sua profundidade. Por outro lado, apresentam baixa capacidade de retenção de água, baixa fertilidade natural e, às vezes, níveis tóxicos de alumínio (Al) e manganês (Mn). A deficiência de N, P, K, cálcio (Ca), magnésio (Mn) e Zn é muito comum no cultivo de espécies anuais (Fageria & Breseghello, 2004). Trabalho realizado na Embrapa Arroz e Feijão evidenciou que, para a produção de culturas anuais, como arroz, feijoeiro, milho, trigo e soja, o P é o elemento mais limitante em solos dos Cerrados (Fageria, 1994; Fageria & Baligar, 1997; Fageria & Breseghello, 2004). As principais características químicas de alguns solos dos Cerrados são relacionadas na Tabela 12.1.

Existem no Brasil cerca de 35 milhões de hectares de várzeas irrigáveis, e a maioria ainda não é utilizada para a produção agrícola (IICA, 2000). As áreas de várzea apresentam solos aluviais e/ou hidromórficos, geralmente planos e ricos em matéria orgânica, fertilidade média a alta, facilmente irrigáveis, na maioria dos casos até por gravidade, inundadas temporariamente ou não (margens de córregos, rios, vales úmidos), apresentando muitas vezes umidade excessiva, necessitando de drenagem (Lamster, 1980).

Os solos de várzea são encontrados em planícies próximas de rios e lagos onde se desenvolveram sobre sedimentos. Como tais sedimentos apresentam grande heterogeneidade quanto à composição granulométrica e mineralógica, esses solos apresentam grande variação nas características físicas e químicas. Na Tabela 12.2 são apresentadas as características químicas e granulométricas de solos de várzea de alguns estados brasileiros.



**Tabela 12.1.** Características químicas de alguns solos cerrados, na camada de 0-20 cm de profundidade.

Local	M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )	Ca			Mg			Al			Fe			Mn		
					Ca	Mg	Al	Ca	Mg	Al	Cu	Zn	Fe	Cu	Zn	Fe			
Faz. Âncora - Primavera do Leste (MT)	7	5,2	0,4	8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Faz. Cachoerinha - Gurupi (TO)	18	5,1	4,7	77	1,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Faz. Curral Novo - Unai (MG)	14	5,0	1,0	73	1,0	0,5	2,3	1,3	0,9	2,3	1,3	0,9	2,3	1,3	0,9	2,3	1,3	0,9	2,3
Faz. Capivara – Santo Antônio de Goiás (GO)	23	5,0	0,9	45	0,5	0,3	1,2	1,8	0,8	1,2	1,8	0,8	1,2	1,8	0,8	1,2	1,8	0,8	1,2
Faz. Brasil – Santa Cruz (GO)	12	5,2	1,4	42	0,4	0,3	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,7	0,9
Faz. Anjo da Guarda - Porangatu (GO)	14	5,0	1,0	86	0,3	0,4	0,8	1,2	0,3	0,8	1,2	0,3	0,8	1,2	0,3	0,8	1,2	0,3	0,8
Faz. Melâneas – Morrinhos (GO)	16	5,2	2,0	40	0,5	0,7	0,6	2,3	0,2	0,6	2,3	0,2	0,6	2,3	0,2	0,6	2,3	0,2	0,6
Faz. Serra da Pintura - Jussara (GO)	5	4,9	0,9	16	0,4	0,5	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
Faz. Pouso Alegre - Barro Alto (GO)	13	5,1	1,0	110	0,9	1,1	1,6	0,9	0,4	1,6	0,9	0,4	1,6	0,9	0,4	1,6	0,9	0,4	1,6
Faz. Paraíba – Silvânia (GO)	12	5,1	1,3	64	0,3	0,4	1,9	0,9	0,4	1,9	0,9	0,4	1,9	0,9	0,4	1,9	0,9	0,4	1,9
Faz. Rincão Três Ranchos – Sen. Canedo (GO)	13	5,2	1,0	42	1,0	1,0	1,3	2,2	1,6	1,3	2,2	1,6	1,3	2,2	1,6	1,3	2,2	1,6	1,3
Faz. Jacubá – Amorinópolis (GO)	10	5,2	0,3	28	0,4	0,6	0,6	0,1	0,3	0,6	0,1	0,3	0,6	0,1	0,3	0,6	0,1	0,3	0,6
Média	13	5,1	1,3	53	0,6	0,6	1,0	1,1	0,6	1,0	1,1	0,6	1,0	1,1	0,6	1,0	1,1	0,6	1,0

Fonte: Fageria (1994).





**Tabela 12.2.** Características químicas e texturais de solos de várzeas de alguns estados brasileiros, na camada de 0-20 cm de profundidade.

Estado	M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K	Ca	Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )			Sat.base (%)	Sat.AL	(mg kg <sup>-1</sup> )			Argila (g kg <sup>-1</sup> )				
						Mg	Na	Al			CTC	Cu	Zn		Fe	Mn	Areia	Silte
Goiás (22)	42	5,2	15,2	85	4,7	2,6	2,9	1,5	27	16	7,4	3,0	436	42	350	228	422	
Tocantins (1)	33	5,0	2,2	56	0,6	0,5	-	0,6	12	10	33	0,6	1,0	66	6	410	135	455
Mato Grosso (6)	16	5,1	6,9	68	2,5	1,4	0,1	1,3	12	33	32	1,3	1,4	263	33	408	282	310
M.Grosso do Sul (8)	69	5,3	21,7	75	7,8	3,4	0,1	1,1	27	42	18	11,9	2,5	193	23	394	250	356
Minas Gerais (3)	25	5,0	17,7	133	3,9	1,6	-	0,5	15	42	10	2,9	7,9	627	98	223	184	593
Maranhão (2)	8	4,8	1,9	82	6,7	10,7	-	1,5	29	70	7	0,9	3,7	320	43	118	410	472
Piauí (5)	10	5,6	13,6	115	10,2	6,7	-	0,7	30	81	3	3,4	3,2	382	61	301	335	364
Média	29	5,1	11,3	88	5,2	3,8	1,0	1,0	22	45	17	4,1	3,2	327	44	315	260	425

Valores entre parênteses expressam o número de municípios onde foram feitas amostragens do solo.

Fonte: Fageria et al. (1991, 1994, 1995).

## RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO

A agricultura moderna exige fertilizantes e corretivos em quantidades adequadas, de forma que sejam atendidos os critérios econômicos e, ao mesmo tempo, haja conservação da fertilidade do solo para manter ou elevar a produtividade (Fageria, 1989; Fageria et al., 2003). A elevação dos custos dos fertilizantes nos últimos anos é, provavelmente, irreversível, já que reflete a elevação dos preços de energia, matéria-prima e transporte. Os fertilizantes passam, assim, a constituir um maior dispêndio nos investimentos das atividades agrícolas, merecendo, portanto, atenção especial quanto ao seu uso, com vistas ao melhor aproveitamento pelas culturas. As recomendações de adubação propõem o uso de níveis adequados, métodos, formas e épocas apropriadas de aplicação dos nutrientes essenciais que não estejam presentes no solo em níveis adequados.

Neste item são discutidas as recomendações de adubação com N, P, K e enxofre (S) para as culturas do arroz de terras altas e irrigado, considerados os principais nutrientes limitantes nos solos onde se cultiva arroz (Fageria & Baligar, 1997; Fageria et al., 2003; Fageria & Breseghello, 2004). A deficiência de Zn em arroz de terras altas e a toxicidade de Fe em arroz irrigado são outros problemas nutricionais observados freqüentemente nos solos brasileiros (Fageria et al., 2002). A discussão sobre esses dois elementos é apresentada por Barbosa Filho et al. (1994). O problema das deficiências de Ca e Mg é abordado no item que trata de calagem, neste capítulo.

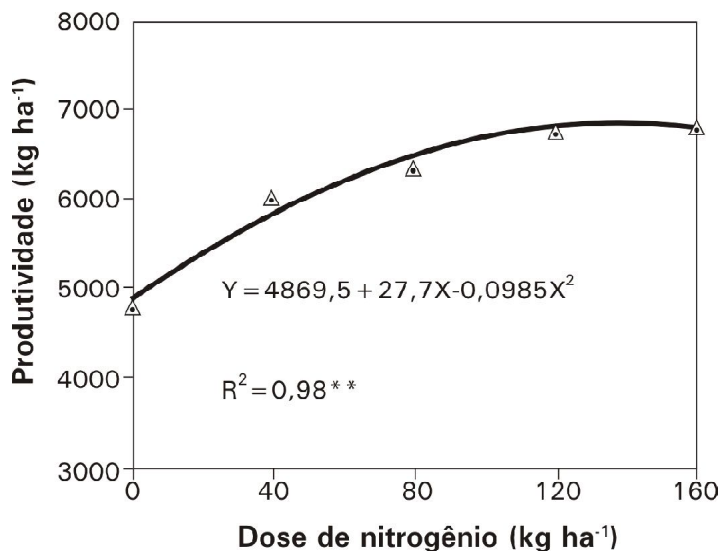
### Nitrogênio

Ainda não existe um método de análise de N que possua todas as características desejadas para a análise de rotina do solo. Por isso, não é possível preparar uma curva de calibração para esse nutriente. O problema é que a maior parte do N do solo está sob formas orgânicas, que devem ser mineralizadas para liberá-lo e torná-lo aproveitável pelas plantas. A mineralização é um processo biológico influenciado por vários fatores, como: a forma orgânica em que está o N; as características químicas do solo; e as condições do ambiente do solo. Daí decorrem todos os problemas que o pesquisador enfrenta quando tenta criar um método de análise do solo para o N que será liberado da matéria orgânica durante o ciclo da cultura.

O N é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Assim, o manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis e a única alternativa para



fazer recomendação de adubação nitrogenada é a determinação da curva de resposta em relação a várias doses do nutriente. Na Fig. 12.2, observa-se a influência da aplicação de N na produtividade de arroz de terras altas com irrigação suplementar. Os resultados foram obtidos na Embrapa Arroz e Feijão, com base no estudo da resposta ao N de quatro genótipos de arroz de terras altas, plantados no espaçamento de 20 cm, sob irrigação suplementar por aspersão. Quanto à produtividade, verifica-se que não houve interação significativa entre os genótipos Maravilha, CNA 7127, CNA 7730 e CT 7/15 e as doses de N testadas. Considerando a média das linhagens, a produtividade apresentou resposta quadrática às doses de N, sendo o máximo de 5.523 kg ha<sup>-1</sup> alcançado com 113 kg ha<sup>-1</sup> de N. O sulfato de amônio foi utilizado como fonte de N, tendo sido aplicado em três parcelas: um terço na semeadura e o restante aos 35 e 65 dias após a emergência das plântulas.



**Fig. 12.2.** Produtividade média de quatro genótipos de arroz de terras altas com irrigação suplementar em função de doses de nitrogênio, em solo dos Cerrados.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1999).

Os resultados de um outro trabalho realizado na Embrapa Arroz e Feijão, em relação à fertilidade do solo e à produtividade de arroz de terras altas (Tabela 12.3), indicam que a produtividade máxima foi obtida com a adubação média. Um trabalho realizado por Guimarães et al. (2000) no sistema plantio direto mostrou que a produtividade de arroz de terras altas aumentou com a aplicação de N até 100 kg ha<sup>-1</sup>.



**Tabela 12.3.** Produtividade de arroz de terras altas, sob diferentes níveis de fertilidade, em solo dos Cerrados.

Fertilidade do solo	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			Média
	1 <sup>o</sup> Cultivo	2 <sup>o</sup> Cultivo	3 <sup>o</sup> Cultivo	
Baixa	2.188a	2.383a	480c	1.684b
Média	2.428a	2.795a	1.127b	2.117a
Alta	2.330a	2.657a	1.324b	2.104a
Teste F (T)	ns	ns	**	*
Teste F (cultivo)				**
Teste F (T x cultivo)				ns

\*, \*\*, ns = significativo no nível de 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Fertilidade baixa = sem adubo; média = 35 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 30 kg ha<sup>-1</sup> de FTE-BR-12; e alta = 70 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 60 kg ha<sup>-1</sup> de FTE-BR-12.

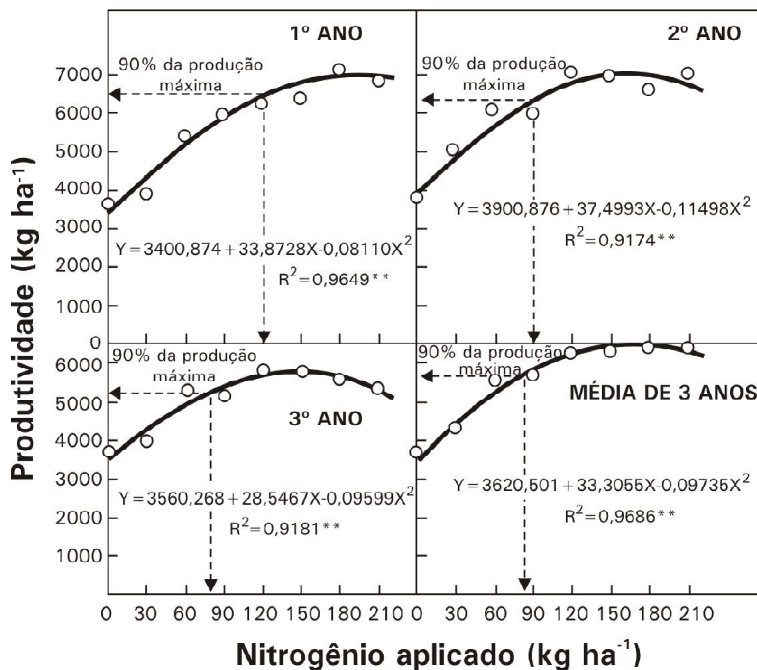
Fonte: Fageria & Souza (1995).

O produtor de arroz de terras altas sem irrigação geralmente usa 200 kg ha<sup>-1</sup> de adubo 4-30-16 e não aplica N em cobertura, empregando, portanto, somente 8 kg ha<sup>-1</sup> de N. Comparando-se com os trabalhos de pesquisa, esta é uma quantidade muito pequena, insuficiente para aumentar a produtividade do arroz nesse ecossistema. É importante ressaltar também que desequilíbrios nutricionais interferem na resposta da planta à ocorrência de doenças em campo. As implicações entre a adubação nitrogenada e a severidade de brusone, doença causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, são descritas no Capítulo 11 deste livro.

Em estudo conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, verificaram-se respostas significativas e quadráticas do arroz irrigado ao N, obtendo-se 90% da produção máxima, considerando o nível econômico, com a aplicação de 120, 90, 78 kg ha<sup>-1</sup> de N no primeiro, segundo e terceiro anos (Fig. 12.3). A dose média econômica de três anos de experimentação foi determinada em torno de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. O sulfato de amônio, utilizado como fonte nitrogenada, foi aplicado parceladamente, sendo um terço na semeadura, um terço 44 dias após e o restante na diferenciação do primórdio floral.

Resultados de estudo com arroz irrigado sob diferentes níveis de fertilidade do solo (Tabela 12.4) indicaram que a produtividade máxima foi obtida com o nível médio de fertilização mais adubação verde.





**Fig. 12.3.** Resposta do arroz irrigado à aplicação de nitrogênio em solo de várzea.  
 Fonte: Adaptada de Fageria & Baligar (2001).

**Tabela 12.4.** Produtividade de arroz irrigado sob diferentes níveis de fertilidade, em solo de várzea.

Fertilidade do solo	Produtividade <sup>(1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )			Média
	1º Cultivo	2º Cultivo	3º Cultivo	
Baixa	3.132b	5.294c	4.556a	4.327b
Média	4.675ab	7.267ab	4.628a	5.523a
Alta	5.877a	6.352bc	4.166a	5.465a
Média + adubo verde		7.861a	4.802a	6.332
Teste F (T)	*	**	ns	**
Teste F (cultivo)				**
Teste F (T x cultivo)				**

\*, \*\*, ns = significativo no nível de 5%, 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

Fertilidade baixa = sem adubo; média = 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 40 kg ha<sup>-1</sup> de FTE-BR-12 como fonte de micronutriente; e alta = dobro da fertilidade média.

Devido aos dois anos de dados para o tratamento adubação média + adubo verde, não foi feita análise estatística.

Fonte: Fageria et al. (1995); Fageria & Baligar (1996).



O produtor de arroz irrigado usa geralmente 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que significa um nível considerado baixo, comparado com aquele

identificado pela pesquisa. Além do uso de doses adequadas, a época de aplicação de N também é importante para aumentar sua eficiência. Para o arroz de terras altas, recomenda-se a aplicação de um terço na sementeira e o restante na diferenciação do primórdio floral.

Em experimentos conduzidos em diversos locais na região tropical (Tabela 12.5), as maiores produtividades foram verificadas quando o N foi aplicado na sementeira, juntamente com o fósforo e o potássio, e em duas coberturas, ou seja, por ocasião do perfilhamento ativo, cerca de 45 dias após a emergência das plântulas (DAE), e na diferenciação do primórdio floral, aproximadamente aos 65 DAE, dependendo da cultivar. A aplicação tardia desta última cobertura pode favorecer a ocorrência de brusone nas panículas. Outra alternativa seria efetuar a adubação nitrogenada em duas épocas, ou seja, aplicação da metade do N na sementeira, e a outra metade, no estágio de perfilhamento ativo. A ocorrência de brusone nas folhas pode ser favorecida pelo fornecimento de maiores quantidades de N na sementeira, portanto, nessa situação, o tratamento de sementes das cultivares suscetíveis é indispensável. Na aplicação na sementeira, parte do N poderá ser fornecido a lanço e o restante, mediante o adubo formulado no sulco, juntamente com o P e o K. Isso poderá resultar em redução do custo da adubação. O parcelamento da aplicação de N é o mais recomendado para as condições de campo, devido às perdas de N por lixiviação. Esses resultados também revelam que a aplicação desse nutriente mais tardiamente no ciclo da cultura não aumenta a produtividade.

**Tabela 12.5.** Produtividade de arroz irrigado sob diferentes épocas de aplicação de nitrogênio, no Estado do Tocantins.

Épocas de aplicação de N	Cobrape		Local			Média
	1º cultivo	2º cultivo	Lagoa da Confusão			
			1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo	
	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>					
T1	5.324	8.909ab	7.119	7.387a	5.887	6.924ab
T2	5.951	9.674a	7.187	6.765ab	5.780	7.072a
T3	5.878	9.570a	7.332	6.468b	6.218	7.093a
T4	5.482	9.153a	6.743	6.928ab	5.863	6.834ab
T5	5.629	9.437a	7.178	6.288b	5.862	6.879ab
T6	5.516	9.176a	7.020	6.958ab	5.658	6.865ab
T7	5.577	8.240b	6.866	6.548b	5.644	6.575b

Médias seguidas da mesma letra, na mesma coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T1 = todo no plantio; T2 = 1/3 no plantio + 1/3 45 dias após plantio + 1/3 na diferenciação do primórdio floral; T3 = 1/2 no plantio + 1/2 45 dias após plantio; T4 = 1/2 no plantio + 1/2 na diferenciação do primórdio floral; T5 = 2/3 no plantio + 1/3 45 dias após plantio; T6 = 2/3 no plantio + 1/3 na diferenciação do primórdio floral e T7 = 1/3 no plantio + 2/3 20 dias após plantio.

Fonte: Fageria & Prabhu (2004).





## Fósforo

O P é o nutriente mais deficiente na maioria dos solos brasileiros, tanto nos Cerrados como nas várzeas e, portanto, sua aplicação como fertilizante é fator indispensável para a obtenção de altas produtividades da maioria das culturas.

A deficiência de P é devida ao seu baixo teor natural no solo e à sua alta capacidade de fixação, o que resulta na sua baixa eficiência de recuperação. Resultados obtidos por Fageria & Barbosa Filho (1987) mostram que aproximadamente 85% do P solúvel aplicado é fixado em solos dos Cerrados e não fica disponível para a cultura do arroz durante o seu crescimento. A deficiência de P no solo pode ser corrigida com a adubação de correção e manutenção (Fageria, 1984).

### Adubação de correção e de manutenção

A adubação de correção é a quantidade de fertilizante aplicado que visa a elevar a fertilidade do solo a um nível preestabelecido. A correção pode ser feita por meio de dois processos:

- a) Correção imediata: consiste na aplicação de fosfato em doses elevadas, numa única operação, a lanço, com a posterior incorporação ao solo. A adubação a lanço é a maneira ideal quando são necessárias grandes quantidades de fertilizante para corrigir deficiência severa do elemento. Exceto a quantidade absorvida pela planta ou perdida por erosão e lixiviação, P permanece no solo na forma indisponível, devido ao processo de fixação. A adubação fosfatada tem efeito residual prolongado, devendo, portanto, ser considerada como investimento. Após a correção, deverá ser feita, anualmente, uma adubação no sulco de semeadura para manutenção da fertilidade. Quando há disponibilidade de capital, a correção imediata é a mais indicada, pois serão obtidas produções elevadas a partir do primeiro cultivo.
- b) Correção gradativa: é feita anualmente com aplicações no sulco de semeadura, de modo que o excesso seja acumulado ao longo dos anos. Com a adubação no sulco é possível obter um rápido crescimento inicial das plantas, reduzindo a competição com plantas daninhas, propiciando maior área foliar para a fotossíntese. Os resultados têm sido melhores quando se aplica maior quantidade a lanço, incorporado ao solo, e pequena quantidade de P solúvel no sulco. Nos solos com baixo teor de P e alta capacidade de fixação, o arroz responde melhor quando o fertilizante é aplicado no sulco, ao passo que, em solos com



teor de P médio ou alto, as aplicações a lanço ou no sulco são igualmente efetivas. Havendo menor disponibilidade de capital, poderá ser usada a correção gradativa.

A adubação de manutenção refere-se à quantidade de fertilizante aplicado visando a manter o nível de fertilidade do solo e restituir o que a cultura extraiu, considerando o coeficiente de aproveitamento dos elementos. Nessa prática, recomenda-se a utilização de fertilizantes fosfatados solúveis, pois a sua pronta disponibilidade é importante para o perfilhamento e o desenvolvimento das raízes nos estádios iniciais de crescimento da planta.

Para solos dos Cerrados, recomenda-se a adubação corretiva e de manutenção, baseadas na análise do solo, como apresentado na Tabela 12.6.

**Tabela 12.6.** Recomendações de adubação corretiva e de manutenção para a cultura do arroz de terras altas em solos dos Cerrados.

Teor de P no solo (mg kg <sup>-1</sup> )	Interpretação do resultado da análise	Recomendação de adubação (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> )	
		a lanço	no sulco
0 - 3,0	Muito baixo	250	70
3,1 - 6,0	Baixo	150	60
6,1 - 9,0	Médio	120	50
>9,0	Alto	0	40

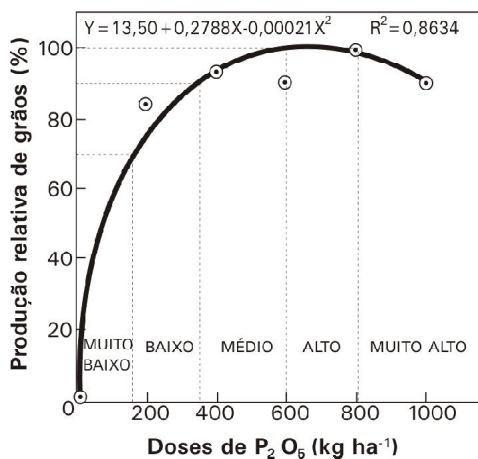
Fonte: Fageria (1984).

Para o arroz irrigado por inundação a necessidade de P é maior devido à alta produtividade, comparada à do arroz de terras altas. A relação entre a produtividade do arroz irrigado e o P aplicado é mostrada na Fig. 12.4. A produção máxima foi estimada com a aplicação a lanço de 660 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Inicialmente, o teor de P no solo foi de aproximadamente 2 mg kg<sup>-1</sup>, aumentando, na época da colheita, para 24 mg kg<sup>-1</sup> (Fig. 12.5). Com base no teor de P no solo e na produção relativa, foi determinada a curva de calibração (Fig. 12.6). A partir desta curva, foi feita a classificação do teor de P no solo e estimada a produção relativa, como segue:

0 a 70% da produção relativa = teor muito baixo (0-3,6 mg de Pkg<sup>-1</sup> de solo);  
 70 a 90% da produção relativa = teor baixo (3,6 - 6,4 mg de Pkg<sup>-1</sup> de solo);  
 90 a 100% da produção relativa = teor médio (6,4-12,0 mg de Pkg<sup>-1</sup> de solo);  
 > de 100% da produção relativa = teor alto (> 12 mg de Pkg<sup>-1</sup> de solo).

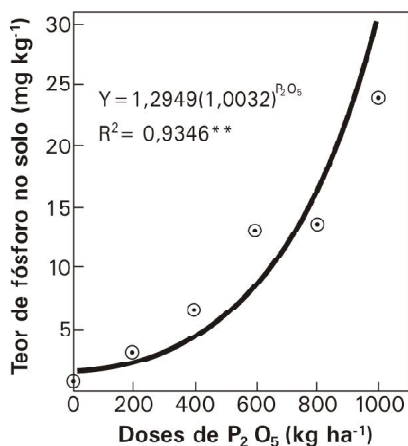
Na Tabela 12.7 encontram-se relacionadas as recomendações de adubação fosfatada para a cultura do arroz irrigado.





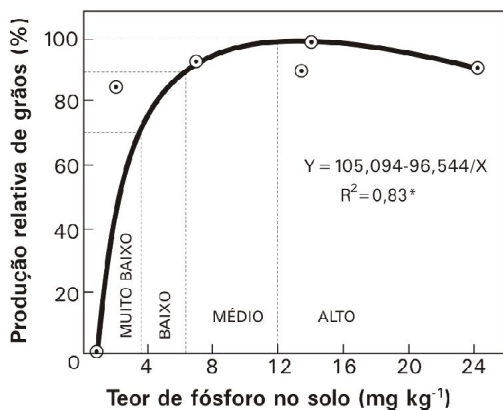
**Fig. 12.4.** Relação entre a produção relativa de arroz irrigado e a aplicação de fósforo a lanço em solo de várzea.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).



**Fig. 12.5.** Relação entre o fósforo aplicado a lanço e o teor de fósforo em solo de várzea.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997b).



**Fig. 12.6.** Relação entre o fósforo extraído do solo com extrator Mehlich 1 e a resposta do arroz irrigado à adubação fosfatada em solo de várzea.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997b).



**Tabela 12.7.** Recomendações de adubação fosfatada corretiva e de manutenção para a cultura do arroz irrigado em solo de várzea.

Teor de P no solo (mg kg <sup>-1</sup> )	Interpretação do resultado da análise	Recomendação de adubação (kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
		a lanço	no sulco
0 – 3,0	Muito baixo	700	120
3,1 - 6,4	Baixo	500	100
6,4 – 12,0	Médio	350	80
>12,0	Alto	0	60

### Potássio

A resposta da cultura de arroz à aplicação de K não é tão marcante quanto as obtidas para N e P. Entretanto, comparado a outros nutrientes, o K é extraído em maior quantidade pelas cultivares modernas de arroz irrigado. Desse modo, com o uso intensivo dos solos e a utilização de cultivares mais produtivas, as reservas de potássio do solo não são suficientes para manter a produtividade por longo tempo. Nessas condições, devem ser utilizadas adubações mais equilibradas para repor o nutriente extraído do solo e obter altas produtividades. A cultura do arroz geralmente não responde à adubação potássica, quando a análise do solo revela teor de K extraível em torno de 0,13 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, ou 50 ppm de K. O extrator usado na maioria dos laboratórios de análise de solo no Brasil é o mesmo utilizado para o P (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N + HCl 0,05 N).

Trabalhos realizados por Fageria et al. (1990b, 1990c) com arroz de terras altas e irrigado por inundação mostraram que o nível de K<sub>2</sub>O para a produção máxima varia conforme o ano e a cultivar. Para o arroz de terras altas, foi desenvolvida a seguinte equação:

$$Y = 2100 + 10,18x - 0,089x^2 \quad R^2 = 0,91$$

Com base nesta equação, a dose de K<sub>2</sub>O necessária para a produção máxima é de 57 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para o arroz irrigado, o melhor ajuste da equação foi quadrático:

$$Y = 6061 + 26,81x - 0,168x^2 \quad R^2 = 0,93$$

Aplicando-se essa equação, o nível de K<sub>2</sub>O necessário para a produção máxima é de 79 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

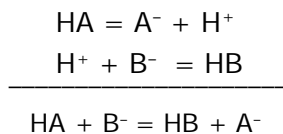


## Enxofre

A deficiência de S pode ocorrer devido ao cultivo intensivo por vários anos, o que esgota a baixa reserva natural desse nutriente. Entre outras causas, cita-se o uso cada vez maior de misturas de fertilizantes de alta concentração, como os preparados com uréia, superfosfato triplo, cloreto de potássio e fosfatos de amônio, que não contêm teores apreciáveis de S. Além disso, a deficiência desse nutriente pode ocorrer devido à queimada, que é uma prática muito comum na região dos Cerrados. A queimada destrói a matéria orgânica do solo e, se não forem tomadas medidas apropriadas de reposição, a deficiência de S aparece após alguns cultivos. A planta de arroz necessita aproximadamente 3 kg de S por tonelada de grãos produzida. O nível crítico de S no solo é de 10 a 12 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Trabalho realizado por Malavolta et al. (1987) evidenciou que, para a cultura do arroz de terras altas, aproximadamente 30 kg ha<sup>-1</sup> de S são suficientes. Para o arroz irrigado, a necessidade pode ser maior, devido à maior produtividade. Contudo, uma aplicação de 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, como sulfato de amônio em cobertura, geralmente corrige a deficiência de S na cultura do arroz.

## CALAGEM

A prática da calagem é importante para aumentar a produtividade das culturas em solos ácidos. Antes de discutir o tema, é importante apresentar o conceito de acidez do solo. O ácido é uma substância doadora de prótons, e a base é receptora. Assim, quando um ácido (HA) reage com a base (B<sup>-</sup>), dá-se a transferência de prótons, com a seguinte reação:



O pH é largamente utilizado como propriedade química para a determinação da reação do solo e é definido pela seguinte equação:

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+) = \log(1/\text{H}^+)$$

A escala de pH varia de 0 a 14. Solos com pH abaixo ou acima de 7 são, respectivamente, ácidos ou alcalinos. De maneira geral, podem ser encontrados nos solos valores de 3 a 10, sendo mais comum, nos solos brasileiros, uma variação entre 4 e 7,5. Um solo com pH igual a 5 é dez vezes mais ácido do que outro com pH 6, e 100 vezes mais ácido do que um de pH 7.



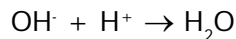
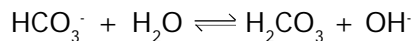
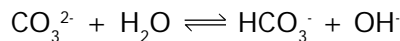
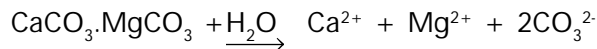
Na prática, a acidez do solo não significa somente alto teor de  $H^+$ , podendo refletir baixos teores de P, Ca, Mg e Mo, como também altos teores de Al e Mn. Além disso, em solos ácidos ocorre baixa atividade de microrganismos benéficos, como os responsáveis pela fixação biológica de N, o que significa que a acidez do solo é bastante prejudicial para a produção das culturas.

### Recomendações de calagem

A calagem é ainda a prática mais difundida para corrigir a acidez do solo. Os constituintes mais comuns do calcário são o carbonato de Ca ( $CaCO_3$ ) e o carbonato de Mg ( $MgCO_3$ ). Os calcários são classificados conforme o teor de  $MgCO_3$  em: calcíticos (menos de 10% de  $MgCO_3$ ); magnesianos (de 10 a 20%); e dolomíticos (mais de 25%). Quanto ao MgO, classificam-se em: calcíticos (menos de 5% de MgO); magnesianos (de 5 a 12%); e dolomítico (mais de 12%).

Na aplicação de calcário dolomítico, as reações do solo são as seguintes:

Os íons  $OH^-$  produzidos por essas reações neutralizam a acidez, aumentando o pH e os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  do solo.



A capacidade de neutralização da acidez depende do conteúdo neutralizante dos corretivos. Cabe destacar que os constituintes neutralizantes têm diferentes capacidades de neutralização. Esse teor é expresso por equivalência em carbonato de Ca, ao qual é atribuída uma capacidade de neutralização de 100%. A granulometria do calcário é muito importante na sua capacidade de neutralização da acidez. Quanto mais fino, maior é a sua eficiência. A legislação brasileira exige que 100 % do calcário passe em peneira nº 10 (2 mm) e 50%, em peneira nº 50 (0,297 mm).

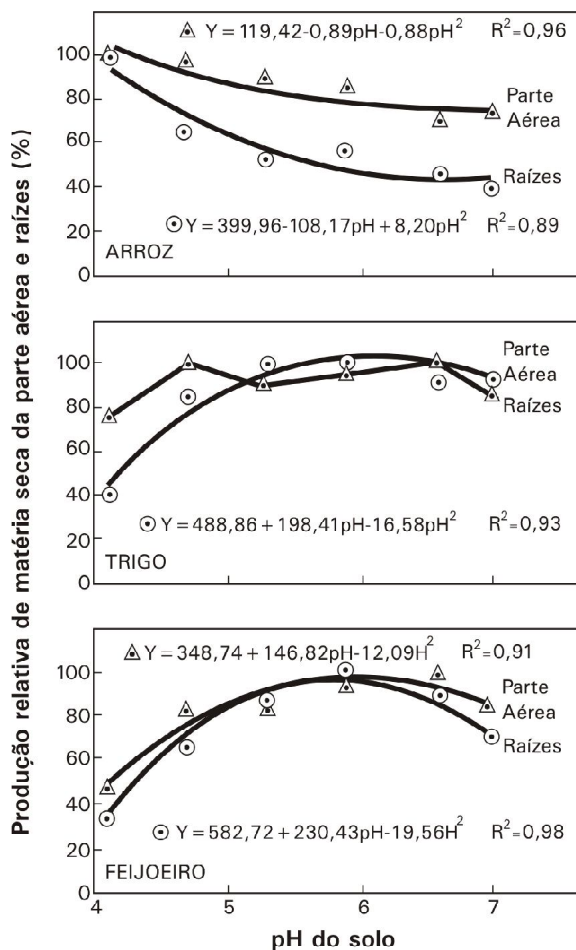
Quanto ao poder de neutralização (PN) e poder relativo de neutralização (PRNT), a legislação brasileira exige valores mínimos de 67% e 45%, respectivamente (Lopes et al., 1991).



As recomendações de calagem no Brasil são feitas principalmente por dois métodos. No primeiro, levam-se em consideração os teores de  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ . Quando o teor de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  é inferior a  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , emprega-se a seguinte fórmula:

$$\text{Dose de calcário (t ha}^{-1}\text{)} = (2x Al^{3+}) + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

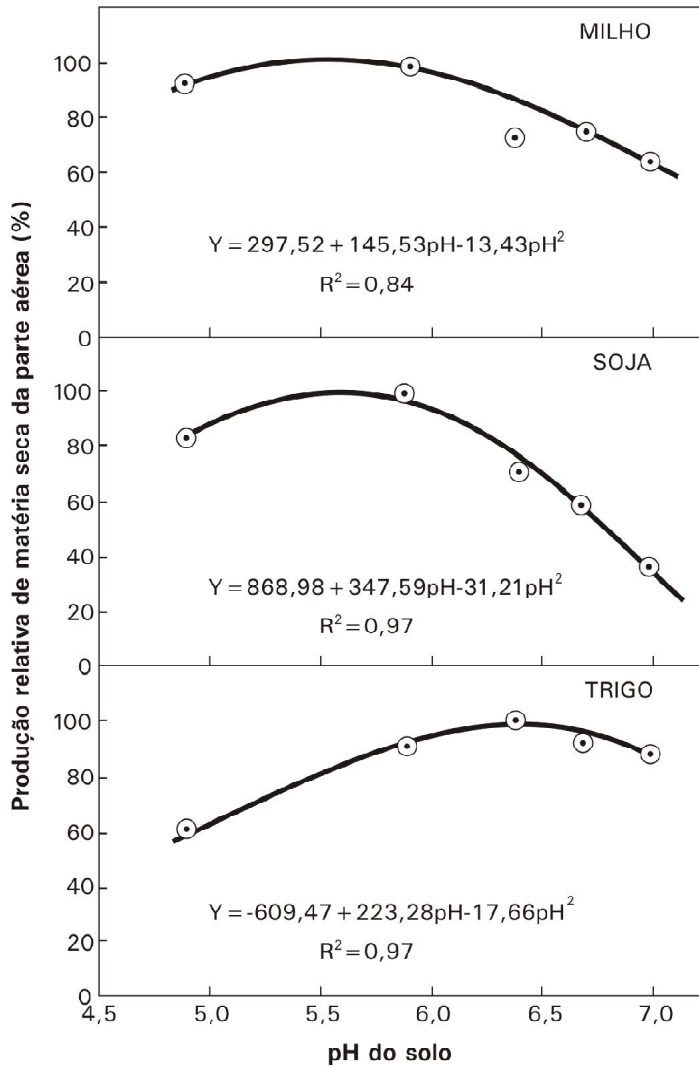
Para solos com teor de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  igual ou superior a  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , calculam-se as doses de calcário através da multiplicação do teor de  $Al^{3+}$  pelo fator 2. Os valores obtidos devem ser corrigidos de acordo com o PRNT do calcário. Deve-se considerar que a dose de calcário calculada por esse método nem sempre é suficiente para elevar o pH do solo de modo sensível. Nas Fig. 12.7, 12.8 e 12.9 é mostrado o pH ideal para algumas culturas anuais em solos dos Cerrados e de várzea no Brasil.



**Fig. 12.7.** Relação entre o pH do solo dos Cerrados e a produção relativa de matéria seca da parte aérea de arroz, trigo e feijoeiro.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).



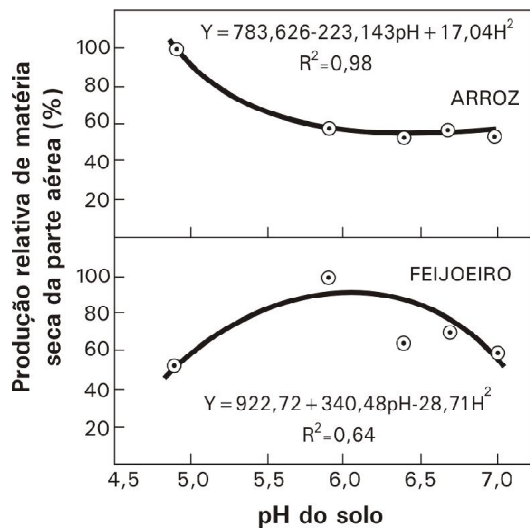


**Fig. 12.8.** Relação entre o pH do solo de várzea e a produção relativa de matéria seca da parte aérea de milho, soja e trigo.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).







**Fig. 12.9.** Relação entre o pH do solo de várzea e a produção relativa de matéria seca da parte aérea de arroz e feijoeiro.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).

Fageria et al. (1990a) verificaram efeitos do calcário na mudança do pH e também dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  em solo de Cerrado (Tabela 12.8).

**Tabela 12.8.** Influência do calcário sobre pH,  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , na camada de 0 - 20 cm de profundidade, 67 dias após a aplicação, em solo dos Cerrados.

Calcário (t ha <sup>-1</sup> )	pH (1:2,5 solo/água)	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$		$\text{Al}^{3+}$
		(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )		
0	5,0	1,49	0,51	
3	5,4	2,69	0,26	
6	5,6	3,62	0,11	
9	5,8	4,29	0,07	
12	6,0	5,26	0,04	
Teste F	**	**	**	

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: Fageria et al. (1990a).



O segundo método utilizado para calcular a dose de calcário, principalmente nos Estados de São Paulo e Paraná, é o de saturação por bases. A porcentagem de saturação por bases pode ser definida da seguinte maneira:

$$\text{Porcentagem de saturação por bases} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}/\text{CTC}) \times 100$$

A CTC (capacidade de troca de cátions) consiste em somar as bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ ) e a acidez ( $\text{H}^{+}$  +  $\text{Al}^{3+}$ ).

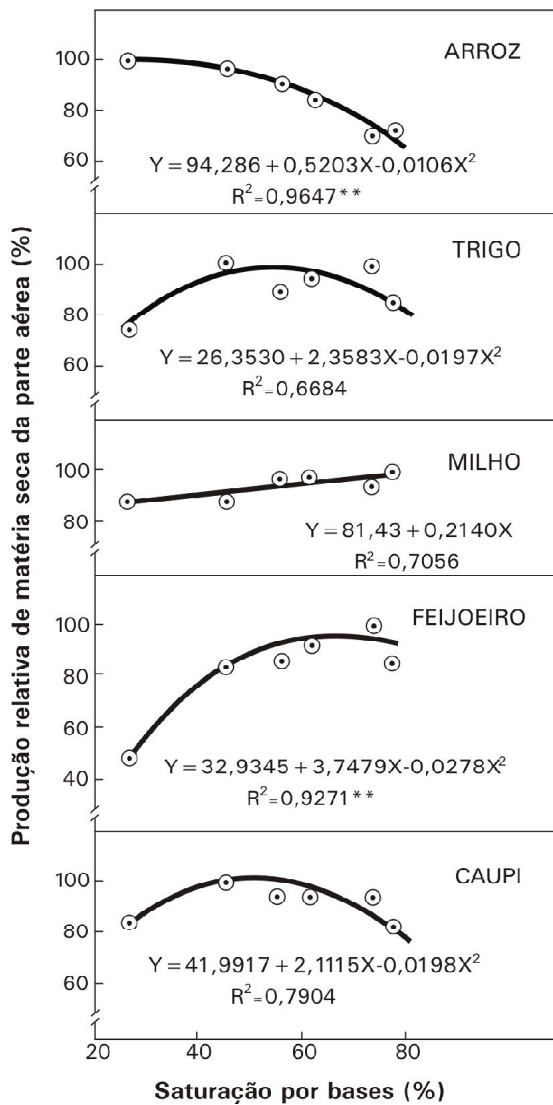
Considerando-se a saturação por bases, a quantidade de calcário pode ser calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Calcário (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{T (V_2 - V_1)}{100} \times f$$

onde: **T** = capacidade de troca de cátions (CTC); **V<sub>2</sub>** = saturação por bases desejada para a cultura a ser implantada, com base em informações da pesquisa; **V<sub>1</sub>** = saturação por bases do solo; e **f** = 100/PRNT do calcário.

As Fig. 12.10, 12.11, e 12.12 apresentam a saturação por bases ideal, em solos dos Cerrados e de várzea, para algumas culturas usadas, geralmente, em sistemas de rotação com o arroz. Com base nesses resultados, constata-se que o arroz é altamente tolerante à acidez do solo. Observa-se na Fig. 12.13 a tolerância do arroz quanto à saturação por Al, em comparação ao feijoeiro. Conclui-se que, na cultura do arroz, a prática da calagem deve ser encarada com cautela, devendo ser considerada apenas quando o arroz for utilizado em sistema de rotação.

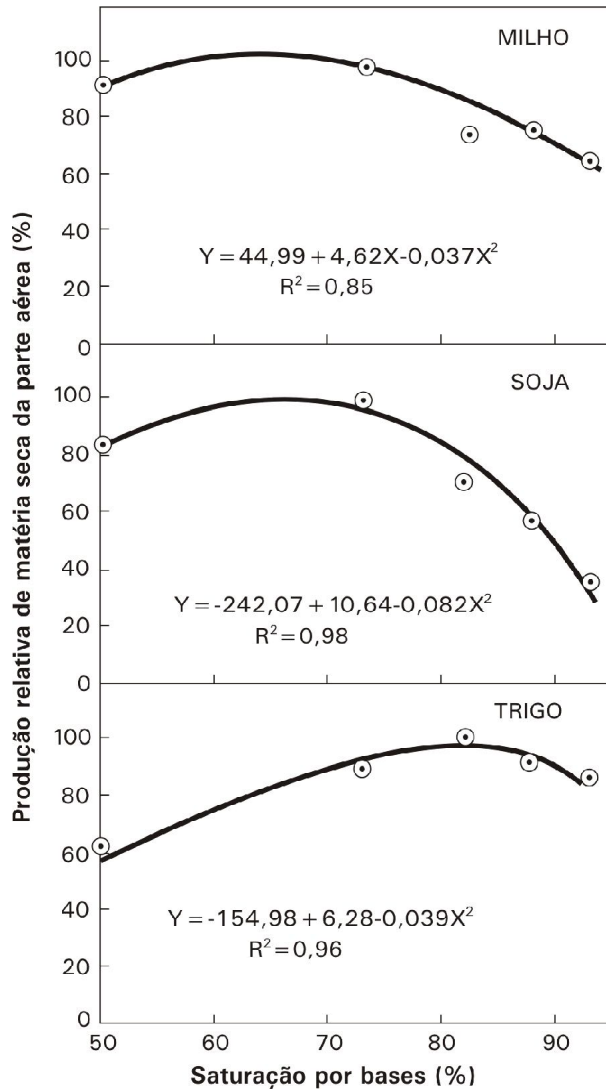




**Fig. 12.10.** Relação entre a saturação por bases e a produção relativa de matéria seca da parte aérea de arroz, trigo, milho, feijoeiro e caupi, em solos dos Cerrados.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).

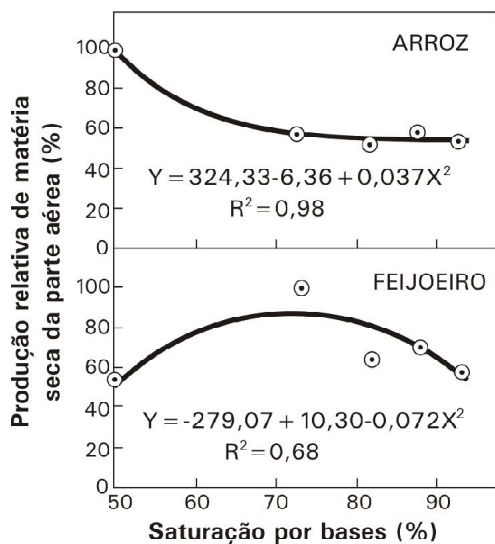




**Fig. 12.11.** Relação entre a saturação por bases e a produção relativa de matéria seca da parte aérea de milho, soja e trigo, em solos de várzea.

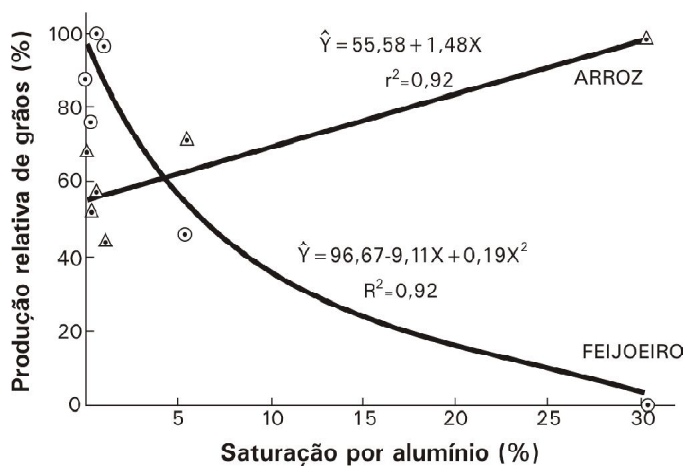
Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).





**Fig. 12.12.** Relação entre a saturação por bases e a produção relativa de matéria seca da parte aérea de arroz e feijoeiro, em solos de várzea.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).



**Fig. 12.13.** Relação entre a saturação por alumínio e a produção relativa de grãos de arroz e feijoeiro, em solos de várzea.

Fonte: Adaptada de Fageria et al. (1997a).



## REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; FAGERIA, N. K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI. 1994. 71 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 49).
- BRAY, R. H. A nutrient mobility concept of soil-plant relationships. **Soil Science**, Baltimore, v. 78, p. 9-22, 1954.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Relatório científico**: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Goiânia, 1984. 404 p.
- FAGERIA, N. K. Influência da aplicação de fósforo no crescimento, produção e absorção de nutrientes do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 26-31, jan./abr. 1980.
- FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus: Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 341 p.
- FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 18).
- FAGERIA, N. K. Soil acidity affects availability of nitrogen, phosphorus, and potassium. **Better Crops International**, Atlanta, v. 10, n. 1, p. 8-9, 1994.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of lowland rice and common beans grown in rotation to soil fertility levels on a varzea soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 45, n. 1, p. 13-20, 1996.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisol. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p. 1279-1289, 1997.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Lowland rice response to nitrogen fertilization. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 9/10, p. 1405-1429, Sept. 2001.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Phosphorus fixation in oxisol of Central Brazil. **Fertilizers and Agriculture**, Paris, v. 41, n. 94, p. 33-37, Mar. 1987.
- FAGERIA, N. K.; BRESEGHELLO, F. Nutritional diagnostic in upland rice production in some municipalities of state of Mato Grosso, Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 27, n. 1, p. 15-28, 2004.
- FAGERIA, N.K.; PRABHU, A. S. Controle de brusone e manejo de nitrogênio em cultivo de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 2, p. 123-129, fev. 2004.
- FAGERIA, N. K.; SOUZA, N. P. de. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 3, p. 359-368, mar. 1995.
- FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v. 80, p. 63-152, 2003.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 77, p. 185-268, 2002.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1997a. 624 p.



- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; BALIGAR, V. C. Phosphorus soil test calibration for lowland rice on an Inceptisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 5, p. 737-742, Sept./Oct. 1997b.
- FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C. **Seja o doutor do seu arroz**. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 20 p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 9).
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 267-274, fev. 1994.
- FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; SOUSA, C.M.R. Characterization of physical and chemical properties of varzea soils of Goiás state of Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 22, n. 15/16, p. 1631-1646, 1991.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; EDWARDS, D. G. Soil-plant nutrient relationships at low pH stress. In: BALIGAR, V. C.; DUNCAN, R. R. (Ed.). **Crops as enhancers of nutrient use**. San Diego: Academic Press, 1990a. p. 475-507.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R. J.; CARVALHO, J. R. P. Lowland rice response to potassium fertilization and its effect on N and P uptake. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 21, n. 3, p. 157-162, Jan. 1990b.
- FAGERIA, N. K.; WRIGHT, R. J.; BALIGAR, V. C.; CARVALHO, J. R. P. Upland rice response to potassium fertilization on a Brazilian Oxisol. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 21, p. 141-147, 1990c.
- GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A.; YOKOYAMA, L. P. **Adaptação do arroz de terras altas no sistema plantio direto**: manejo da adubação nitrogenada. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 46).
- IICA. **Annual Report 1999**. Brasília, DF: IICA, PROCITRÓPICOS, 2000. 17 p.
- LAMSTER, E. C. Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas - PROVÁRZEAS nacional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 65, p. 3-8, maio 1980.
- LOPES, A. S. **Solos sob cerrado**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162 p.
- LOPES, A. S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo: ANDA, 1991. 22 p. (ANDA. Boletim Técnico, 1).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; ROSOLEM, C. A.; FAGERIA, N. K.; GUIMARÃES, P. T. G. Sulfur responses of Brazilian crops. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 9/16, p. 2153-2158, 1987.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- SPILLMAN, W. J.; LANG, E. **The law of diminishing returns**. Chicago: World Book, 1924. 1 v.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; MOREIRA, J. A. A.; YOKOYAMA, L. P. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 927-932, jun. 1999.
- WESTERMAN, R. J.; TUCKER, T. C. Soil fertility concepts: past, present, and future. In: BOERSMA, L. L. (Ed.). **Future development in soil science research**. Madison: SSSA, 1987. p. 169-179.



# Sistemas de Plantio

*Alberto Baêta dos Santos*

**RESUMO** - Os procedimentos utilizados no Brasil para plantio da cultura do arroz podem ser agrupados em dois grandes sistemas: o de semeadura direta e o de transplântio. A semeadura direta em linhas e em solo preparado, denominado sistema convencional, é o mais utilizado, especialmente no cultivo de terras altas. Atualmente, contudo, a prática de semear o arroz diretamente no solo não revolvido, sobre os resíduos da cultura anterior ou em área em pousio, conhecida como “plantio direto” e “cultivo mínimo”, vêm sendo usada em cerca de 47% da área cultivada com arroz irrigado no Rio Grande do Sul. O sistema pré-germinado é adotado em 98%, em Santa Catarina, e em 11% do total da área de cultivo do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. O sistema por transplântio de mudas é empregado apenas em áreas limitadas, visando à obtenção de sementes de alta qualidade. Neste Capítulo são discutidos os distintos sistemas de plantio e suas implicações na cultura do arroz.

## INTRODUÇÃO

As formas de plantar o arroz se agrupam em dois grandes sistemas: semeadura direta e transplântio. A principal diferença entre estes sistemas é que, na semeadura direta, como o nome indica, as sementes são distribuídas diretamente no solo, quer seja na forma de sementes secas ou pré-germinadas, a lanço ou em linhas, em solo seco ou inundado, e, no sistema de transplântio, as plântulas são produzidas primeiramente em viveiros ou sementeiras, antes de serem levadas para o local definitivo.

## SEMEADURA DIRETA

O sistema de semeadura direta pode ser efetuado a lanço ou em linhas, em solo seco ou inundado, preparado mediante os diferentes sistemas ou sem preparo. Segundo Santos (1999), os seguintes fatores são considerados essenciais na semeadura direta de arroz irrigado: disponibilidade de água para irrigação; eficiente método de controle de plantas daninhas; cultivares com características agronômicas, como alto vigor das plântulas, porte baixo, resistência ao acamamento e capacidade baixa a média de perfilhamento.

O arroz produzido por meio de semeadura direta pode atingir a maturação sete a dez dias antes daquele transplântado. Essa redução





de ciclo pode ser importante para áreas onde se utilizam cultivos sucessivos e, ou, apresentam limitações climáticas, como ocorrência de baixas temperaturas. A semeadura direta pode ser feita utilizando-se semente pré-germinada ou semente seca.

### **Semente pré-germinada**

A semente de arroz pré-germinada é usada somente no sistema de cultivo irrigado por inundação. A pré-germinação das sementes consiste basicamente em acelerar o processo natural de germinação, na ausência de solo, de tal maneira que, por ocasião da semeadura, a semente já apresenta a radícula e o coleoptilo claramente desenvolvidos. Para tanto, as sementes precisam ser hidratadas, o que pode ser feito acondicionando-as em tanques, tambores ou em sacos porosos e, a seguir, emergindo-as em água, dentro de tanques, rios ou no próprio canal de irrigação. As sementes devem permanecer nessas condições por um período de 24 horas, após, são retiradas da água e, quando ensacadas, colocadas em pilhas de no máximo 3 sacos, em ambiente sombreado onde devem permanecer por mais 24 a 48 horas, dependendo da temperatura do ar. Quando a pré-germinação é feita em sacos, recomenda-se utilizar aproximadamente dois terços da sua capacidade, a fim de permitir o revolvimento das sementes no seu interior, para uniformizar a germinação (Ishiy, 2002). As sementes devem ser umedecidas de vez em quando para evitar que se dessequem e o processo de germinação seja prejudicado. Essa fase é conhecida como incubação. Por ocasião da semeadura, o coleoptilo e a radícula não devem ultrapassar 2 a 3 mm de comprimento para evitar o entrelaçamento das raízes e, conseqüentemente, o seu rompimento.

Considerando que as sementes mantêm-se no estágio adequado para semeadura em, no máximo, um dia, deve ser calculada a quantidade de sementes a pré-germinar de acordo com a capacidade de semeadura (Ishiy, 2002).

### **Semente pré-germinada em solo preparado**

No Brasil, este sistema de semeadura, denominado pré-germinado, é amplamente utilizado no cultivo de arroz irrigado no Estado de Santa Catarina, compreendendo 98% da área cultivada, com uma produtividade média de 6.900 kg ha<sup>-1</sup> (Epagri, 2002). Hoje, no Rio Grande do Sul, o sistema já é utilizado em mais de 90 municípios produtores, numa área superior a 102.000 ha, compreendendo cerca de 11% da área total cultivada com arroz no estado (Petrini et al., 2004).



O solo deve ser previamente preparado, seco ou com água, a fim de favorecer o processo germinativo e o estabelecimento das plântulas. As operações de preparo do solo podem ser iniciadas logo após a colheita até poucos dias antes da semeadura. Nesse sistema de plantio, Petrini et al. (2004) mencionam que o preparo do solo compreende duas fases: a primeira pode ser realizada envolvendo as seguintes alternativas: a) aração em solo úmido, seguindo-se o destorroamento com enxada rotativa ou com as rodas do trator adaptadas, sob inunda o; b) ara o, seguindo-se o destorroamento com grade de disco ou enxada rotativa, em solo seco; c) uso da enxada rotativa, sem ara o, em solo não inundado, em diversas ocasiões durante a entressafra; d) uso de enxada rotativa, sem ara o, em solo inundado (Fig. 13.1). A enxada rotativa possibilita um melhor preparo do solo junto às marachas e, em solo argiloso de elevada pegajosidade,   preferível à grade de discos. A segunda fase, é feita em solo inundado para a forma o da lama, que é o renivelamento e alisamento do terreno, realizados com equipamentos ou pranchões de madeira, com o intuito de corrigir pequenos desníveis e, com isso, melhorar as condi es do solo para receber as sementes pré-germinadas. Após o preparo final do solo, os quadros ou tabuleiros devem ser necessariamente inundados com uma lâmina de água de 5 a 10 cm, por um período de 20 a 30 dias antes da semeadura. A manuten o da lâmina de água por, no mínimo, 20 dias, a partir do preparo final do solo até a semeadura, tem como objetivo controlar plantas daninhas, principalmente arroz vermelho e preto (Gomes et al., 1999b; Eberhardt & Bacha, 2002). Essa prática impede a germina o das sementes localizadas abaixo da camada oxidada do solo. As plantas provenientes das sementes que germinaram antes do alagamento são destruídas por ocasião da forma o da lama.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 13.1. Preparo do solo inundado com enxada rotativa.



No sistema pré-germinado, a aração profunda não é uma operação recomendada, pois o rompimento da camada de compactação do solo pode causar problemas durante as operações de renivelamento e alisamento, dificultar o tráfego das colhedoras e aumentar as perdas de água e de nutrientes por infiltração e lixiviação (Eberhardt & Bacha, 2002). No preparo do solo, a água é utilizada para a formação da lama, como referência para o renivelamento e para facilitar o alisamento. O manejo de água interfere no espectro das plantas daninhas e é determinante no sucesso do controle das mesmas.

A adubação pode ser efetuada de três a quinze dias antes da semeadura, a lanço na lâmina de água, podendo ser incorporada utilizando-se enxada rotativa ou grade na formação da lama ou após o renivelamento da área. A semeadura das sementes pré-germinadas é feita a lanço sobre a lâmina de água, manualmente, por meio de implementos acoplados ao trator ou por avião, dependendo da dimensão da lavoura. Na semeadura manual, a área é demarcada em faixas de aproximadamente seis metros de largura, onde o operador caminha pelo centro da faixa, distribuindo uniformemente as sementes. Recomenda-se um período mínimo de um dia de permanência da água nos quadros antes da semeadura, para que ocorra a precipitação da argila e outros materiais que se encontram em suspensão. É importante que a lâmina de água seja transparente para possibilitar o rápido estabelecimento das plântulas (Eberhardt & Bacha, 2002). A água, quando turva, ocasiona deposição de sedimentos sobre as sementes, cujo prejuízo na emergência das plântulas aumenta quanto maior a espessura dos sedimentos (Ishiy, 2002). Após a semeadura, a lâmina de água deve ser mantida por um período de um a três dias e, posteriormente, os quadros devem ser drenados, mantendo o solo saturado durante três a seis dias, para que haja melhor desenvolvimento do sistema radicular. À medida que as plantas de arroz se desenvolvem, o nível de água deve ser gradativamente elevado, até atingir 10 cm de altura, o que deverá ocorrer cerca de 12 a 15 dias após a semeadura (Petrini et al., 2004).

No sistema pré-germinado, a quantidade total de água necessária ao cultivo de arroz é menor que nos demais sistemas, em virtude da formação da lama (Gomes et al., 1999a; Petrini et al., 2004). No sistema de cultivo com sementes pré-germinadas, Eberhard (1995) determinou que o consumo de água durante o ciclo da cultura foi de  $6.812 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , ou  $0,72 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ . Na semeadura em solo seco, o consumo foi de  $8.344 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , ou  $0,94 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , superando em 22% o volume de água necessário na semeadura em que o solo foi preparado com água. Em Cachoeirinha, RS, Marcolin et al. (1999) mostraram que o consumo



de água durante o ciclo da cultivar de arroz irrigado BR-Irga 410 foi maior no sistema convencional, 741,5 mm, em relação ao pré-germinado, 723,3 mm, e ao plantio direto, 694,5 mm.

Como principais vantagens para o uso de sementes pré-germinadas, em comparação ao uso de sementes secas, podem ser citadas as seguintes: a) os danos causados às sementes pré-germinadas por pássaros ou roedores são menores por estarem menos tempo expostas a esses agentes; b) o uso de semente pré-germinada favorece o crescimento mais uniforme das plântulas, tanto no campo como na sementeira; c) as plântulas de sementes pré-germinadas competem favoravelmente com as plantas daninhas, o que permite um melhor controle destas com produtos químicos, ou mediante o manejo de água; d) a semeadura pode ser realizada na época programada, independente das condições de umidade do solo, o qual, geralmente, é preparado inundado; e) a inundação antecipada do solo proporciona a antecipação da disponibilidade de nutrientes às plantas.

Esse sistema de semeadura exige, no entanto, 20 a 30% a mais de sementes do que o sistema com sementes secas, pois o perfilhamento é menor (Santos, 1999). A quantidade de sementes a utilizar é afetada pela cultivar, pela época de semeadura e pela qualidade da semente (Tabela 13.1). A densidade de semeadura inadequada pode comprometer o desempenho da lavoura mediante a competição interespecífica com plantas daninhas, no caso de densidades aquém da adequada ou, pela competição intraespecífica, em densidades além da adequada, favorecendo o acamamento das plantas e o aumento da incidência de doenças. No Rio Grande do Sul e, principalmente, em Santa Catarina, diversos estudos foram conduzidos com o objetivo de determinar a densidade adequada de semeadura para o sistema pré-germinado. Em Santa Catarina, Schiocchet & Noldin (1991) encontraram respostas diferenciadas para cultivares, quanto à produtividade de grãos, em função de densidades de semeadura. As melhores respostas foram obtidas com as densidades variando de 75 kg ha<sup>-1</sup>, cerca de 230 plântulas m<sup>-2</sup>, para a cultivar CICA 8 de ciclo longo, a 180 a 225 kg ha<sup>-1</sup>, cerca de 380 a 430 plântulas m<sup>-2</sup>, para a cultivar BR-Irga 414 de ciclo curto. Verificaram que o estabelecimento das plântulas é inferior ao número de sementes aptas usadas. De modo geral, cerca de 2/3 das sementes aptas se estabelecem. Observaram, também, que há decréscimo no número de panículas por planta com o aumento da densidade de semeadura. Fagundes et al. (2003) verificaram resposta quadrática da cultivar BRS Firmeza às densidades de semeadura e a Máxima Eficiência Técnica (MET) foi atingida com a densidade de 467 sementes m<sup>-2</sup>, ou seja, cerca de 172 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, correspondendo a uma produtividade máxima estimada de 7.838 kg ha<sup>-1</sup>.



Tabela 13.1. Resultados dos estudos sobre população de plantas de arroz em sistemas de cultivo e de plantio.

Sistema de cultivo	Sistema de plantio	Genótipo	Tratamento		Efeito sobre	Principal resposta		Referência
			Espaçamento (cm)	Densidade de semeadura		Espaçamento (cm)	Densidade de semeadura	
Irrigado	Pré-germinado	CICA 8 EMPASC 105 BR-Irga 414	—	300; 540; 600; 750 <sup>(3)</sup>	Produtividade de grãos	—	300 <sup>(3)</sup> 600 <sup>(3)</sup> 750 <sup>(3)</sup>	Schiocchet & Noldin (1993)
Irrigado	Pré-germinado	BRS Firmeza	—	62,5; 125,0; 187,5; 250,0 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	—	172 <sup>(1)</sup>	Fagundes et al. (2003)
Terras altas	Convencional com irrigação	Rio Paranaíba Araguaia CNA 6881 CNA 6891	20; 35; 50	—	Produtividade de grãos	50 50 20 20 20	—	Stone & Pereira (1994)
Terras altas	Convencional com irrigação	Araguaia	30; 40; 50	50; 100; 150 <sup>(3)</sup>	Absorção de nutrientes Produtividade de grãos	40 30	Ausência 130 <sup>(3)</sup>	Santos & Costa (1995)
Terras altas	Convencional com irrigação	Guarani	30; 40; 50	100; 150; 200 <sup>(3)</sup>	Produção de matéria seca	30	Ausência	Crusciol et al. (1998a)
Terras altas	Convencional com irrigação	IAC 201	30; 40; 50	100; 150; 200 <sup>(3)</sup>	Produção matéria seca Absorção de nutrientes	30 30	Ausência Ausência	Crusciol et al. (1998b)
Terras altas	Convencional com irrigação	IAC 165	30; 40; 50	100; 150; 200 <sup>(3)</sup>	Produtividade de grãos	30	Ausência	Santos et al. (1988)
Terras altas	S/ inseticidas					Ausência		
Terras altas	C/ inseticidas					50	200 <sup>(3)</sup>	
Terras altas	Convencional com irrigação	Confiança	20; 30; 40	50; 70; 90 <sup>(2)</sup>	Produtividade de grãos	40 e 30	Ausência	Castro et al. (1999)
Terras altas	Convencional com irrigação	Canastra	30; 40; 50	100; 150; 200 <sup>(3)</sup>	Produtividade de grãos	30	Ausência	Crusciol et al. (2000)
Terras altas	Convencional com irrigação	Confiança	20; 30; 40	50; 70; 90 <sup>(2)</sup>	Produtividade de grãos	30 e 40	Ausência	Santos et al. (2002)
Irrigado	Convencional com irrigação	BR-Irga 409	10; 15; 20; 25; 30	100; 150; 200 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	30	Ausência	Pedroso (1987)

Continua...

**Tabela 13.1.** Continuação...

Sistema de cultivo	Sistema de plantio	Genótipo	Tratamento		Efeito sobre	Principal resposta		Referência
			Espaçamento (cm)	Densidade de semeadura		Espaçamento (cm)	Densidade de semeadura	
Irrigado	Convencional Controle plantas daninhas	BR-Irگا 409	—	50; 100; 150; 200 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	—	150 <sup>(1)</sup>	Pedroso (1990)
Irrigado	Sem controle Convencional	BR-Irگا 409	—	100; 150 e 200 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	—	200 <sup>(1)</sup> Ausência	Pedroso (1993)
Irrigado	Convencional	INCA 4440 PESAGRO 104	20; 30; 40	80; 100; 120 <sup>(2)</sup>	Produtividade de grãos	Ausência	120 <sup>(2)</sup>	Andrade & Amorim Neto (1995)
Irrigado	Convencional	IAC 102	—	200; 300; 400 <sup>(3)</sup>	Produtividade de grãos	—	200 <sup>(3)</sup>	Lauretti et al. (1999)
Irrigado	Convencional	BR-Irگا 410	12,5; 20; 30	75; 150; 225 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	12,5	Ausência 30 e 90 <sup>(1)</sup>	Rieffel et al. (2000)
Irrigado	Convencional	BR-Irگا 416 BR-Irگا 410 BR-Irگا 417	12,5; 20; 30; 40 —	30; 90; 150 <sup>(1)</sup> 50; 100; 150; 200 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos Competição intra-específica	—	200 <sup>(1)</sup>	Silva et al. (2001)
Irrigado	Convencional	BR-Irگا 410 BR-Irگا 417	—	50; 100; 150; 200 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	—	Ausência	Mariot et al. (2003)
Irrigado	Plantio direto	BR-Irگا 412	—	90; 130; 170; 210 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	—	170 <sup>(1)</sup>	Sousa et al. (1993a)
Irrigado	Plantio direto	BR-Irگا 410	15,8; 18,8; 21,8; 24,8	90; 130; 170; 210 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	Ausência	Ausência	Sousa et al. (1993b)
Irrigado	Cultivo mínimo	BR-Irگا 410 Irga 416	10; 20; 30	75; 150; 225 <sup>(1)</sup>	Produtividade de grãos	10	Ausência	Silva et al. (1995a)

<sup>(1)</sup>(kg ha<sup>-1</sup>)

<sup>(2)</sup>(Sementes m<sup>-1</sup>)

<sup>(3)</sup>(Sementes m<sup>-2</sup>)



De modo geral, considera-se que 300 plântulas  $m^{-2}$ , distribuídas uniformemente, sejam uma população adequada para a maioria das cultivares de arroz irrigado (Schiocchet & Noldin, 1993; Ishiy, 2002; Petrini et al., 2004). Para as cultivares do tipo moderno, a recomendação é de 110  $kg\ ha^{-1}$  de sementes, enquanto para as cultivares do tipo norte-americano recomenda-se utilizar maior quantidade de sementes, em torno de 150  $kg\ ha^{-1}$ , devido à sua baixa capacidade de perfilhamento. No Rio Grande do Sul, independente da cultivar, Petrini et al. (1999) recomendam 150  $kg\ ha^{-1}$  de sementes para semeaduras realizadas até o final de outubro e 125  $kg\ ha^{-1}$  para semeaduras a partir de novembro.

Usando semeadura a lanço com sementes pré-germinadas, nas Filipinas, Dingkuhn et al. (1991) verificaram que a produtividade foi superior a do transplântio para a cultivar IR 58, de ciclo curto, porém não mostrou diferença, ou foi inferior, quando foram utilizadas cultivares de ciclos médio e longo. A semeadura a lanço apresentou maior índice de área foliar (IAF) e de produção de matéria seca, nas fases vegetativa e reprodutiva, mas menor concentração de N na folha que o arroz transplantado. Os autores concluíram que a produtividade é afetada pela alta biomassa no florescimento para o sistema de semeadura com sementes pré-germinadas, particularmente em cultivares de ciclo longo.

As cultivares de arroz irrigado, nesse sistema de plantio, apresentam distribuição radicular mais uniforme ao longo do perfil do solo (Peña et al., 1993). Isso pode ser atribuído à técnica de preparo mecanizado, arado e enxada rotativa, do solo e ao manejo de água, característicos do sistema.

A semeadura a lanço com sementes pré-germinadas tem sido amplamente recomendada para áreas de arroz irrigado infestadas com arroz vermelho. Utilizando lâmina de água permanente por 20 dias antes da semeadura, Petrini et al. (1993) verificaram que, nesse sistema, houve redução de 93% na população de arroz vermelho, em comparação com a semeadura em linhas com semente seca, convencional, e 34,7% de acréscimo na produtividade de grãos. Em Santa Catarina, o sistema pré-germinado proporcionou um aumento de 64% na produtividade de grãos, em comparação aos sistemas de semeadura em solo seco, o que foi atribuído à redução da infestação de arroz vermelho e preto. Houve infestação de 13,4 plantas  $m^{-2}$  de arroz vermelho nos sistemas de semeadura em solo seco e de 2,6 plantas  $m^{-2}$  no sistema de cultivo de arroz pré-germinado (Gomes et al., 1999a).

Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, Eberhardt & Bacha (2002) recomendam a retirada da lâmina de água



para aumentar a eficiência dos herbicidas e reduzir os riscos de contaminação do ambiente. Para a aplicação de insumos, como fertilizantes nitrogenados, herbicidas e inseticidas, após a semeadura, deve-se reduzir a altura da lâmina de água, fechando-se as entradas e saídas de água nos quadros, para evitar sua circulação.

### **Semente pré-germinada em solo sem preparo - "MIX"**

O sistema MIX vem se desenvolvendo mais recentemente no Rio Grande do Sul e resulta da combinação dos sistemas plantio direto e pré-germinado, agregando as vantagens de ambos, ou seja, preparo do solo no verão ou primavera, com posterior dessecação da cobertura vegetal e semeadura de sementes pré-germinadas (Gomes et al., 1999a). O sistema apresenta as seguintes vantagens: a) otimização dos sistemas plantio direto e pré-germinado; b) aumento da eficiência do controle do arroz daninho; c) redução de custos; d) aumento de produtividade; e) melhoria da qualidade dos grãos; e f) semeadura na época adequada.

Esse sistema, para ser implementado, requer sistematização do solo, conforme o sistema de semeadura com sementes pré-germinadas em solo preparado. A sistematização deve ser realizada logo após a colheita do arroz, em virtude das condições favoráveis de clima e solo. A partir daí, desenvolve-se naturalmente a vegetação, a qual será utilizada futuramente como cobertura morta, por ocasião da semeadura do arroz. Caso haja excesso de massa verde, Gomes et al. (1999a) recomendam duas aplicações de herbicida dessecante sistêmico, sendo a primeira em agosto ou setembro e a segunda, de cinco a sete dias antes da semeadura. Três a oito dias após esta última aplicação, o solo é inundado com lâmina de água de aproximadamente 10 cm e, a seguir, efetua-se a semeadura a lanço com sementes pré-germinadas. Quanto mais próxima a entrada da água da aplicação do herbicida de ação total, melhor o controle do arroz vermelho e preto. A cobertura vegetal adequada para esse sistema deve ser a menor possível, pois o excesso não permite que as sementes pré-germinadas atinjam o solo e a decomposição de muita matéria orgânica dentro da água gera produção de ácidos orgânicos que interferem negativamente no desenvolvimento das plântulas (Sistemas ..., 2005).

### **Semente seca**

Esse sistema de semeadura é o mais empregado no Brasil, tanto no ecossistema terras altas como no várzeas. No Estado do Rio Grande do Sul, o uso de semente seca, semeada a lanço ou em linhas, predomina em cerca de 88% da área cultivada (Sistemas..., 2005). A semeadura





com semente seca reduz a dependência do plantio com relação à chuva, mas o manejo eficiente das plantas daninhas é essencial. Dependendo dos equipamentos utilizados, esse sistema pode ser subdividido em: semeadura a lanço e semeadura em linhas.

### Semeadura a lanço

A semeadura a lanço apresenta, como vantagens, rapidez e economia. Em terras altas, na abertura de novas áreas, o sistema de semeadura a lanço de arroz é usado esporadicamente para prevenir danos provocados às semeadoras pela presença de raízes no solo (Fig. 13.2). As sementes são espalhadas no terreno, manual ou mecanicamente, mediante o uso de semeadoras ou de aviões agrícolas, sendo, posteriormente, incorporadas superficialmente ao solo por meio de grade. A profundidade de semeadura é mais desuniforme do que no sistema em linhas, variando com a forma de cobrir as sementes. Devido ao maior risco de algumas sementes ficarem muito profundas no solo ou na superfície, a quantidade de sementes empregada é maior que na semeadura em linhas. As sementes que permanecem nas camadas mais superficiais ficam mais sujeitas ao ataque de pássaros, podendo, adicionalmente, apresentarem problemas de germinação devido ao secamento rápido da camada superficial do solo.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 13.2.** Cultivo de arroz de terras altas, cultivar BRS Talento, no sistema de semeadura a lanço em Sorriso, MT.

De modo geral, para o sistema de semeadura a lanço de arroz irrigado, recomenda-se a densidade de 500 sementes por metro quadrado, visando garantir uma população inicial de 200 a 300 plantas por metro quadrado, uniformemente distribuídas (Sistemas..., 2005). Assim, o gasto de sementes pode variar de 100 a 200 kg ha<sup>-1</sup>.

A localização das sementes no solo também influencia a ocorrência de focos de infecção de brusone, pela transmissão do patógeno por sementes infectadas. Em semeadura seguida por chuva contínua, sementes caídas na superfície do solo constituem focos de infecção para a disseminação secundária da doença, ao passo que as mais profundas podem ter mais dificuldade de romper a solo, retardando a emergência e, conseqüentemente, prejudicando o manejo de água e a aplicação de defensivos na folha. Além disso, a semeadura profunda reduz o perfilhamento, podendo determinar diminuição na produtividade de grãos. Tanto na semeadura a lanço como em linhas, a semente deve ficar ao redor de 3 cm de profundidade. Portanto, deve-se tomar cuidados especiais no uso de grade de disco na incorporação superficial das sementes, para que a maioria delas fique em profundidade nunca superior a 5 cm.

A compactação do solo também influencia a profundidade de semeadura. Em condições de terras altas, Hussain & Reddy (1973) verificaram que a 3 cm de profundidade, em solo com 0,7 kg cm<sup>-2</sup> de compactação, houve melhor crescimento de raízes e de colmos. Entretanto, Varade & Ghildyal (1968) estudaram a interação entre profundidade de semeadura e densidade do solo e verificaram que profundidade menor que 8 cm, com densidades do solo abaixo de 1,6 t m<sup>-3</sup>, causou pequena limitação à emergência das plântulas, quando a umidade do solo estava em torno da capacidade de campo. Contudo, em profundidades maiores que 8 cm, o mesmo nível de densidade do solo foi limitante à emergência das plântulas. Quando a profundidade foi de 5 cm com densidades do solo de 1,7 a 1,8 t m<sup>-3</sup>, a emergência foi limitada.

No sistema a lanço, a semeadura é irregular e a emergência é desuniforme. O controle mecânico, ou mesmo manual, das plantas daninhas que se fizer necessário é impossibilitado. Outra desvantagem desse sistema é que as plantas daninhas, como o arroz preto, o arroz vermelho e o capim arroz, crescem rapidamente, em virtude de o solo manter condições de umidade semelhantes ao que ocorre em terras altas, durante as primeiras etapas de desenvolvimento da cultura, dificultando sua identificação. Ademais, a semeadura a lanço manual é



um método pouco eficiente, pois um homem semeia apenas um a dois hectares por dia, sendo, portanto, utilizado somente em áreas limitadas.

### **Semeadura em linhas**

Esse é o sistema mais empregado no Brasil, mediante o uso de semeadora-adubadora. Além de utilizar cerca de 20% menos de semente que no sistema a lanço, possibilita adequada profundidade de plantio e propicia maior uniformidade na emergência das plântulas, melhor manejo da água de irrigação e maior facilidade na distribuição de fertilizantes e na aplicação de defensivos, resultando em maior eficiência no controle de plantas daninhas, tanto manual como mecânico. Nesse sistema, há também maior eficiência de utilização dos fertilizantes, visto que são colocados somente no sulco de semeadura, abaixo das sementes. Dependendo do manejo do solo, a semeadura em linhas pode ser efetuada tanto em solo preparado, como sem preparo ou com cultivo mínimo.

### **Semeadura em linhas em solo preparado, denominado sistema convencional**

O preparo do solo envolve os preparos primário e secundário, mediante os diferentes sistemas, utilizando um ou mais implementos. O preparo do solo deve propiciar o destorroamento da camada superficial, de modo a proporcionar condições favoráveis à germinação das sementes e à emergência uniforme das plântulas. No preparo primário, são utilizados arados de discos ou de aivecas ou grade aradora e tem por objetivos a eliminação de plantas daninhas e resíduos do cultivo anterior e a incorporação de calcário ou fertilizantes, ao passo que no secundário, realizado por meio de grades destorroadoras, niveladoras ou plainas, visa dar condições favoráveis à semeadura e à emergência das plântulas, incorporação de fertilizantes e herbicidas, bem como a eliminação de plantas daninhas. Dependendo do tamanho da área, das características do solo e do cultivo em várzea ou terras altas, os equipamentos podem ser tracionados por animal ou mecanicamente, nas mais variadas formas de utilização. A semeadura é feita com a camada superficial do solo drenada.

Vários são os estudos sobre os efeitos do espaçamento entrelinhas e da densidade de semeadura na produtividade do arroz de terras altas (Tabela 13.1). Entretanto, os resultados são bastante genéricos, pois dependem da capacidade de perfilhamento e do ciclo da cultivar, da susceptibilidade à brusone (*Pyricularia grisea*), da



disponibilidade de água do solo para as plantas, além do nível de fertilidade do solo. A grande maioria desses trabalhos não se preocupou com a disponibilidade de água para as plantas, sendo as pesquisas desenvolvidas com cultivares susceptíveis à brusone.

A relação entre o ambiente e a produtividade de arroz é complexa, pois esta é o resultado global do crescimento, o qual, por sua vez, é resultante da interação entre o ambiente, a cultivar e a tecnologia aplicada. A produção por unidade de área resulta do produto do número de plantas na área pela produção por planta. Para uma determinada condição de ambiente, a produção por planta depende do seu arranjo no campo e de sua plasticidade morfológica (Pereira, 1989). Quando dois ou mais indivíduos requerem um mesmo fator de crescimento sem que o ambiente possa supri-lo simultaneamente em quantidade adequada, estabelece-se a competição entre os mesmos. A competição de plantas da mesma espécie, denominada intra-específica, determina a densidade de semeadura e a conseqüente população de plantas que resulta em maior produtividade de grãos e em melhor aproveitamento dos recursos do ambiente e dos insumos disponíveis para cada cultivar (Pereira, 1989). O número ideal de plantas por unidade de área seria aquele em que houvesse maior equilíbrio na ocupação de espaço e na utilização dos recursos disponíveis e menor competição entre os indivíduos (Silva et al., 2001).

Vários autores têm feito referência à relação negativa existente entre o número de plantas por área e a produção por planta. Em populações menores, a produção por planta é alta, embora por área seja baixa. Aumentando-se a população acontece o inverso, ou seja, a produção por planta decresce ao passo que a produção por área tende a aumentar. O decréscimo individual é compensado pelo aumento do número de indivíduos por área. A curva da produção por unidade de área passa por um máximo onde a população é ideal e, a partir daí, o decréscimo na produção individual não é compensado pelo aumento na população de plantas (Pereira, 1989).

Em geral, em culturas que apresentam um órgão específico com importância comercial, existe uma faixa ótima de população de plantas que proporciona uma produção econômica (Snyder & Carlson, 1984).

Entre os fatores que influenciam diretamente na produtividade do arroz está o arranjo das plantas no campo. À medida que plantas menos competitivas são selecionadas, menor pode ser o espaçamento



entre linhas. Para determinada condição de solo, clima, cultivar e tratos culturais, existe um número de plantas por área que conduz à mais alta produtividade (Yoshida, 1977).

A interação entre plantas de culturas anuais se dá pela competição por luz que se instala rapidamente, sendo desejável, portanto, um rápido crescimento da área foliar e uma arquitetura de planta que reduza ao máximo o auto-sombreamento (Bernardes, 1987).

No cultivo em terras altas, Santos et al. (1988) e Santos & Costa (1995) verificaram que o efeito do espaçamento entrelinhas sobre a produtividade de grãos da cultura de arroz foi mais expressivo que o da densidade de sementeira. Nas condições de cultivo em terras altas sem irrigação, o espaçamento entrelinhas é ampliado para 40 a 50 cm, a fim de permitir o controle mecânico das plantas daninhas e proporcionar maior garantia de umidade no caso de ocorrência de períodos de estiagem. Em espaçamentos menores, há maior demanda de água do solo, pois o perfilhamento por área é maior, o que reflete um maior acúmulo de matéria seca e biomassa fresca.

Com irrigação por aspersão, têm-se obtido maiores produtividades de grãos em espaçamentos intermediários aos recomendados para os sistemas de terras altas sem irrigação suplementar e irrigados por inundação. De maneira geral, há tendência de aumento na produtividade de grãos com a redução do espaçamento entre linhas, em relação ao recomendado para o sistema de cultivo sem irrigação, chegando a espaçamentos próximos ou iguais aos recomendados para o sistema irrigado por inundação (Stone & Pereira, 1994; Santos & Costa, 1995; Crusciol et al., 2000). À medida que o espaçamento aumenta, decrescem o índice de área foliar (IAF), a duração da área foliar (DAF) e a taxa de crescimento da cultura (TCC) (Santos & Costa, 1997). Em condições de irrigação suplementar por aspersão, Santos et al. (1988) verificaram que, sem aplicação de inseticida, a produtividade de grãos da cultivar IAC 165 foi maior quando o espaçamento ou a densidade de sementeira aumentaram. Com emprego de inseticidas, no entanto, houve interação entre espaçamento e densidade, e a produtividade foi maior na distância de 50 cm entrelinhas e 200 sementes m<sup>2</sup>.

Santos & Costa (1995) verificaram que a cultivar Guarani mostrou-se mais competitiva que a Araguaia, apresentando menor índice de colheita e maior influência da densidade de sementeira sobre a produtividade de grãos. Essas cultivares, ambas destinadas ao cultivo



em terras altas, comportam-se diferentemente quanto à população de plantas. A Guarani, de ciclo curto, apresentou maior produtividade no espaçamento de 30 cm e densidade de 130 sementes  $m^{-2}$ , enquanto a Araguaia, de ciclo médio, produziu melhor no espaçamento de 40 cm e densidade de 100 a 150 sementes  $m^{-2}$ . A redução do espaçamento entrelinhas aumenta o perfilhamento útil e proporciona melhor arranjo espacial das plantas da cultivar IAC 201 de arroz de terras altas em sistema irrigado por aspersão, resultando em maior produção de matéria seca (Crusciol et al., 1998a) e absorção de nutrientes (Crusciol et al., 1998b). Com a mesma cultivar, Crusciol et al. (2000) verificaram que a maior produtividade de grãos foi obtida com o espaçamento de 30 cm, o que foi atribuído ao maior número de panículas por área. A fertilidade de espiguetas aumentou com a densidade de semeadura. Com o objetivo de avaliar os efeitos da população de plantas sobre o comportamento das cultivares de arroz de terras altas Confiança e Canastra cultivadas sob irrigação por aspersão, Castro et al. (1999) verificaram que a produtividade de grãos foi maior no espaçamento de 40 cm, diferindo significativamente daquela no espaçamento de 20 cm, que foi similar à obtida com 30 cm. As densidades de 50, 70 e 90 sementes por metro não propiciaram diferenças na produtividade de grãos e outras características agrônômicas das duas cultivares. Também em condições irrigadas por aspersão, essas cultivares mostraram-se mais produtivas nos espaçamentos de 30 e 40 cm entre linhas e ausência de resposta para as densidades de semeadura estudadas (Santos et al., 2002). A menor produtividade de grãos obtida no menor espaçamento, 20 cm, foi atribuída ao menor número de grãos por panícula e à maior incidência de escaldadura nas folhas, embora se tenha verificado maior perfilhamento.

O espaçamento entre linhas tem destacada importância no balanço competitivo entre a cultura e as plantas daninhas, pois determina a velocidade e a intensidade do sombreamento provocado pela cultura, auxiliando na eficiência das medidas de controle empregadas pelo efeito supressivo no crescimento das plantas daninhas. Em espaçamentos mais amplos, a competição por nutrientes é maior, com isso, os efeitos das plantas daninhas sobre a composição química das plantas de arroz são mais acentuados. A biomassa das plantas daninhas decresce significativamente quando o espaçamento entre linhas é reduzido (Santos, 1999). Dependendo da ocorrência de determinadas espécies, o efeito supressivo do aumento da população de plantas de arroz no crescimento de plantas daninhas pode não ser efetivo. Tozani et al. (1993) observou que o aumento de densidade de semeadura e a redução no



espaçamento não foram suficientes para controlar a grande competição exercida pela tiririca (*Cyperus rotundus*).

A população de plantas influencia a incidência e a severidade de doenças, especialmente da brusone. Todas as medidas para aumentar a população de plantas favorece o rápido desenvolvimento da doença nas folhas. Dentre as técnicas de manejo recomendadas pela pesquisa para minimizar os danos de brusone no cultivo de arroz irrigado no sul do Brasil (Doenças, 2003), preconiza-se a semeadura com densidade normal e espaçamento não muito reduzido. Com isso, procura-se evitar a população excessiva de plantas e, conseqüentemente, o auto-sombreamento, que propicia um microclima favorável à severidade da brusone. Em condições irrigadas por aspersão, Castro et al. (1999) verificaram incremento da incidência de escaldadura nas folhas de arroz de terras altas com o maior espaçamento das entrelinhas.

São inúmeros os estudos desenvolvidos com o intuito de determinar a população de plantas mais adequada para a semeadura em linhas de arroz irrigado (Tabela 13.1). De modo geral, as densidades de semeadura estudadas variaram de 50 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de sementes e os espaçamentos entre linhas de 10 a 40 cm. Na maioria dos estudos, não se obteve resposta significativa na produtividade de grãos em função da densidade de semeadura dentro de uma determinada faixa de valores, quando as demais práticas culturais não foram limitantes, em virtude de haver compensação entre os componentes da produtividade (Jones & Snyder, 1987; Silveira Filho, 1987; Dario et al., 1988; Gravois & Helms, 1992; Pedroso & Giorgi, 1993; Pedroso, 1994; Marin & Bonapelch, 1995; Silva et al., 1995a; Mariot et al., 2003). O aumento na densidade de semeadura reduz o número de perfilhos por planta, no entanto aumenta o número total de colmos por área. A competição entre as plantas na maior densidade diminui o comprimento da panícula e o número de grãos por área, podendo reduzir a produtividade de grãos de arroz, conforme estudo conduzido por Lauretti et al. (1999) com a cultivar IAC 102 de arroz irrigado por inundação. Essa compensação tem sido atribuída à adaptação das plantas de arroz (Jones & Snyder, 1987; Silva et al., 2001; Gravois & Helms, 1992; Sousa et al., 1993b; Mariot et al., 2003).

Em alguns poucos trabalhos, o aumento da densidade de semeadura resultou em incremento da produtividade de grãos (Pedroso, 1990; Andrade & Amorim Neto, 1995). Efeitos do aumento da densidade até 150 kg ha<sup>-1</sup> de sementes foram verificados por Pedroso (1990), quando se efetuou o controle das plantas daninhas, e



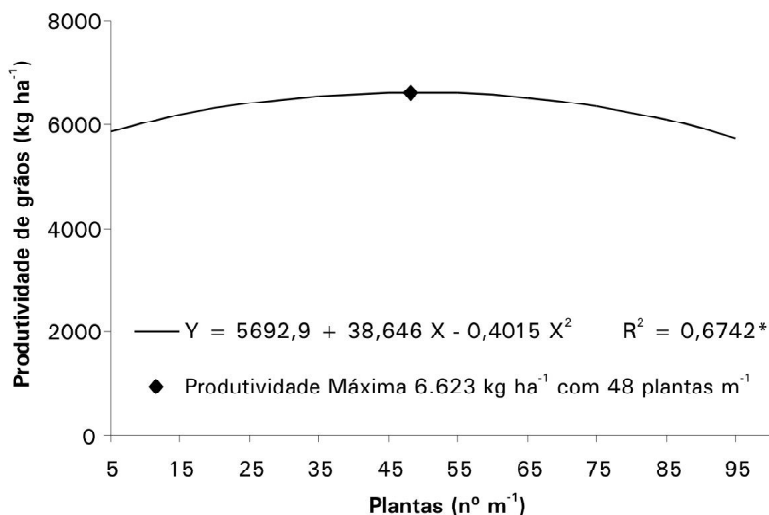
até 200 kg ha<sup>-1</sup>, em condições de competição. Fagundes et al. (1998) também evidenciaram resposta diferenciada da produtividade de grãos em função da densidade de semeadura. Devido à menor capacidade de perfilhamento da cultivar BRS Firmeza, os autores verificaram a necessidade da utilização de uma quantidade elevada de sementes, 200 kg ha<sup>-1</sup>, ao redor de 96 plantas m<sup>-1</sup>. Em Campos, RJ, Andrade & Amorim Neto (1995) consideraram a densidade de semeadura como o fator mais importante para a produtividade de grãos, em comparação ao espaçamento.

Jones & Snyder (1987) observaram que as respostas na produtividade de grãos e seus componentes, em função de diferentes densidades de semeadura e de espaçamentos, foram similares para cultivares altas e semi-anãs de arroz irrigado. Com isso, os autores consideraram que 80 a 100 kg ha<sup>-1</sup> são suficientes para se obter uma população adequada de plantas, nas condições do sul da Flórida, nos Estados Unidos. Verificaram também que, quando o crescimento reprodutivo ocorreu durante o período de radiação solar relativamente alta e temperaturas moderadas, os espaçamentos mais estreitos aumentaram significativamente a produtividade de ambos os tipos de planta. Sob condições climáticas menos favoráveis, houve compensação dos componentes, estabilizando a produtividade de grãos. Respostas positivas da produtividade de grãos com a redução do espaçamento também foram obtidas por Andrade e Amorim Neto (1995) com 20 cm, Marin & Bonapelch (1995) com 15 cm e Rieffel Neto et al. (2000) com 12,5 cm entrelinhas com distintos tipos de plantas e potenciais de produtividade. No entanto, Pedroso (1987) e Dario et al. (1988) encontraram maiores produtividades de grãos na distância de 30 cm. A capacidade de perfilhamento de cada genótipo está associada à plasticidade de resposta ao espaçamento entre linhas e à densidade de semeadura, já que ela interfere na relação entre a produtividade de grãos e a população de plantas (Pereira, 1989; Wu et al., 1998). Segundo Wu et al. (1998), existe efeito competitivo e compensatório entre os perfilhos e os componentes da produtividade, que promove a estabilidade da produtividade de grãos para um dado genótipo numa faixa de população de plantas.

Em estudo conduzido pela Embrapa Arroz e Feijão, na região tropical, a maior resposta da linhagem CNA 8502 de arroz irrigado foi obtida com 48 plantas por metro no espaçamento de 20 cm entre linhas, ou seja, 240 plantas m<sup>-2</sup> (Fig. 13.3)







**Fig. 13.3.** Produtividade de grãos da linhagem CNA 8502 de arroz irrigado em resposta às populações de plantas

De modo geral, para o sistema de semeadura convencional em linhas de arroz irrigado, recomenda-se a densidade de 400 a 500 sementes por metro quadrado e o espaçamento de 13 a 20 cm. Com isso, procura-se garantir uma população inicial de 200 a 300 plantas por metro quadrado (Sistemas..., 2005).

## Plantio direto

Nesse sistema, a semeadura é efetuada diretamente no solo não revolvido, contendo resíduos do cultivo anterior, antecedida ou seguida da aplicação de herbicida de ação total para controle das plantas daninhas e voluntárias. Somente é aberto um pequeno sulco ou cova com profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo, sendo que não mais de 25 a 30% da superfície do solo são movimentados (Sistemas..., 2005).

O plantio direto de arroz de terras altas está relacionado, basicamente, à conservação do solo. Esse é o sistema que confere maior proteção ao solo contra a erosão, pois há mobilização apenas na linha de semeadura, sendo os restos da cultura anterior e de plantas daninhas mantidos sobre a superfície, protegendo o solo contra o impacto das gotas de chuvas e permitindo que maior quantidade de água se infiltre no perfil do solo (Castro et al., 1987). A eficiência dos sistemas conservacionistas de preparo do solo no controle do



escorrimento superficial e, por conseguinte, nas perdas de água, pode representar maior armazenamento de água, menor risco das culturas quando ocorre veranico e, também, a possibilidade de redução da frequência de irrigação.

Para viabilizar o principal objetivo do plantio direto, que é a conservação do solo, três princípios básicos são fundamentais: a mínima movimentação do solo, a sua permanente cobertura e a prática de rotação de culturas (Sistemas...,2005).

No plantio direto, os valores de densidade do solo são mais altos, porém mais homogêneos ao longo do perfil. O sistema convencional apresenta valores baixos na camada preparada, aparecendo, logo abaixo, valores maiores, caracterizando o "pé-de-arado". Esse efeito é mais pronunciado em solos argilosos (Castro et al., 1987).

No sistema irrigado, comumente, o preparo do solo é efetuado no verão ou no fim do inverno e início da primavera, sendo, no último caso, com antecedência que permita a formação de uma cobertura vegetal.

Stone et al. (1980) obtiveram menores produtividades de arroz de terras altas sem irrigação com o plantio direto. Em condições de irrigação por aspersão, sob pivô central, Santos et al. (1997) verificaram que o plantio direto na cultura do arroz apresentou a menor relação benefício - custo, em comparação às semeaduras efetuadas em solo preparado com grade ou com arado. Nesse estudo, o plantio direto mostrou também ser menos eficaz quanto à produtividade de grãos.

No ecossistema de várzeas, o plantio direto de arroz irrigado por inundação controlada está mais relacionado ao controle de arroz vermelho e à redução dos custos de produção, do que à conservação do solo (Sistemas...,2005). Atualmente, esse sistema, juntamente com o cultivo mínimo, vem sendo empregado no Rio Grande do Sul em aproximadamente 47% da área total cultivada no estado (Gomes et al., 2004).

Vários estudos têm sido dedicados à avaliação do comportamento da cultura de arroz irrigado no plantio direto, em comparação aos sistemas de semeadura convencional e ao cultivo mínimo. Gomes et al. (1995) verificaram que a ocorrência de plantas daninhas nos sistemas de plantio direto e de cultivo mínimo foi menor do que a observada no sistema convencional, embora tenha havido necessidade de controle químico complementar. Na presença de arroz



vermelho, o arroz, cultivado sob os sistemas de plantio direto e de cultivo mínimo, apresentou produtividade superior à observada na semeadura em linha em solo preparado, convencional.

A rotatividade de áreas, que consiste no cultivo de arroz por um ano e de pousio da área durante dois anos subseqüentes ou mais, é comumente utilizada para reduzir a infestação de arroz vermelho. A possível inclusão do arroz irrigado no sistema plantio direto em várzeas da região tropical poderá resultar em menores danos à superfície do solo com a colheita, por apresentar maior resistência às pressões exercidas pelas esteiras das colhedoras. Além de beneficiar as culturas de entressafra, poderá ser incrementado o cultivo da soca, à exemplo do cultivo da safrinha do milho nas terras altas.

Em área anteriormente cultivada no sistema plantio direto por oito safras consecutivas, as produtividades de grãos da cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado foram similares nos sistemas de cultivo convencional e pré-germinado e estas maiores que no plantio direto sobre cobertura vegetal de inverno formada por azevém. Apesar da menor produtividade de grãos, o plantio direto tem-se mostrado viável em virtude de apresentar menor custo de produção que os demais (Marcolin et al., 2003).

Quanto à densidade de semeadura e ao espaçamento entre linhas recomendados para o cultivo de arroz irrigado no plantio direto, os resultados são também inconsistentes, assim como para os demais sistemas de plantio (Tabela 13.1). Martins et al. (1991) verificaram aumento do número de plantas, de colmos, de panículas e da porcentagem de esterilidade de espiguetas com o incremento da densidade de semeadura. Por sua vez, o número de grãos por panícula e a massa da panícula comportaram-se de maneira inversa. A maior produtividade de grãos foi obtida com 90 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, sendo, em valor absoluto, 5% superior ao obtido com a densidade de 170 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, que foi o segundo melhor tratamento. Nesse estudo, as produtividades não diferiram com relação aos espaçamentos. Sousa et al. (1993a) obtiveram maior produtividade com 170 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, sendo significativamente superior apenas à obtida com a densidade de 90 kg ha<sup>-1</sup> de sementes. Por outro lado, Sousa et al. (1993b) não verificaram diferenças significativas na produtividade da cultivar BR Irga 410, sob plantio direto, em função da densidade de semeadura, que variou de 90 a 210 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, e de espaçamentos de 15,8 a 24,8 cm entre linhas. Os autores concluíram que a plasticidade apresentada pela cultura de arroz irrigado está associada, em densidades maiores, à produção de maior número de



panículas por área e, em densidades menores, à capacidade das plantas em compensar o menor número de panículas com a produção de maior quantidade de grãos por panícula. A plasticidade morfológica apresentada pelas plantas é fortemente afetada pela espécie e pelo genótipo dentro da espécie (Pereira, 1989). Estudos desenvolvidos na Embrapa Clima Temperado, envolvendo o sistema plantio direto (Sousa et al., 1995), demonstram que o comportamento do arroz em função da população de plantas é semelhante ao observado no sistema convencional de cultivo. Gomes et al. (2004) menciona que há vários fatores que podem influenciar a germinação das sementes e a emergência das plântulas. Com isso, atualmente, aplica-se como regra geral, a necessidade de uma quantidade de 200 a 300 plantas de arroz  $m^{-2}$ .

Avaliando o comportamento do arroz irrigado em plantio direto e de espécies forrageiras de inverno, Dias et al. (1995) verificaram que a aveia preta apresentou desempenho destacado em termos de produção de matéria seca da parte aérea. Isto indica que ela poderá ser usada para pastejo e formação de cobertura morta, como espécie alternativa ao azevém, que é a única forrageira atualmente utilizada para essas finalidades. Verificaram também que as produtividades de arroz obtidas no plantio direto foram semelhantes ou superiores às do sistema convencional. Em terras altas, para uma adequada cobertura vegetal, são requeridas em torno de 5 a 6 toneladas de matéria seca  $ha^{-1} ano^{-1}$ . Para o cultivo de arroz irrigado no sistema plantio direto ou cultivo mínimo, Gomes et al. (2004) recomendam em torno de 2 a 3 t  $ha^{-1} ano^{-1}$ .

O controle das plantas daninhas em pós-emergência torna-se mais difícil à medida que aumenta a altura da cobertura vegetal, na superfície do solo, tanto no plantio direto (Marín, 1995) quanto no cultivo mínimo (Marín & Figueroa, 1995). Na presença de uma cobertura vegetal alta, 15 cm, Marín (1995) obteve redução significativa na produtividade do arroz em relação ao verificado nas alturas de corte de 5 cm e 10 cm.

O plantio direto possibilita a utilização mais racional da maquinaria, haja vista o seu custo de operações que, foi 2,5 vezes menor que a semeadura convencional (Marín & Figueroa, 1995).

### Cultivo mínimo

Nesse sistema, efetua-se um preparo reduzido do solo até aproximadamente 60 dias antes da semeadura do arroz irrigado, para promover a germinação das sementes de plantas daninhas e voluntárias, bem como para reduzir as irregularidades da superfície do solo



provocadas pelas esteiras das colhedoras. É o sistema em que se utiliza menor mobilização do solo, em comparação ao convencional. Por ocasião da semeadura do arroz, que é realizada diretamente no solo sem revolvimento, faz-se aplicação prévia de herbicida de ação total para dessecar a cobertura vegetal. O número de operações de preparo não é fixo, podendo variar em função das características do solo e do teor de umidade. No cultivo mínimo, as operações de preparo do solo são semelhantes às realizadas no plantio direto, diferindo apenas na época de realização, visto que estas ocorrem no final do inverno ao início da primavera, de 60 a 45 dias antes da semeadura, possibilitando a formação de uma cobertura vegetal. No cultivo mínimo, a cobertura vegetal é formada apenas por espécies que se estabelecem espontaneamente após o preparo, constituindo-se principalmente das plantas daninhas associadas à cultura do arroz irrigado, como o arroz vermelho e o capim-arroz (*Echinochloa* spp). O preparo do solo antecipado, tanto no cultivo mínimo como no plantio direto, visa a corrigir pequenas imperfeições de microrrelevo, preparar a superfície do solo para receber as sementes de arroz e, principalmente, estimular a germinação de sementes de plantas daninhas, como o arroz vermelho (Gomes et al., 2004). Por ocasião do preparo do solo é conveniente que se faça também o entaipamento, que deverá ser de base larga e de perfil baixo (Sistemas..., 2005). Assim, essas taipas podem ser transpostas por máquinas e tratores sem maiores danos à sua estrutura e permitem, também, realizar a semeadura do arroz sobre elas. A incidência de plantas daninhas, especialmente arroz vermelho, é reduzida devido ao não revolvimento do solo.

Avaliando o comportamento do arroz irrigado nos sistemas de cultivo mínimo e de semeadura convencional, em linhas e a lanço, e a eficiência desses sistemas no controle de arroz vermelho, Menezes (1991) verificou que não houve diferenças na produtividade de grãos, na ausência de arroz vermelho. Entretanto, nas parcelas infestadas, o cultivo mínimo produziu mais que o sistema convencional em linhas e a lanço. A redução da produtividade de grãos devido à competição de arroz vermelho foi de 38 e 36% na semeadura em linha e a lanço, respectivamente. No cultivo mínimo, as plantas tiveram crescimento inicial mais lento e menor altura final, em relação aos demais sistemas avaliados.

As cultivares comportam-se diferentemente em relação aos sistemas de plantio (Silva et al., 1995b). O número de colmos por metro quadrado das cultivares Bluebelle, Irga 416, BR-Irga 409 e Embrapa 7 Taim foi maior no sistema convencional em relação ao cultivo mínimo



(Silva et al., 1993b). Em outro estudo, Silva et al. (1995b) verificaram que, no cultivo mínimo, as cultivares Irga 416 e Embrapa 7-Taim apresentaram, respectivamente, produtividades de grãos 23 e 20% superiores, em relação ao sistema convencional, ao passo que as produtividades das cultivares Bluebelle e BR Irga 409 não diferiram. As respostas das cultivares variam de ano para ano. No cultivo mínimo houve menor número de panículas por área e maior número de grãos por panículas em comparação ao sistema convencional (Silva et al., 1995b) e maior duração do período de enchimento de grãos, que foi mais longo nas cultivares de ciclo curto em relação às de ciclo médio (Silva et al., 1993a).

Em estudo desenvolvido por Silva et al. (1995a), com duas cultivares de arroz irrigado no sistema de cultivo mínimo, a densidade de semeadura não influenciou a produtividade de grãos. Contudo, à medida que o espaçamento foi ampliado de 10 para 30 cm, a produtividade de grãos reduziu em 9 e 15% nas distâncias de 20 e 30 cm entrelinhas, respectivamente. A maior produtividade de grãos no espaçamento mais estreito foi atribuída ao maior número de panículas por área, uma vez que os outros dois componentes da produtividade, número de grãos por panícula e massa de grãos, não foram afetados pelo espaçamento.

Assim como no plantio direto, no cultivo mínimo os orizicultores tendem a usar maior densidade de semeadura do que a empregada no sistema convencional de plantio. Com isso, com regra geral, admite-se que a população adequada para esse sistema é de 200 a 300 plantas de arroz por metro quadrado.

## TRANSPLANTIO

O transplântio é amplamente usado nos países asiáticos e, na América Latina, além do Brasil, é empregado no Equador, Peru e Panamá. No Brasil, a adoção do sistema mecânico de transplante de arroz iniciou-se na década de quarenta, no vale do Paraíba, em São Paulo, e no Estado de Santa Catarina. Esse sistema passou a ser utilizado para produção de sementes, principalmente em regiões onde não havia mais disponibilidade de novas áreas e aquelas já cultivadas se encontravam infestadas de arroz vermelho e plantas voluntárias (Petrini et al., 2004). Na Região Nordeste, é usado em pequenas lavouras. No sul do Brasil é muito pouco utilizado e está restrito aos campos de produção de sementes. É um sistema de semeadura indireta, no qual o arroz é semeado inicialmente em sementeira ou viveiro, em solo bem preparado e, assim que as mudas atingem tamanho adequado para o



transplântio, são levadas para o campo definitivo. Esse sistema possibilita a obtenção de um produto de qualidade mais elevada, sendo recomendado, portanto, para a produção de sementes de alta qualidade. Para conseguir alta pureza varietal, a técnica de eliminação de plantas, atípicas no campo de produção, também denominada de purificação ou "roguing", é prática fundamental e torna-se facilitada quando se emprega o sistema de transplântio. Dessa forma, são arrancadas e destruídas todas as plantas fora do padrão da cultivar em multiplicação, ou plantas pertencentes a outras cultivares e espécies. Nesse processo de eliminação devem ser incluídas as plantas com sintomas de doença, mormente daquelas cujos patógenos são veiculados pela semente. As plantas daninhas nocivas, que não foram controladas pelos sistemas convencionais e são problemáticas, devem ser eliminadas.

O transplântio manual é mais indicado para utilização em áreas menores ou onde não haja deficiência de mão-de-obra. Para transplantar manualmente um hectare, é necessário o equivalente ao trabalho diário de 30 a 40 homens. Esse sistema compreende as fases de produção de mudas e de transplântio propriamente dito e constitui-se no método mais eficiente de controle do arroz vermelho.

### Produção de mudas

Para o transplântio manual, as mudas são produzidas em canteiros e a sementeira deve situar-se próxima ao local do plantio definitivo, onde haja facilidade de irrigação por inundação e drenagem, e protegido do ataque de animais.

Inicialmente, o solo é preparado e feita a adubação adequada. A seguir, são construídos os canteiros, medindo 5 a 10 cm de altura por 1,00 a 1,50 m de largura. O comprimento varia de acordo com a quantidade prevista de mudas. Os canteiros devem estar nivelados de forma a permitir uma lâmina de 1 a 2 cm de água após a semeadura. Um canteiro, ou vários, com área de 300 a 500 m<sup>2</sup>, pode receber de 40 a 50 kg de sementes e pode produzir mudas suficientes para um hectare. Recomenda-se empregar de 60 a 100 g m<sup>-2</sup> de fertilizante nitrogenado, o qual deve ser incorporado ao solo antes da semeadura.

A semeadura pode ser feita em linhas ou a lanço. No método em linhas, deve-se empregar o espaçamento de 10 a 15 cm e 100 a 150 sementes m<sup>-1</sup> para facilitar o arranquio das mudas, por ocasião do



transplante, e reduzir os danos causados às raízes. No método a lanço, a densidade de semeadura deve ser de 100 g m<sup>-2</sup> (Cultivo..., 1985).

Cinco dias após a semeadura, a sementeira deve ser irrigada, procurando-se manter uma lâmina de, aproximadamente, 1 cm. Com o desenvolvimento das plântulas, a lâmina de água deve ser aumentada até 5 cm de altura para propiciar o controle de plantas daninhas. É recomendável que a sementeira seja drenada periodicamente para estimular a produção de mudas vigorosas. A inundação do solo com quantidade excessiva de água, durante longo período, produz mudas altas e débeis, que não se recuperam com facilidade após o transplante. Um dia antes do arranquio das mudas, a sementeira deve ser inundada a fim de tornar o solo mais brando e facilitar a sua extração. As mudas de arroz são tenras e os colmos podem romper-se, se manejadas bruscamente. Dano demasiado às raízes ou colmos prolonga o ciclo, reduz o perfilhamento e, conseqüentemente, diminui a produtividade de grãos.

Após o arranquio, as mudas são separadas, selecionadas, lavadas em água corrente e agrupadas em feixes de tamanho conveniente, facilitando o manejo durante o transplante. O transplântio realizado em linhas facilita o “roguing”.

Para o transplante mecânico, as mudas são produzidas em caixas apropriadas, de madeira ou plásticas, com fundo perfurado, com 5 cm de altura e o comprimento e a largura de acordo com a transplantadora a ser usada. Em geral, essas dimensões são de 60 cm de comprimento e 30 cm de largura. São necessárias cerca de 120 a 130 caixas para trasplantar um hectare, com possibilidade de reutilização a cada 20 dias. O solo a ser utilizado deve ser, preferencialmente, de textura franco arenosa, baixo teor de matéria orgânica e livre de sementes de espécies nocivas, toleradas ou proibidas. Após peneirado em malha de 5 mm, é colocado nas caixas numa espessura de 2,5 cm. O volume de solo para o enchimento de uma caixa é de cerca de cinco litros, dependendo do tamanho da caixa que pode variar de acordo com o tipo de transplantadora. Recomendam-se semear 200 a 300 g de sementes por caixa, previamente pré-germinadas, cobrindo-as com uma camada de 1 cm de solo (Cultivo..., 1985; Sistemas..., 2005).

Um procedimento alternativo no preparo das bandejas para a produção de mudas de arroz seria: a) revestir as bandejas com papel; b) colocar em cada bandeja 2 L de uma mistura de areia e solo na proporção de 1:2; c) semear cerca de 200 g de sementes; e d) cobrir as sementes com 1 L da mesma mistura de areia e solo (Fig. 13.4).





Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 13.4. Preparo das bandejas para produção de mudas de arroz irrigado.

Após a semeadura, regam-se e empilham-se as caixas em camadas de dez, cobrindo-as com lona plástica, de preferência à sombra, até a emergência das plântulas. Após essa fase, espalham-se as caixas em um viveiro protegido contra o ataque de pássaros e ratos, e irriga-se diariamente até que as mudas atinjam o estágio de duas a três folhas, cerca de 12 a 18 dias, quando estarão aptas para o transplante mecânico. Caso ocorram pragas e doenças durante esse período, devem ser controladas por meio de pulverizações com defensivos específicos. Não há necessidade de adubar o solo a ser utilizado nas caixas; caso as mudas apresentem sintomas de deficiência de nitrogênio, deve ser aplicado, em cobertura, de 50 a 100 g m<sup>-2</sup> de sulfato de amônio ou 20 a 40 g m<sup>-2</sup> de uréia. No transplante mecânico são necessários aproximadamente 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de sementes.

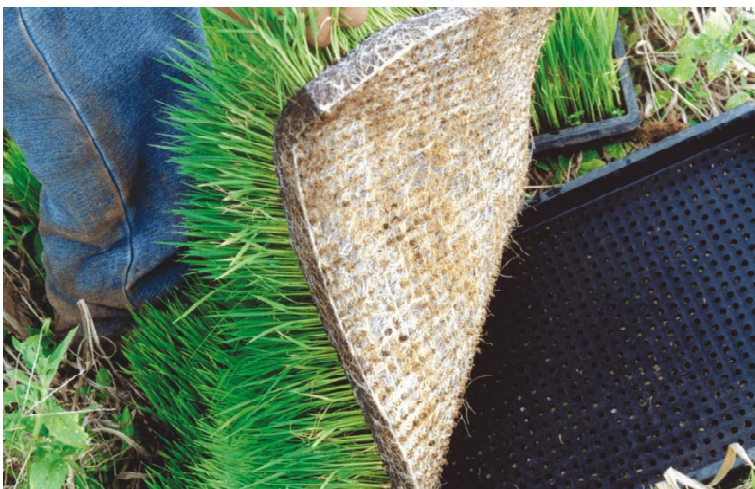
### Transplante

No método manual, as mudas devem ser transplantadas em áreas previamente drenadas ao atingirem 20 a 30 dias de idade, o que corresponde a uma altura ao redor de 25 cm, enquanto no método mecânico, ao atingirem ao redor de 12 cm de altura, o que se verifica por volta de 18 dias após a semeadura (Fig. 13.5). No momento do transplante, as caixas devem estar com umidade adequada para facilitar o desempenho da transplantadora.

A idade adequada da muda para o transplante pode variar de acordo com a temperatura do ar e com o ciclo da cultivar. As cultivares de ciclo longo são menos afetadas pelo transplante tardio que as de ciclo curto ou médio. Para cada dia de atraso no transplante, após 30 dias de idade das mudas, o ciclo aumenta em 0,65 dia.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 13.5.** Mudas com tamanho adequado para o transplante.

O espaçamento entre mudas pode variar de 10 x 10 cm a 30 x 30 cm. Espaçamentos superiores a 30 x 30 cm reduzem a produtividade de grãos e favorecem a competição das plantas daninhas, enquanto que, abaixo de 10 x 10 cm, requerem excessiva mão-de-obra. O número de mudas recomendado por cova deve ser de 2 a 6, sendo o maior número utilizado nos casos de mudas de maior idade ou em espaçamentos maiores.

O desenvolvimento da cultura do arroz irrigado, cultivar CICA 8, foi similar em todos os espaçamentos utilizados no transplante e números de mudas por cova. Entretanto, espaçamentos mais estreitos, 20 x 20 cm, favoreceram a cobertura mais rápida do solo com a folhagem do arroz (Ciat, 1979). As produtividades de grãos foram maiores quando o arroz foi transplantado em espaçamentos menores, independente do número de mudas por cova. Isto indica que a cultivar CICA 8 pode ser transplantada no espaçamento 20 x 20 cm com duas a seis mudas por cova. O número de perfilhos efetivos que cada planta produziu em cada cova foi menor na distância de 20 x 20 cm que em distâncias maiores, mas a produtividade total de grãos foi maior e o número total de perfilhos por unidade de área foi aumentado, indicando uma melhor utilização do espaço disponível e da energia que a planta necessita durante a fase reprodutiva.

Ahmed & Moody (1980) verificaram mudança drástica da flora de plantas daninhas no transplante conduzido em área anteriormente cultivada com arroz semeado diretamente. No transplante, o número de plantas daninhas foi menor que 50% e a produção de matéria seca



foi apenas 5% da observada na semeadura direta. Avaliando diferentes sistemas de plantio de arroz irrigado, Silveira Filho (1987) também observou menor incidência de plantas daninhas no transplântio.

Existe correlação inversa entre o número de mudas e a produção de matéria seca de plantas daninhas. Estas, por sua vez, estão em relação direta com o espaçamento entre covas.

Estudos realizados no CIAT (Ciat, 1979) destacaram o transplântio como o sistema de plantio mais apropriado para prevenir a competição de plantas daninhas e para eliminar o arroz vermelho, em comparação à semeadura a lanço com sementes secas ou pré-germinadas. Ademais, propiciou a maior produtividade de grãos com menor custo no cultivo principal e resultou no melhor cultivo da soca.

As transplantadoras permitem regulagens de três a dez mudas por cova, espaçamento entre 14 e 22 cm entre covas e 30 cm entre linhas (Fig. 13.6). O rendimento médio de uma transplantadora com seis linhas é em torno de 3.000 m<sup>2</sup> por hora, ou seja, três horas para transplantar um hectare, sendo necessárias 120 a 130 caixas de mudas por hectare. A inundação permanente deve ser feita após o pegamento das mudas, o que ocorre dois a três dias após o transplante.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 13.6.** Transplante mecanizado de mudas de arroz irrigado.

O preparo do solo, manejo da água, controle de plantas daninhas, de insetos e de doenças são idênticos ao recomendado para o sistema pré-germinado (Fig. 13.7).





Fig. 13.7. Lavoura de arroz irrigado com 30 dias após o transplântio.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, N. U.; MOODY, K. Effect of method of seeding and weed control on weed growth and yield of two rice crops grown in sequence. **Tropical Pest Management**, London, v. 26, n. 3, p. 303-308, 1980.
- ANDRADE, W. E. de B.; AMORIM NETO, S. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas em cultivares de arroz irrigado no Estado do Rio de Janeiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 420, p. 9-11, mar./abr. 1995.
- BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p. 13-48.
- CASTRO, A. P.; SOARES, A. A.; SANTOS, P. G. CARVALHO, S. P. de. Efeito do espaçamento e da densidade de semeadura sobre a produção de grãos de arroz de sequeiro cultivado sob condições irrigadas por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 191-194.
- CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R.; MARIA, I. C. de. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.
- CIAT. **Annual Report 1978**. Cali, 1979. p. D8-D9.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Desenvolvimento de plantas em função do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura em arroz irrigado por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998a. v. 1, p. 21-24. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 85).





CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Produção de matéria seca e nutrição do arroz, cv. IAC 201, em função do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura, sob irrigação por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998b. v. 1, p. 25-28. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 85).

CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F. Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1093-1100, jun. 2000.

CULTIVO por transplântio. In: RAMOS, M. G.; ZANINI NETO, J. A.; MOREL, D. A.; NOLDIN, J. A.; MARQUES, L. F.; MIURA, L.; SCHMITT, A.T.; FROSI, J. F.; ALTHOFF, D. A. **Manual de produção do arroz irrigado**. Florianópolis: EMPASC, 1985. p. 101-106. (Sistemas de Produção. Boletim, 270).

DARIO, G. J. A.; DARIO, P. W.; ONODA, S. M.; RIBEIRO, R. C. S.; VIEIRA, J. V. Efeitos de espaçamentos e densidades de semeadura na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em várzea do Vale do Sapucaí, Minas Gerais. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., 1988, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1988. p. 126-130.

DIAS, A. D.; GOMES, A. da S.; PEÑA, Y. A.; SOUSA, R. O. Desempenho do arroz irrigado em plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 146-149.

DINGKUHN, M.; SCHNIER, H. F. DE DATTA, S. K.; DORFFLING, K.; JAVELLANA, C. Relationships between ripening-phase productivity and crop duration, canopy photosynthesis and senescence in transplanted and direct-seeded lowland rice. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 26, n. 3/4, p. 327-345, June 1991.

DOENÇAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 89-96.

EBERHARDT, D. S. Consumo de água em lavoura de arroz irrigado sob diversos métodos de preparo do solo. In: ENCONTRO ESTADUAL DO SISTEMA PRÉ-GERMINADO, 1., Pelotas, 1995. **Resumos...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1995. p. 46-51.

EBERHARDT, D. S.; BACHA, R. E. Preparo do solo e manejo da água. In: EPAGRI. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis, 2002. p. 61-70.

EPAGRI. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis, 2002. 273 p.

FAGUNDES, P. R. R.; MACHADO, M. O.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de; TERRES, A. L. LANNES, S. D.; SILVA, G. F. dos. Efeito da densidade de semeadura e do espaçamento entre fileiras sobre o rendimento de grãos de cinco genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). **Agropecuária de Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 203-210, 1998.

FAGUNDES, P. R. R.; PETRINI, J. A.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de; TERRES, A. L. FRANCO, D. F. Densidade de semeadura para três cultivares de arroz irrigado, no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 199-201.



GOMES, A. de S.; SOUSA, R. O.; PAULETTO, E. A.; PEÑA, Y.A. Desempenho do arroz irrigado sob sistema de plantio direto. **Lavoura Arroeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 418, p. 3-8, jan./fev. 1995.

GOMES, A. de S.; PAULETTO, E. A.; PETRINI, J. A.; SOUSA, R. O. Manejo da água em arroz irrigado: implicações e recomendações técnicas. In: GOMES, A. de S.; PAULETTO, E. A. (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999a. p. 163-200.

GOMES, A. de S.; PETRINI, J. A.; VERNETTI JUNIOR, F de J. Sistema de cultivo de arroz em várzeas, na região Sul. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1999b. v. 2, p. 213-237. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 96).

GOMES, A. de S.; PAULETTO, E. A.; VERNETTI JUNIOR, F de J.; SOUSA, R. O. Plantio direto e cultivo mínimo em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 349-386.

GRAVOIS, K. A.; HELMS, R. S. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 1, p. 1-4, Jan./Feb. 1992.

HUSSAIN, A.; REDDY, P. R. Influence of sowing depth, soil compaction and rate of imbibition by cariopsis and seed hardness on seedling growth of upland rice. **Indian Journal of Agriculture Sciences**, New Delhi, v. 43, n. 10, p. 942-945, 1973.

ISHIY, T. Semeadura. In: EPAGRI. **Arroz irrigado: sistema pré-germinado**. Florianópolis, 2002. p. 125-131.

JONES, D. B.; SNYDER, G. H. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of drill-seed rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 4, p. 623-626, July/Aug. 1987.

LAURETTI, R. L. B.; CRUCIOL, C. A. C.; SILVA, R. H.; GONÇALVES, J. R. P.; BARELA, C. F. Efeito da densidade de semeadura na participação do colmo principal e dos perfilhos na produtividade da cultura do arroz irrigado por inundação em cultivo tardio na região de Botucatu - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 227-229.

MARCOLIN, E.; CORRÊA, N. I.; LOPES, M. S.; MACEDO, V. R. M.; MARQUES, J. B. B. Determinação do consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 263-265.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M.; GENRO JÚNIOR, S. A. Rendimento de grãos da cultivar IRGA 422CL em três sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 210-211.

MARÍN, A. R. Efecto de la cubierta vegetal sobre el comportamiento de arroz en siembra directa. In: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA. Estación Experimental Agropecuária Corrientes. **Proyecto arroz: campaña 1994-1995**. Corrientes, 1995. p. 39-42.



- MARÍN, A. R.; BONAPELCH, E. Efecto del espaciamento y densidad de sementeira sobre el rendimento de arroz. In: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA. Estación Experimental Agropecuária Corrientes. **Proyecto arroz:** campaña 1994-1995. Corrientes, 1995. p. 71-76.
- MARÍN, A. R.; FIGUEROA, E. Evaluación de sistemas de labranzas y siembra en arroz. In: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA. Estación Experimental Agropecuária Corrientes. **Proyecto arroz:** campaña 1994-1995. Corrientes, 1995. p. 25-34.
- MARIOT, C. H. P.; SILVA, P. R. F. da; MENEZES, V. G. RIEFFEL NETO, S. R.; TEICHMANN, L. L. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado à densidade de sementeira e à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 233-241, fev. 2003.
- MARTINS, J. F. da S.; SOUSA, R. O.; DIAS, A. D.; GOMES, A. da S. Densidade de sementeira e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado cultivado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 99-101.
- MENEZES, V. G. Avaliação do sistema de cultivo mínimo em arroz irrigado no controle de arroz vermelho. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 276-279.
- PEDROSO, B. A. Efeito de métodos de seleção no desempenho de arroz irrigado em quatro densidades, com e sem controle de plantas daninhas. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., 1990, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990. p. 81. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 26).
- PEDROSO, B. A. Efeito do ponto de colheita de duas cultivares de arroz irrigado em quatro densidades de sementeira. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 415, p. 3-5, jul./ago. 1994.
- PEDROSO, B. A. Densidade e espaçamento entre linhas para arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 125. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).
- PEDROSO, B. A.; GIORGI, I. U. Avaliação da cultivar IRGA 416 em seis épocas e três densidades de sementeira. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 109-111.
- PEÑA, Y. A.; GOMES, A. da S.; DIAS, A. D. Avaliação preliminar do comportamento do sistema radicular de cultivares de arroz irrigado testadas sob diferentes sistemas de cultivo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 143-146.
- PEREIRA, A. R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 41, n. 1, p. 5-11, jan./abr. 1989.
- PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; SOUZA, P. R. de; BACHA, R. E.; TRONCHONI, J. G. Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 387-416.
- PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; XAVIER, F. E.; SILVA, O. S.; SMIDERLE, O.; ARTUZI, J. P. Estudo preliminar do desempenho do sistema de sementeira de arroz pré-germinado no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa* L.). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 128-130.



PETRINI, J. A.; TAVARES, W. R. F.; FRANCO, D. F. Avaliação da densidade de semeadura no sistemas de cultivo de arroz pré-germinado. In: ENCONTRO ESTADUAL DO SISTEMA DO ARROZ PRÉ-GERMINADO, 2.; SEMINÁRIO DO ARROZ PRÉ-GERMINADO DO MERCOSUL, 1., 1998, Torres. **Anais...** Pelotas: Grupo do Arroz Pré-germinado, 1999. p. 115-117.

RIEFFEL NETO, S. R.; SILVA, P. R. F. da; MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P. Resposta de genótipos de arroz irrigado ao arranjo de plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2383-2390, dez. 2000.

SANTOS, A. B. dos. Sistemas de plantio. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 354-374.

SANTOS, A. B. dos; COSTA, J. D. Comportamento de cultivares de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 1-8, jan./abr. 1995.

SANTOS, A. B. dos; COSTA, J. D. Crescimento de arroz de sequeiro em diferentes populações e irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 591-599, jun. 1997.

SANTOS, A. B. dos; FERREIRA, E.; AQUINO, A. R. L. de; SANT'ANA, E. P.; BALDT, A. F. População de plantas e controle de pragas em arroz de sequeiro com complementação hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 4, p. 397-404, abr. 1988.

SANTOS, A. B. dos; SILVA, O. F. da; FERREIRA, E. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 3, p. 317-327, mar. 1997.

SANTOS, P. G.; CASTRO, A. P. de; SOARES, A. A.; CORNÉLIO, V. M. de O. Efeito do espaçamento e densidade de semeadura sobre a produção de arroz de terras altas irrigado por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 480-487, 2002.

SCHIOCCHET, M. A.; NOLDIN, J. A. Densidade de semeadura para arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 130-132.

SCHIOCCHET, M. A.; NOLDIN, J. A. Efeito da densidade de semeadura de três cultivares de arroz irrigado sobre o rendimento de grãos e algumas características agronômicas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 106-110.

SILVA, P. R. F. da; MARIOT, C. H. P.; MENEZES, V. G.; CARMONA, R. de C.; TEICHMANN, L. L. Competição intra-específica em plantas de arroz irrigado em função de densidade de semeadura e adubação nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 216-218.

SILVA, P. R. F. da; MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; CARMONA, R. C.; REZERA, F. Resposta de duas cultivares de arroz irrigado a três densidades de semeadura e a três espaçamentos entre linhas. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995a. p. 153-154.

SILVA, P. R. F. da; MENEZES, V. G.; MARIOT, C. H. P.; CARMONA, R. de C.; REZERA, F. Comparação de cultivares de arroz irrigado nos sistemas de semeadura convencional e em cultivo mínimo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995b. p. 155-156.





SILVA, P. R. F. da; SOUZA, P. R. de; MENEZES, V. G.; TREZZI, M. M.; SILVA, P. R. A. Crescimento e desenvolvimento de cultivares de arroz irrigado em dois sistemas de semeadura. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993a. p. 124-125.

SILVA, P. R. F. da; SOUZA, P. R. de; MENEZES, V. G.; TREZZI, M. M.; ROCHA, A. B. da; SILVA, P. R. A. Taxa e duração do enchimento de grãos de cultivares de arroz irrigado, em dois sistemas de semeadura. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993b. p. 121-123.

SILVEIRA FILHO A. Práticas culturais e controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 129. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).

SISTEMAS de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO NACIONAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria. **Arroz irrigado:** recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 43-50.

SNYDER, F. W.; CARLSON, G. E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. **Advances in Agronomy**, New York, v. 37, p. 47-72, 1984.

SOUSA, R. O.; GOMES, A. da S.; MARTINS, J. F. da S.; PEÑA, Y. A. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 69-74, 1995.

SOUSA, R. O.; GOMES, A. da S.; SBICIGO, M. Densidade de semeadura para o arroz irrigado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993a. p. 138-139.

SOUSA, R. O.; MARTINS, J. F. da S.; GOMES, A. da S.; SILVA, L. S. Densidade de semeadura e espaçamento entre linhas para o arroz irrigado cultivado no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993b. p. 139-141.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 11, p. 1701-1713, nov. 1994.

STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos; STENMETZ, S. Influência de práticas culturais na capacidade de retenção de água do solo e no rendimento do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 63-68, jan. 1980.

TOZANI, R.; MONTEIRO, L. R.; MOREIRA, L. B.; SILVA, E. R.; LOPES, H. M. Interferência de *Cyperus rotundus* em arroz de sequeiro em diversas densidades e espaçamentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p. 69-70.

VARADE, S. B.; GHILDYAL, B. P. Effect of bulk density and seed placement on upland rice seedling emergence. **Agronomy Journal**, Madison, v. 60, n. 2, p. 240-241, Mar./Apr. 1968.

WU, G.; WILSON, L.; McCLUNG, A. M. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. **Crop Science**, Madison, v. 90, n. 3, p. 317-323, 1998.

YOSHIDA, S. Rice. In: ALVIM, P. de T.; KOZLOWSKI, T.T. (Eds.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic Press, 1977. p. 57-87.



# Fauna Prejudicial

Evane Ferreira

**RESUMO** - Animais pertencentes às classes Mammalia (ratos), Aves (pássaros), Secernentea (nematóides), Oligochaeta (minhocas), Gastropoda (caramujos), Arachnida (ácaros), Crustacea (caranguejos), Symphyla (centopéia do jardim) e Insecta (insetos) podem infestar os arrozais e lhes causar algum tipo de dano. Em geral, os da classe Insecta são os mais freqüentes e prejudiciais. A perda anual de produção de arroz devido ao ataque de insetos foi estimada em 18,7%, sendo 10% em nível de lavoura e 8,7% em nível de arroz armazenado em casca e descascado. Os principais insetos que atacam o arroz no campo podem ser agrupados quanto às suas fases daninhas em: 1) Adultos mastigadores, representados por cupins rizófagos (*Procornitermes* spp., *Syntermes*) e formigas cortadeiras (*Acromyrmex* spp. e *Atta* spp.); 2) Larvas mastigadoras, representadas pela broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)), broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* (Fabricius)), lagarta-dos-arrozais (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)), lagarta-dos-capinzais (*Mocis latipes* (Gunée)) e lagarta-das-paniculas (*Pseudaletia adultera* (Schaus)); 3) Adultos e larvas mastigadoras, como o cascudo-preto ou bicho-bolo (*Euetheola humilis* (Burmeister)), gorgulho-aquático ou bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae* (Costa Lima)), 4) Adultos e larvas sugadoras- percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris* (Stal); percevejo-das-paniculas, *Oebalus poecilus* (Dalas); cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (Stal); pulgão-da-raiz, *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki). No armazenamento destacam-se: traça-dos-cereais, *Sitotroga cerealella* (Olivier); gorgulho, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) e furador-pequeno-dos-grãos, *Rhizopertha dominica* (Fabricius). Informações sobre a biologia, ecologia e manejo dessas espécies são apresentadas.

## INTRODUÇÃO

Nos agroecossistemas de arroz no Brasil, terras altas e várzeas, irrigadas ou não, ocorrem diferentes tipos de animais, dos quais destacam-se como importantes para estudo aqueles que exercem funções benéficas e aqueles prejudiciais aos arrozais. Neste capítulo, é dada uma informação geral sobre a fauna prejudicial ao arroz, tratando de modo resumido da descrição e hábitos, importância e tipo de dano e manejo, incluindo, neste último, observações sobre os organismos benéficos, quando for o caso. Os animais prejudiciais serão representados por espécies das classes Mammalia, Aves, Secernentea, Oligochaeta, Gastropoda, Arachnida, Crustacea, Symphyla e,



principalmente, Insecta. Estes são responsabilizados pela maior parte da perda anual de produção, estimada em 10%, em nível de lavoura (Ferreira & Martins, 1984; Ferreira, 1998a, 1999). Após a colheita do arroz, o problema de pragas ainda pode ter continuidade nos armazéns. Existem várias espécies de lepidópteros e coleópteros (Rossetto et al., 1973; Puzzi, 1986; Pacheco & Paula, 1995) que infestam o arroz armazenado, provocando perdas médias estimadas em 8,7 % (Ferreira, 1998a). Os insetos fitófagos serão abordados com maior ênfase, dentro dos seguintes grupos formados em função das suas fases daninhas no campo e armazém: (1) adultos mastigadores; (2) larvas mastigadoras; (3) adultos e larvas mastigadoras; e (4) adultos e larvas sugadoras.

A informação apresentada tem por finalidade ajudar a identificar e resolver de modo integrado o problema de pragas no campo ou no armazém. O manejo integrado de pragas deve ser considerado como parte do manejo agrônômico da cultura. Cada lavoura deve ter um arquivo de registro de toda tecnologia utilizada em cada ano, principalmente daquelas relacionadas ao manejo fitossanitário, conforme sugerido em Ferreira & Barrigossi (2001). Isso vai contribuir para aprimorar e agilizar a aplicação do manejo integrado nos agroecossistemas arrozeiros.

## ANIMAIS PREJUDICIAIS AO ARROZ NO CAMPO

### Classe Mammalia - Filo Chordata

**Ratos.** Os ratos abrangem as espécies exóticas e indígenas. Estas são daninhas só em determinadas circunstâncias; normalmente vivem sem causar depredações; podem tornar-se praga devido à escassez ou abundância de alimento (Mariconi et al., 1980). Os ratos pertencem à ordem Rodentia e subordem Myomorpha, sendo os exóticos incluídos na família Muridae e os indígenas, na família Cricetidae (Storer et al., 2002). As espécies exóticas distinguem-se facilmente das indígenas por terem seus dentes molares três saliências, separadas entre si por sulcos transversais, regulares, ao passo que nos ratos indígenas os molares são sulcados obliquamente e em ziguezague (Ihering, 1968). Entre os ratos caseiros (exóticos), mencionam-se o camundongo, *Mus musculos* L., o rato preto, *Rattus rattus* (L) e a ratazana, *Rattus norvegicus* (Berk); entre os ratos do mato (indígenas) encontram-se o rato boiadeiro, *Trichomys apereoides*, o rato da taquara, *Hesperomys flavescens*; e os ratos da cana, *Holochilus sciureus* e *H. brasiliensis*. A ratazana é considerada como de maior importância para os campos de arroz.



## Descrição e hábitos

A ratazana, quando adulta, mede 21 a 26 cm de comprimento, sendo a cauda grossa e igual ou mais curta que o comprimento do corpo e cabeça juntos. As orelhas são curtas, um terço do comprimento da cabeça, e um pouco pilosas. Os pés têm membrana interdigital. A pelagem é áspera, sendo o dorso cinzento-fulvo e o ventre acinzentado. Há tipos muito escuros, quase negros, e também brancos, albinos. Pelo exame dos pés vê-se que a ratazana tem hábitos semi-aquáticos; sabe nadar e mergulhar muito bem. Como regra, não procura as habitações humanas. A ratazana escava suas luras e subterrâneos no solo. Suas ninhadas têm em média oito filhotes. O período de gestação é de 28 dias. Alimenta-se de cereais, ovos, pintos, pequenos patos, coelhos, animais mortos, etc. Onde aparece a ratazana, o rato preto é expulso. Os ratos só se aventuram a sair à luz do dia quando a comida é insuficiente para alimentar a colônia. O olfato, a audição e o tato são bem desenvolvidos, mas a visão não é muito sensível. Os ratos são muito desconfiados e evitam cuidadosamente todo e qualquer objeto e alimento estranho, que são tocados somente após alguns dias de permanência no local (Mariconi et al., 1980). Ratos podem viver por um ano ou mais. As fêmeas podem reproduzir até quatro vezes por ano, produzindo em média seis ratos por ninhada. O número potencial de descendentes produzidos e desmamados por um rato fêmea num ano é 24. O número potencial de ratos produzidos por um par de ratos e seus descendentes em um ano é mais do que 500 (Reissig et al., 1986). Doenças, predação, competição e disponibilidade de alimento e água limita o número atual de descendentes que chegam à maturidade. O potencial reprodutivo líquido é, portanto, muito menor.

## Importância e tipo de dano

O ciclo reprodutivo dos ratos de campos de arroz e o dano relativo acumulado são estreitamente associados com o crescimento e desenvolvimento da cultura e, embora ocorram em todos os estádios de crescimento do arroz, atingem seu acme quando a espiguetas está madura. Alimento, água e abrigo fornecem ótimas condições de multiplicação. Dano nas sementeiras pode resultar do consumo direto das sementes pelos ratos ou, mais tarde, arrancando as sementes germinadas. Os ratos cortam ou arrancam mudas recém-transplantadas, deixando as covas vazias. Os ratos cortam ou dobram a filhos mais velhos para chegar à panícula em desenvolvimento, ou, quando a cultura está madura, para comer as espiguetas maduras. Colmos danificados são cortados próximo à base em ângulo de 45°. O número de colmos cortados por rato por noite é dependente da fase da cultura. Geralmente ele é alto na fase vegetativa e menor na fase de maturação.



## Manejo

### Práticas culturais

Manter os diques, áreas internas e adjacentes dos arrozais livres de plantas daninhas e de acúmulo de qualquer material que possa lhe servir de abrigo; evitar escalonamento de plantio.

### Controle químico

Usar raticidas anticoagulantes, como difethialone e brodifacoum, diluídos em blocos parafinados de 20 g, resistentes à água. Raticidas anticoagulantes são considerados mais eficientes e seguros para o homem e animais. Podem ser usados em locais secos ou úmidos, sem perda de eficiência. A quantidade deve ser suficiente para que todos os roedores tenham a oportunidade de ingerir a isca ao menos uma vez. Colocar nos locais onde se observam sinais da presença dos roedores, com nas tocas e nos locais de trânsito. A quantidade de blocos e o número de pontos de aplicação variam de acordo com o grau de infestação e o tamanho da área a ser desratizada. Como recomendação indicam-se dois ou mais blocos por ponto de aplicação a cada 5 a 10 m. Manter a oferta do produto até que não se evidenciem mais sinais da presença de roedores. É recomendada a colocação do produto dentro de caixas e tubos que permitam o acesso exclusivo dos roedores. Para prevenir novas infestações, deve-se manter pontos de aplicação de forma permanente.

## Classe Aves

**Pássaros.** Há algumas espécies prejudiciais na ordem Passeriformes, tais como: pássaro preto, *Agelaius ruficapillus* (Emberizidae); papa-arroz, *Sporophila superciliaris* (Fringilidae); vira, *Aptus chopi*; chopim, *Melothrus bonariensis* (Icteridae); pardal, *Passer domesticus* (Ploceidae); anu, *Crotophaga ani* (Cuculidae) (Ihering, 1968; Rossetto et al., 1973; Santos, 1992; Silva, 2004).

**O pássaro preto** é considerada como sendo a espécie mais prejudicial ao arroz no Rio Grande do Sul (Silva, 2004).

### Descrição e hábitos

Os adultos medem aproximadamente 18 cm de comprimento. O macho tem plumagem preto-azulada reluzente, sendo a coroa, a garganta e o peito ferrugínea-acastanhados; tarso e bico pretos; íris marrom. A fêmea é pardo-olivácea, mais clara inferiormente, com a barriga



e o lado superior levemente estriados de preto e pardacento-claro; garganta amarelada. Os ovos são brancos, com tonalidade azulada pálida, levemente manchada de pardo na extremidade romba. Filhotes em fase inicial têm coloração amarelada. A reprodução ocorre entre setembro e maio. Dentro da lavoura, a nidificação tem início no momento em que o arroz e/ou plantas daninhas apresentam condições de sustentar os ninhos. É uma espécie nômade e gregária, deslocando-se de acordo com a disponibilidade de alimento. Fora da estação reprodutiva, segrega-se em bandos, de acordo com o sexo ou a idade (Silva, 2004).

### Importância e tipo de dano

É amplamente distribuído na América do Sul. No Rio Grande do Sul, é residente e abundante em banhados e arrozais. Alimenta-se tanto sementes e flores, quanto de pequenos animais, insetos e aranhas. Os pássaros-pretos comem as sementes de arroz e arrancam as plântulas durante o período de implantação da lavoura. Durante a fase reprodutiva do arroz, os pássaros causam severos prejuízos. Na fase leitosa do arroz, eles sugam os grãos. Na fase vítrea, descascam o grão antes de engolir. Danos mais severos ocorrem em áreas de arroz localizadas num raio de 200 m de bosques, arbustos e banhados. Além de comerem os grãos, os pássaros quebram os colmos das plantas e causam degrana. Foram verificadas reduções médias de 1249 kg ha<sup>-1</sup>, 26,4%, na produtividade de lavoura de arroz localizada próxima à mata de eucalipto (50 m) e de 964 kg ha<sup>-1</sup>, 22,3%, em lavoura afastada (1000 m) (Silva, 2004).

### Manejo

Estratégias para o manejo do pássaro-preto em arroz irrigado no Rio Grande do Sul são sugeridas (Irga, 2001; Silva, 2004) considerando os seguintes grupos de ações básicas: 1) ações contrárias às causas de aumento populacional; 2) ações para reduzir o dano durante o período de semeadura; e 3) ações para reduzir o dano causado durante o período de maturação.

### Classe Secernentea - Filo Nematoda

**Nematóides.** São relatadas as seguintes espécies em arroz: *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus zeae* (Tylenchida: Tylenchidae) e *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1932 (Tylenchida: Aphelenchoididae) (Lordello, 1977; Tihohod, 1993). Segundo estes autores, *A. besseyi* é a mais importante das espécies encontradas atacando arroz e é o agente causal da doença "Ponta branca do arroz".



O Nematóide-da-ponta-branca-do-arroz, *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1932 ataca tanto as culturas de arroz nas várzeas como em terras altas.

### Descrição e hábitos

É um ectoparasito que apresenta reprodução anfimítica ou sexual e capacidade de sobreviver num estado de completa quiescência ou anidrobiose. O corpo é alongado e afilado para as extremidades, ventralmente recurvado ou quase reto quando relaxado, medindo 0,7 a 0,8 mm de comprimento.

A fêmea apresenta um ovário anterior à vulva; cauda cônica, com extremidade de forma variada, com três a quatro expansões pontiagudas. O macho possui cauda cônica com duas a quatro expansões laterais pontiagudas. O ovo tem forma elíptica e sua fertilização real, fusão nuclear, ocorre somente após a oviposição. A larva passa por quatro ecdises para chegar a adulto, ocorrendo a primeira ainda no interior do ovo. O ciclo biológico de ovo a ovo varia muito com a temperatura ambiente. Geralmente, o ciclo vital é completado de 20 a 28 dias a 16°C e leva somente seis a dez dias a 30°C.

*A. besseyi* pode sobreviver no solo na ausência de planta hospedeira por nutrir-se de fungos. Pode disseminar-se por restos de plantas infestadas e por águas de irrigação, mas o meio mais importante é a semente produzida em cultura infestada. Nesse caso, uma espiguetas pode abrigar até 64 nematóides, contando-se machos, fêmeas jovens e larvas, todos em dormência, que podem manter-se vivos por, no mínimo, três anos.

Após a semeadura e hidratação das sementes infestadas, os nematóides tornam-se ativos, saem das sementes e procuram os pontos de crescimento da parte aérea das plantas jovens, mantendo-se como ectoparasitos. Estando as plantas recobertas de umidade, procedente de chuva ou orvalho, os nematóides movem-se ativamente, passando de uma planta para outra. As oviposições são feitas nas axilas das folhas, assim como nas flores.

O nematóide alimenta-se das folhas jovens ainda enroladas, mas não se limita ao meristema apical. Quando a planta cresce, o nematóide migra para cima, permanecendo no ápice do colmo. Com a formação da inflorescência, penetra nas espiguetas antes da floração, através da microabertura natural formada pelas extremidades da pálea e da lema. Tecidos suculentos, como ovários, estames, lodículas e embriões, aparentemente são os locais preferidos para alimentação. O nematóide



multiplica-se rapidamente na espigueta, antes da floração. Após a polinização, a multiplicação declina progressivamente e cessa assim que o endosperma se torna leitoso. A população do nematóide é usualmente baixa até o afilhamento, aumentando rapidamente no emborrachamento. A baixa umidade atmosférica aparentemente não é um fator limitante para *A. besseyi*, uma vez que foi observada ocorrência de “ponta branca” na Região Centro-Oeste do Brasil, onde a umidade relativa, durante a estação de crescimento do arroz, varia de 40 a 90%. Embora o nematóide não penetre nos tecidos hospedeiros, os locais de alimentação estão bem protegidos das condições atmosféricas e possuem umidade que facilita sua atividade. Na colheita do arroz, os nematóides permanecem em estado quiescente nas sementes, tanto no seu interior como na casca.

### Importância e tipo de dano

O *A. besseyi* é encontrado nos quatro continentes atacando arroz e plantas de *Sorghum vulgare*, *Setaria*, *Panicum sanguinale* e *Fragaria vesca*. As reduções no rendimento de lavouras de arroz infestadas têm sido estimadas em 20 a 50%. No Brasil, a presença do nematóide foi constatada primeiro no Rio Grande do Sul, em 1969, e posteriormente relatada em outros estados produtores de arroz, como São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Minas Gerais, Santa Catarina e Espírito Santo.

O nematóide incita clorose nas pontas das folhas do arroz, possivelmente devido ao seu ataque nas folhas jovens ainda enroladas. O sintoma foliar desenvolve-se, inicialmente, a partir de clorose na porção terminal, por uma distância de 2 a 5 cm e, posteriormente, se torna escura ou necrótica. O branqueamento da ponta da folha do arroz é uma consequência da obstrução vascular com goma e desintegração do floema. Outros sintomas podem aparecer, como redução da altura da planta, afilhamento anormal nos nós superiores, escurecimento do verde das folhas, má formação e mau desenvolvimento das panículas que, então, produzem menos grãos. As flores infestadas produzem grãos menores e malformados, não somente com pouca massa, mas também com reduzido potencial de germinação, ou seja, retardamento e baixa porcentagem de germinação.

### Manejo

#### Práticas culturais

Semeadura pré-germinada diminui a severidade do ataque.





## Hidroterapia

A imersão das sementes em água a 52 - 53°C por 15 minutos, embora pouco prática, tem proporcionado controle razoável do nematóide.

## Resistência varietal

Tem sido observada diferença de dano entre variedades, com indicação de redução na produtividade de 17% nas suscetíveis e de 7% nas resistentes. Certas variedades podem suportar populações de *A. besseyi* sem mostrar sintomas (Lordello, 1977). Variedades de grãos longos são mais resistentes que as de grãos curtos (Cheaney & Jennings, 1975).

## Controle químico

O tratamento químico das sementes, com paratiom, malatiom, triclorfon, brometo de metila, diazinon, carbofuran e rodaninas tem apresentado resultados variáveis, nem sempre atingindo a erradicação (Tihohod, 1993).

## Classe Oligochaeta - Filo Annelida

As minhocas terrestres são distribuídas em cinco famílias, das quais Lumbricidae é a mais conhecida, tendo algumas espécies criadas comercialmente. No Brasil, a falta de interesse e/ou incentivo à pesquisa tem limitado os estudos sobre minhocas, que reúnem o maior número de espécies nativas conhecidas, entre as quais as do gênero *Pheretima* (Haplotaxiada: Megascolecidae), conhecidas como "minhoca de colarinho branco", "louca", "bailarina", devido aos movimentos robustos que produzem ao serem molestadas (Martinez, 1990). Em arroz são mencionados danos provocados por espécies do gênero *Lumbricus* (Silva, 1983).

## Descrição e hábitos

As minhocas loucas, *Lumbricus* spp., apresentam o corpo com segmentação conspicua externa e internamente, afinado para as extremidades. Nos adultos, a extremidade da cabeça pode ser identificada pela maior proximidade com o clitelo, dilatação diferenciada do resto do corpo; sem expansões laterais de locomoção; geralmente poucas cerdas por segmento; monóicas; habitam principalmente solo úmido. Dados de Wilcke, citado por Martinez (1990), obtidos de oito espécies de Lumbricidae, permitem verificar que, na média, uma minhoca produz 36,8 casulos por ano, cada um com 11 ovos, sendo o período de incubação de 13,6 semanas e o tempo total de desenvolvimento de 56,3 semanas.



## Importância e tipo de dano

As minhocas movimentam-se através de pequenos pêlos existentes em cada anel, alimentam-se de resíduos orgânicos, de origem animal ou vegetal, em fase de decomposição e não atacam raízes vivas das plantas (Martinez, 1990). São particularmente nocivas ao arroz nos solos ricos em matéria orgânica. Durante o período mais quente do dia, deslocam-se à superfície do terreno provocando o desenraizamento das plantas jovens com os seus movimentos rápidos e sinuosos. Cortam as pequenas radículas e os tenros caulículos do arroz, que, nesse período, começam a desenvolver-se (Silva, 1983). No Brasil tem sido observado, em algumas áreas infestadas por minhocas, espécies não identificadas, atraso no crescimento das plantas, redução na produção e problema para colheita mecânica resultante das elevações de solo que constroem.

## Manejo

Segundo Silva (1983), o sulfato de cobre exerce bom efeito de controle.

## Classe Gastropoda - Filo Mollusca

No arroz, são encontrados caramujos dos gêneros *Physa*, *Biomphalaria* e principalmente a espécie *Pomacea (= Ampullaria canaliculata)* (Lamarck, 1822), sendo as do último destacadamente mais importantes como praga (Mochida, 1991; Ferreira, 1998a; Petrini et al., 2004).

## Descrição e hábitos

O caramujo cortador, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Mesogastropoda: Ampullariidae), apresenta concha globosa, forte, com superfície esverdeada e faixas pretas em espiral; ápice sublevado, cinco a seis voltas, aumentando muito rapidamente e separado por sutura muito profunda. Abertura da concha é grande, circular a subalongada; orla muitas vezes avermelhada; umbigo grande e profundo; opérculo córneo, fechando inteiramente a abertura. Medidas: largura / comprimento da concha = 0,78 a 0,98; comprimento da abertura / comprimento da concha = 0,68 a 0,77 (Thiengo et al., 1993). Durante a drenagem dos campos ficam enterrados no solo. Com o retorno da água, entram em atividade e podem comprometer as lavouras implantadas com sementes pré-germinadas, pois as consomem. As lavouras estabelecidas pelo sistema convencional também podem ser danificadas na fase de plantas jovens (Fig. 14.1), se o solo estiver infestado ou se os caramujos tiverem acesso



à cultura pela água de irrigação. Os ovos têm 3 mm de diâmetro, coloração róseo-avermelhada, sendo as posturas feitas sempre fora da água. Cada postura contém 200 a 500 ovos e cada caramujo pode totalizar de dois a oito mil ovos em seus dois a três anos de vida. O período de incubação é de 14 a 20 dias, sendo observado um período de ovo a ovo de 235 a 241 dias (Ferreira, 1998a).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.1. Caramujo *Pomacea* sp., atacando planta de arroz.

### Importância e tipo de dano

As plantas são cortadas no nível da água. Um caramujo com 100 dias de idade consome, por dia, cinco plantinhas de arroz com até 14 dias de idade (Ferreira, 1998a). De acordo com dados apresentados por Petrini et al. (2004), cada caramujo pode consumir, em média, por dia, 40 sementes pré-germinadas, ou 7,5 plântulas com mais ou menos 12 cm de altura.

### Manejo

#### Práticas culturais

Limpeza das grotas e riachos em contato com as lavouras antes do período chuvoso. Evitar plantio de arroz em áreas muito infestadas, principalmente pelo sistema pré-germinado; coleta e destruição dos caramujos e suas posturas; utilização dos caramujos e posturas para alimentação de aves e peixes; após a colheita do arroz, queimar a palha



dos quadros onde ocorreu alta infestação de caramujos; colocar tela metálica com malha de 2 mm nas entradas da água de irrigação; preparo do solo com rotativas; manter o nível da água bem baixo até as plantas oferecerem resistência ao corte dos caramujos.

#### Inimigos naturais

Utilização de carpa preta, *Mylopharyngodon piceus* (Richardson) e carpa comum, *Cyprinus carpio* (Linné), nos reservatórios de água (Mochida, 1991). Estimular o aumento da população de aves predadoras, como o gavião caramujeiro, *Rosthramus sociabilis* (Falconiforme: Acipitridae) (Ferreira, 1998a).

#### Controle químico

Não há produto químico recomendado, embora os seguintes moluscidas tenham fornecido resultados satisfatório: trifenil acetato de estanho; metaldeido; sulfato de cobre; cartap (Mochida, 1991).

#### Classe Arachnida - Filo Arthropoda

Em arroz são mencionadas algumas espécies de ácaros vermelhos, *Tetranychus urticae*; *T. cinnabarinus*; ácaro-da-mancha-branca-alongada, *Schizotetranychus oryzae* Rossi de Simons, 1966 (González Franco et al., 1983); *Oligonychus oryzae* (Hirst) (Reissig et al., 1986) (Acarina:Tetranychidae); e ácaro da panícula do arroz, *Steneotarsonemus spinkii* Smiley (Reissig et al., 1986). No Brasil, apenas *Schizotetranychus oryzae* (Rossetto et al., 1973; Flechtmann, 1977; Ferreira, 1998a) tem sido encontrado em telado e campo, às vezes mostrando-se bastante prejudicial. Além do Brasil o *S. oryzae* ocorre na Argentina, Colômbia, Venezuela e Costa Rica.

#### Descrição e hábitos

Os adultos do Ácaro-da-mancha-branca-alongada, *Schizotetranychus oryzae* Rossi e Simons têm forma globosa ou piriforme, coloração amarelo-esverdeada, com manchas escuras (Fig. 14.2) e cerca de 0,8 mm de comprimento. Localizam-se principalmente na face dorsal das folhas, onde podem ser encontrados ovos e larvas, com três pares de pernas, entre fios de teia. A introdução do estilete nas folhas, para alimentação, provoca lesões branco-alongadas características na face ventral das folhas.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig.14.2.** Ácaro-da-mancha-branca-alongada da folha do arroz, *Schizotetranychus oryzae*.

### Importância e tipo de dano

A população de *Schizotetranychus oryzae* aumenta rapidamente com o desenvolvimento das plantas, podendo provocar total descoloração das folhas na fase de emissão das panículas, devido à introdução das peças bucais no tecido foliar para sugar o conteúdo celular. Se não for controlado a tempo, o ataque desse ácaro pode comprometer o rendimento de grãos em cultivos irrigados, quando a precipitação pluvial é escassa ou ausente.

### Manejo

O controle tem sido feito por meio de acaricida específico; nas ocorrências de altas infestações, aplicações de tetradifon e enxofre surtiram bom efeito (González Franco et al., 1983).

### Classe Crustacea

Os caranguejinhos ou camarões-girino, *Triops cancriformis* Rox e *Triops (Apus) longicaudatus* (Ordem Notostraca) e os lagostins *Procambarus clarkii* e *Onconectes virilis* (Decapoda) têm causado danos em algumas áreas semeadas com arroz pré-germinado (Flint, 1983; Silva, 1983). No Brasil, tem-se informação de algumas ocorrências em arroz, mas sem o conhecimento da (s) espécie (s) envolvida (s).



## Descrição e hábitos

Os caranguejinhos são semelhantes a girinos em tamanho (4 cm de comprimento), forma, coloração e mobilidade. Eles comumente habitam o fundo de águas frescas de pequenos lagos próximos aos campos de arroz. Os lagostins são maiores, 7 a 10 cm, e vivem em canais e córregos em volta dos campos de arroz (Flint, 1983; Silva, 1983).

## Importância e tipo de dano

Os caranguejinhos, quando presentes em grande número em campos com mudinhas de arroz submersas, podem, pelas suas atividades de cavar e alimentar, reduzir o estande. Nessas condições, a redução pode ser grande devido aos movimentos rápidos e freqüentes que efetuam na superfície da camada lodosa, arrancando as plântulas, e pela alimentação nas raízes e coleóptilos, além de tornarem a água barrenta, reduzindo a penetração de luz e atrasando o crescimento das mudas submersas (Flint, 1983; Silva, 1983). Os lagostins também podem reduzir o estande pela maceração das sementes e mudas, turvar a água e reduzir a fotossíntese em plantas submersas, sendo mais preocupantes os danos causados por suas escavações nas valas e taipas, podendo romper o sistema de irrigação. O solo acumulado em volta dos furos feitos pelo lagostim após a drenagem pode ser apanhado pelas colhedoras e misturar-se aos grãos colhidos (Flint, 1983).

## Manejo

### Práticas culturais

A drenagem dos quadros, quando oportuna, é um dos processos mais simples e econômicos para controlar a praga (Silva, 1983); inundação e semeadura o mais cedo possível para prevenir a cultura de ser atacada por caranguejinhos de maior tamanho (Flint, 1983).

Para controlar o lagostim deixar o campo em pousio por pelo menos um ano, drenar o campo para forçá-los a buscarem suas tocas e esperar até que a fase crítica da planta seja ultrapassada (Silva, 1983);

### Controle químico

Quando a drenagem dos quadros não é possível, a utilização de sulfato de cobre, carbaril ou malation pode solucionar as infestações por caranguejinhos (Silva, 1983).



## Classe Symphyla

### Descrição e hábitos

A Centopéia-do-jardim, *Hanseniella* spp. é um animal com até 6 mm de comprimento, branco, sem olhos, com antenas, mandíbulas e dois pares de maxilas. Os adultos tem 12 pares de pernas, abertura genital mediano ventral entre o quarto par de pernas; são terrestres e vivem em lugares úmidos.

### Importância e tipo de dano

No Brasil, *Hanseniella* sp. foi relatada pela primeira vez como praga do arroz em Viçosa, MG, por Loureiro & Galvão (1970). O sínfilo ocorreu num experimento de arroz de terras altas, irrigado por aspersão, localizado em terraço aluvial, de textura argilosa, moderadamente drenado. Quinze dias após o plantio, apenas cerca de 10 % de plantas tinham emergido, o que foi atribuído à presença de sínfilos nos sulcos de plantio, associados a plântulas com lesões no coleoptilo, radículas, inclusive dentro de sementes, onde penetraram através da fenda que ocorre na base da lema por onde emergem o coleoptilo e a radícula.

### Manejo

#### Práticas culturais

Há indicações de que alta umidade do solo contribui para reduzir as populações de sínfilos no solo.

## Classe Insecta

### Grupo 1: Adultos mastigadores

É o grupo dos insetos sociais, considerando apenas as castas operárias das colônias de cupins rizófagos (Ordem Isoptera) e formigas cortadeiras (Ordem Hymenoptera), estabelecidas principalmente sob a superfície do solo. O arroz, em geral, é atacado pelas operárias de colônias já existentes no interior ou na periferia das lavouras, por ocasião da semeadura.

#### Cupins-rizófagos

Pertencem às famílias Rhinotermitidae e Termitidae da ordem Isoptera. Na primeira família, menciona-se o gênero *Heterotermes* e, na segunda, os gêneros *Aparatermes*, *Cornitermes*, *Procornitermes*,



*Syntermes*, sendo mais frequentes as espécies: *Procornitermes araujo* (Emerson, 1952); *P. triacifer* (Silvestri, 1901) e *Syntermes molestus* (Burmeister, 1839) (Ferreira, 1999).

#### Descrição e hábitos

São insetos com pernas ambulatórias que vivem no solo em colônias denominadas cupinzeiros ou termiteiros, onde se podem encontrar cupins adultos estéreis, adultos férteis e ninfas. Os estéreis, em consequência do incompleto desenvolvimento dos órgãos reprodutores, são formas ápteras de ambos os sexos, geralmente desprovidos de olhos compostos e ocelos, conhecidos como operários ou obreiros, e soldados (Fig. 14.3). Os operários constituem a maior parte da população do cupinzeiro e desempenham todas as funções da colônia, exceto a de procriação. Os soldados diferenciam-se dos operários por terem a cabeça muito mais volumosa e mandíbulas muito mais desenvolvidas; colaboram nas atividades dos operários, mas sua principal função é a defesa da colônia. Os cupins férteis, ou reprodutores, são representados pelo rei e pela rainha, cuja função é aumentar a população do cupinzeiro, e por alados machos e aladas fêmeas, aleluias, siri-siri, responsáveis pela disseminação da espécie. Estes últimos possuem quatro asas membranosas semelhantes, que, quando em repouso, sobrepõem-se horizontalmente sobre o abdome. As asas apresentam suturas na região basal, por meio das quais são facilmente destacadas do corpo.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.3. Cupim, *Procornitermes triacifer*, soldado (maior) e operário.





Os gêneros mais freqüentemente encontrados em arroz, *Cornitermes*, *Procornitermes* e *Syntermes*, podem ser identificados pelas características dos soldados: o *Syntermes* apresenta um ou mais segmentos do tórax com laterais pontiagudas, enquanto os outros dois gêneros apresentam as laterais dos segmentos do tórax arredondados; o *Procornitermes* tem tíbias anteriores com cerdas tão longas quanto os esporões apicais; o *Cornitermes* tem tíbias anteriores com cerdas mais numerosas e mais curtas do que os esporões apicais.

Não se dispõe de informação sobre o ninho de *P. triacifer*. Entretanto, *P. araujo* constrói montículos, cuja velocidade de construção é influenciada pelo *habitat*. Egler (1985) constatou que, no decorrer de um ano, os cupinzeiros de *P. araujo*, estabelecidos em campo limpo, campo sujo e cerrado, onde eram mais abundantes, tiveram seus tamanhos aumentados em 72%, 56% e 41%, respectivamente. De acordo com Gallo et al. (1988), *S. molestus* habita pequenas câmaras subterrâneas a partir de 20 cm da superfície, que se apresentam, num corte transversal, em forma de meia lua, tendo a convexidade sempre voltada para cima e medindo cerca de 4 cm de altura por 10 cm de largura. Em sentido longitudinal, vistas da parte superior, as câmaras apresentam formato ovalado, com as extremidades sensivelmente afiladas, de onde saem canais de comunicação entre as câmaras e o exterior.

As castas conhecidas de *P. araujo* e *P. triacifer*, em geral, são menores do que as de *S. molestus*. Alados de *P. triacifer* ainda não foram descritos, mas já foram encontrados e estão sendo descritos. Os de *P. araujo* têm mais ou menos 21 mm de comprimento, com as asas; possuem cabeça marrom, antenas com 15 artículos, raramente 16, às vezes o terceiro com sinais de divisão; pronoto mais claro que a cabeça, com manchas claras, uma em forma de "Y" no centro, duas ovais abaixo do "Y" e uma circular acima deste. Os soldados e operários de *P. araujo* e *P. triacifer* têm de 5 a 7 mm de comprimento, sendo a cabeça e as pernas de coloração amarela, mais clara nos operários do que nos soldados; estes se diferenciam, em nível específico, pela forma tricuspide do labro, cujas três pontas, em *P. triacifer*, são bem mais agudas que em *P. araujo* (Canello, 1986).

Os alados de *S. molestus* atingem 26 a 33 mm de comprimento. Os soldados podem ser grandes ou pequenos (Mathews, 1977), têm de 9 a 13 mm de comprimento, cabeça avermelhada, segmentos torácicos e pernas amarelo-escuros. As operárias têm de 6 a 7 mm de comprimento e são mais claras do que os soldados. As três espécies têm sido coletadas em ninhos epigeus, junto com até sete espécies de outros gêneros (Mathews, 1977; Canello, 1986).



Os cupins desenvolvem-se passando pelas fases de ovo, ninfa e adulto. Após as primeiras chuvas de primavera, enxames de cupins alados deixam os cupinzeiros em revoadas para maturação dos órgãos sexuais. Depois da revoada, aqueles da mesma espécie reúnem-se aos pares no solo, perdem as asas e escolhem locais adequados, onde penetram e iniciam a construção de novos cupinzeiros. Sob o solo, constroem uma cavidade mais ampla, que lhes servirá de câmara nupcial e, nesta, rei e rainha, efetuam a primeira cópula. Após a cópula, a fêmea inicia a postura, de onde saem as primeiras formas jovens depois de 25 a 30 dias, que são tratadas pelo casal real, até que possam mover-se, quando então a rainha passa a desempenhar somente a função reprodutiva. As ninfas do primeiro instar são aparentemente iguais, mas no segundo instar elas já se diferenciam em dois tipos principais: ninfas de cabeça pequena, que chegam ao sexto instar nas formas adultas sexuadas, e ninfas de cabeça grande, que chegam ao quinto instar como operárias e soldados.

#### Importância e tipo de dano

Os cupins fitófagos constituem um dos grupos orizívoros mais prejudiciais ao arroz no ecossistema de terras altas, principalmente em condições de solo arenoso, de baixa umidade, profundo e anteriormente ocupado com gramíneas. Estão distribuídos em vários estados do Brasil e possuem alguns hospedeiros alternativos. Reduzem a viabilidade das sementes e o sistema radicular das plantas em diferentes graus (Ferreira, 1998a, 1998b, 1999). O ataque de cupins fitófagos ocorre em manchas de tamanho variável nas lavouras. Essas manchas podem apresentar reduções na produção de grãos, superiores a 1.000 kg ha<sup>-1</sup> (Ferreira, 1999). O ataque de *P. araujo* é mais acentuado após a germinação do arroz e até as plantas atingirem de 20 a 25 cm de altura (Cancelló, 1986). Dano semelhante foi observado para o cupim identificado como *P. triacifer* (Ferreira et al., 1996). Cancelló (1986) menciona que, depois da ceifa do arroz, o *P. araujo* passa a atacar o sistema radicular da resteva e a cortar as panículas do arroz emedado. O mesmo autor menciona que *P. triacifer*, além de atacar as plantas de arroz, também ataca as sementes de replante. As plantas atacadas por cupins são reconhecidas pelo aspecto murcho ou seco e pela facilidade com que se desprendem do solo quando puxadas, como também pelo enrolamento mais rápido das folhas, nas horas de sol, em relação àquelas que têm sistema radicular perfeito.

#### Manejo

**Práticas culturais.** Foi observado na cultivar Rio Paranaíba com 30 dias de idade que a porcentagem de plantas mortas por *P. triacifer* foi menor em plantio direto e arroz consorciado, do que em plantio em



solo arado e arroz solteiro (Ferreira et al., 1996). Evitar plantar arroz em áreas anteriormente ocupadas com gramíneas muito infestadas por cupins rizófago; destruir os restos de cultura após a colheita, ou no início da época seca, por aração de pré-incorporação com grade e aração profunda de pré-plantio; evitar plantio em solo preparado só com grade (Ferreira & Martins, 1984; Ferreira, 1995).

**Resistência varietal.** Algumas cultivares, como a Guarani e a IAC-47, têm demonstrado tolerância relativa.

**Controle biológico.** A quirera de arroz, inoculada com esporos, 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de *Metarhizium anisopliae*, utilizada no sulco de plantio junto com as sementes de arroz forneceu resultados favoráveis à continuidade da pesquisa com este fungo.

**Controle químico.** Quando necessário, utilizar, de acordo com as recomendações, tratamento das sementes com um dos seguintes inseticidas: carbofuran 350; carbosulfan 350; tiodicarb 350; e thiametoxam.

#### Formigas cortadeiras

As formigas cortadeiras pertencem à subfamília Myrmicinae, família Formicidae e ordem Hymenoptera. A distribuição das espécies mencionadas como de importância para o arroz principalmente cultivado em condições de terras altas é apresentada na Tabela 14.1.

**Tabela 14.1.** Formigas que cortam plantas de arroz e sua distribuição no Brasil.

Espécies	Plantas atacadas	Distribuição no Brasil
<i>Acromyrmex heyeri</i> Forel, 1899.	gramíneas	RS, SC, PR, SP.
<i>Acromyrmex landolti balzani</i> Emery, 1905	gramíneas	RS, SC, SP, MG, GO, MS.
<i>Acromyrmex landolti fracticornis</i> Forel, 1909	gramíneas	MS, MT.
<i>Acromyrmex landolti landolti</i> Forel, 1884	gramíneas	MT, MG, BA, AL, PE, PB, RN, CE, PI, MA, PA, AP, AC.
<i>Atta bisphaerica</i> Forel, 1908	gramíneas	SP, MG, RJ, MS, MT
<i>Atta capiguara</i> Gonçalves, 1944	gramíneas	SP, MG, MT
<i>Atta laevigata</i> (F. Smith, 1858)	gramíneas dicotiledôneas	PR, SP, RJ, MG, GO, MT, AM, PA, MA, CE, PE, AL, BA, RR
<i>Atta opaciceps</i> Borgmeier, 1939	gramíneas dicotiledôneas	BA, SE, AL, PE, PB, RN, CE, PI
<i>Atta sexdens rubropilosa</i> Forel, 1908	dicotiledôneas gramíneas	PR, SP, MG, ES, RJ, MS, GO.

Fonte: Rossetto et al. (1973); Mariconi (1970, 1976); Della Lucia (1993).



## Descrição e hábitos

As colônias, ou formigueiros, são geralmente constituídos de formigas polimórficas, organizadas em castas permanentes e temporárias. Elas possuem aparelho bucal mastigador, pernas ambulatórias, e quando aladas, quatro asas membranosas. As castas permanentes são fêmeas ápteras, férteis ou rainhas, e estéreis ou operárias; as temporárias são alados machos e aladas fêmeas, responsáveis pela disseminação das espécies através do fenômeno da revoada. São insetos ovíparos e holometabólicos, reproduzindo-se por via sexuada, sendo a ocorrência de partenogênese arrenótoca normal e constante; os machos, haplóides, se originam de óvulos não fecundados, e as fêmeas, diplóides, de óvulos fertilizados, que posteriormente são diferenciadas pela alimentação; as larvas são vermiformes e as pupas livres. Utilizam folhas, caules e flores frescas para cultivar o fungo, atualmente denominado, segundo a revisão de Bueno (2004), como *Leucoagaricus gongylophorus* Singer (Möller), que é utilizado em sua alimentação. O material vegetal é levado aos formigueiros através de caminhos ou carreiros, quimicamente marcados, de largura e comprimento variáveis.

As espécies de *Acromyrmex* são conhecidas como quenquéns e as de *Atta* como saúvas. Esses gêneros podem ser diferenciados por características das castas operárias e dos formigueiros.

As operárias de *Acromyrmex* apresentam quatro a cinco pares de espinhos na parte dorsal do tórax, enquanto em *Atta* essa região apresenta somente três pares de espinhos; as formigas *Acromyrmex* geralmente são de menor tamanho, 8 a 10 mm de comprimento, do que as de *Atta*, 12 a 15 mm de comprimento. Os formigueiros de *Acromyrmex* geralmente são menores e não apresentam sede aparente, enquanto nos de *Atta* há sede aparente, constituída por montes de terra solta retirada do subsolo.

As quenquéns, conhecidas como boca-de-cisco, boca-de-capim, rapa-ropa ou formiga-de-raspa, subespécies de *Acromyrmex landolti*, constroem formigueiros pouco profundos, constituídos de duas a seis câmaras superpostas e ligadas por um canal vertical, que, na superfície, prolonga-se numa torre construída de fragmentos de palha e outros resíduos vegetais, com várias saídas. Próximos dessas torres são encontrados montículos de terra de formato semicircular e, ao lado deles, o lixo trazido do interior dos ninhos.



A formiga-de-monte-vermelha, *Acromyrmex heyeri* Forel, 1899 constrói ninhos formados por uma panela ou câmara principal justaposta a outras menores contendo culturas de fungo, bem como formigas adultas e a prole. Esses conjuntos de câmaras medem 30 cm de diâmetro e são recobertos por uma abóboda de terra encoberta com gravetos e folhas secas (Mariconi, 1970; Gallo et al., 1988; Della Lucia, 1993).

Não foram conseguidas informações sobre as castas dos formigueiros das espécies de *Acromyrmex* mencionadas.

As formigas saúvas constroem formigueiros com dezenas ou centenas de câmaras subterrâneas ligadas entre si, e com a superfície do solo, por meio de galerias. Na superfície apresentam um monte de terra solta formado pelo acúmulo de terra extraída do subsolo para formar as câmaras ou panelas. Esse monte de terra solta é chamado de sede aparente do formigueiro; a sede real do saúveiro compreende toda a região subterrânea de maior agrupamento de panelas. Estas são de cinco tipos: vivas, com cultura do fungo; com lixo; com lixo + terra; vazia; e com terra. As saúvas aladas machos são conhecidas por bitus e as fêmeas por içãs ou tanajuras; as ápteras são: uma fêmea fundadora do saúveiro, a rainha, içã ou tanajura que perdeu as asas; operárias menores ou jardineiras ou ainda cultivadeiras; operárias médias ou cortadeiras ou ainda carregadeiras; e operárias grandes ou soldados ou ainda cabeçudas (Fig. 14.4).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.4. Saúva cabeça-de-vidro, *Atta laevigata* soldado (maior) e carregadeira.



As espécies de saúva mencionadas podem ser identificadas por características dos soldados e do monte de terra solta dos formigueiros ou sauveiros.

O sauveiro da saúva-parda (*A. capiguara*) apresenta um monte de terra principal sob o qual ficam apenas painéis de lixo muito grandes e vários montes secundários; a abertura dos olheiros é elíptica e fica abaixo do nível da terra lembrando um funil; em volta do monte de terra solta quase não há olheiros; os soldados têm cabeça opaca, pardo-escuro e, quando esmagada, tem odor de gordura rançosa.

Em geral, os sauveiros de saúva limão (*A. sexdens rubropilosa*), saúva-mata-pasto (*A. bisphaerica*), saúva-de-vidro (*A. laevigata*) e saúva-do-sertão-do-nordeste (*A. opaciceps*) têm apenas um monte de terra solta.

O murundu de terra solta de *A. laevigata* geralmente é bem convexo e os olheiros abrem-se diretamente ao nível da terra solta; os soldados têm a cabeça bem brilhante e com uma reentrância rasa na parte central.

A terra solta de *A. bisphaerica* é plana e pode não ser propriamente um monte; os olheiros têm a abertura estreita e também se abrem diretamente ao nível da terra solta; os soldados têm cabeça com sulco profundo na parte central, formando dois lóbulos característicos, sem pêlos e com certo brilho.

O olheiro de *A. sexdens rubropilosa* tem a boca em forma de funil ou abaixo da superfície do monte de terra; os soldados são semelhantes aos de *A. bisphaerica*, mas, quando esmagados entre os dedos, liberam cheiro de limão.

O olheiro de *A. opaciceps* tem a boca em forma de funil ou abaixo da superfície do monte de terra; os soldados são semelhantes aos de *A. bisphaerica*, mas essas espécies são bem separadas geograficamente (Mariconi, 1970; Rossetto et al., 1973; Ferreira & Martins, 1984).

A formação de novos formigueiros começa pela revoada originada naqueles onde se tornaram adultos. Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, a revoada, ou vôo nupcial, ocorre na primavera, após o início das chuvas; caracteriza-se pela liberação de grande número de alados machos e fêmeas que, voando juntos, se acasalam no ar, promovendo um intercruzamento, em razão do sincronismo entre alados



sexuados da mesma espécie e de colônias diferentes, favorecendo o aumento da combinação gênica e promovendo a dispersão à longa distância (Mariconi, 1970; Della Lucia, 1993).

Não foram encontradas informações na literatura sobre a revoada e biologia das espécies de *Acromyrmex* mencionadas.

As informações sobre *Atta*, a seguir, quando não especificadas, resultaram de estudos realizados com *Atta sexdens rubropilosa*. Acredita-se que podem ser extrapoladas para as demais espécies saúvas que ocorrem no Brasil (Mariconi, 1970). A revoada é proporcionada por sauveiros que tenham 38 meses desde a sua fundação, sendo depois repetidas todos os anos. Antes de abandonar o formigueiro original, cada içá coloca na cavidade infrabucal uma partícula do fungo, com cerca de 1 mm de diâmetro, que servirá de semente ao novo sauveiro.

O número médio de alados liberados por um formigueiro de *A. sexdens rubropilosa* foi 17135, numa proporção de 4,9 bitus para uma içá; em *A. bisphaerica* foi de 7010, numa proporção de 5,1 bitus para uma içá; em *A. laevigata*, o número encontrado foi de 3786 alados por formigueiro, e 5,3 bitus para uma içá.

Cada sauveiro pode originar de uma a três revoadas, em diferentes ocasiões, durando cada uma cerca de três horas; a nuvem de atração sexual forma-se a cerca de 100 m de altura e tem aproximadamente 100 a 150 m de diâmetro; uma içá acasala com cinco a sete bitus, resultando num acúmulo de 250 a 300 milhões de espermatozóides em sua espermateca. Foi calculado que somente 0,05 % das içás vão originar sauveiros adultos, sendo que 97,5 % delas morre no período que vai da penetração no solo até o aparecimento das primeiras formigas do sauveiro inicial (Mariconi, 1970).

Após a revoada, as içás fecundadas perdem as asas e enterram-se no solo, fundando novos sauveiros. Os machos não perdem as asas e morrem no mesmo dia do vôo. Depois de dois dias sob o solo, a içá, ou rainha, regurgita a "semente" de fungo e três a quatro dias mais tarde coloca os primeiros ovos, que são de dois tipos: ovos tróficos, maiores, que servem para sua própria alimentação e da prole inicial e ovos normais, ou de reprodução. Estes são colocados numa média diária de 9 com 8 viáveis em *A. sexdens rubropilosa*, 13 com 12 viáveis em *A. laevigata* e 13 em *A. capiguara* (Della Lucia, 1993).

O período de pré-oviposição é de cinco dias, o de incubação 25 dias, o larval de 22 dias e o pupal de 10 dias. As primeiras formigas



adultas, jardineiras, permanecem no interior da panela inicial cerca de 20 dias. Durante essa primeira fase, a rainha, exerce todos os serviços necessários ao desenvolvimento do saúveiro. Ao iniciar uma segunda fase, a rainha diminui sua atividade e há início do trabalho das primeiras operárias que ajudam a içá nas suas atividades. As primeiras formiguinhas depois de algum tempo reabrem o canal que havia sido fechado pela içá e iniciam o corte e o transporte de material vegetal para cultivar o fungo. Com o aumento da população, a içá ou rainha deixa de trabalhar, para dedicar-se quase que exclusivamente à postura. Os ovos de alimentação deixam de aparecer e toda a colônia, inclusive as novas larvas, passa a viver à custa das frutificações do fungo. A rainha foi observada durar 15 anos, e a longevidade das operárias foi estimada em quatro a seis meses (Mariconi, 1970).

A abertura do primeiro olheiro, desobstrução do canal, é realizada pelas primeiras formiguinhas e ocorre, em média, 87 dias depois de a içá ter penetrado no solo; o segundo olheiro aparece somente 14 meses depois da abertura do primeiro. Os outros se sucedem rapidamente, sendo abertos os oito olheiros seguintes em 82 dias, em média. O décimo olheiro, portanto, é aberto cerca de 20 meses depois de fundada a colônia. Daí por diante, o crescimento do saúveiro, traduzido em número de olheiros abertos, é muito grande. Ao atingir dois anos de idade, as saúvas já abriram 120 olheiros e, aos três anos, já foram abertos cerca de 1000 olheiros. Ao completar 38 meses, o formigueiro torna-se adulto e produz a primeira revoada. O número de operárias por colônia de *A. sexdens rubropilosa* foi estimado em 5 a 8 milhões e em 3,5 milhões para *A. laevigata* (Della Lucia, 1993).

#### Importância e tipo de dano

Algumas das espécies de formigas saúvas que atacam o arroz estão presentes na maior parte dos estados do Brasil, enquanto outras têm distribuição menor, mas geralmente coincidentes com os estados maiores produtores de arroz (Tabela 14.1). Qualquer das espécies citadas que esteja presente num arrozal precisa ser prontamente combatida. *A. bisphaerica*, *A. laevigata* e *A. capiguara* são as mais comuns e prejudiciais ao arroz no Estado de São Paulo, principalmente quando as plantas estão em crescimento. *A. opaciceps* é a mais comum aos arrozais do Maranhão, onde tem causado danos severos (Rossetto et al., 1973). A quenquém, *A. landolti*, é considerada praga severa nos arrozais provocando verdadeira limpeza em áreas de lavoura. Devido à





sua larga distribuição geográfica no Brasil, à severidade dos estragos que ocasiona, à relativa freqüência com que aparece, ao número muito maior de seus formigueiros por unidade de área, o que torna seu combate mais difícil, ela pode ser considerada, senão a mais prejudicial para o arroz, pelo menos uma das mais prejudiciais. *A. hyeri* corta as plantas novas antes da irrigação e as plantas próximas às taipas, após terem sido os quadros inundados (Rossetto et al., 1973). O arroz é geralmente atacado na fase inicial de crescimento, quando as plantas têm em torno de quinze dias de idade. Nessa fase, a maioria das plantas cortadas ainda consegue brotar e produzir panículas, embora de menor tamanho. Estima-se que a cada 1% de área de plantas novas cortadas pelas formigas corresponda a 1% de redução na produção de grãos (Ferreira & Martins, 1984).

#### Manejo

**Práticas culturais.** As arações profundas, anuais, provocam a desestruturação dos formigueiros novos. Terrenos preparados para o cultivo, após as revoadas, apresentam menor número de formigueiros que os não revolvidos; manter o solo livre das plantas preferidas por longo período, quatro meses ou mais, contribui para a extinção das formigas, que ficam sem plantas para preparar o substrato do fungo que lhes serve de alimento. Foi observado que o número de formigueiros de monte, encontrados em lavouras de arroz com taipas permanentes, é grande, enquanto que, em lavouras onde as taipas são desmanchadas e refeitas anualmente, quase desaparecem (Rossetto et al., 1973).

**Inimigos naturais.** Existem muitos, sendo os mais eficientes os pássaros e os coleópteros do gênero *Canthon* (Mariconi, 1970; Della Lucia, 1993).

**Controle químico.** Plantas provenientes de sementes tratadas ou sulcos tratados com inseticidas sistêmicos são evitadas ou pouco atacadas pelas formigas.

**Formicidas.** Existem diversos, formulados em pó, concentrados emulsionáveis, gás liquefeito, brometo de metila, líquido termonebulizáveis e iscas granuladas. Dentre os dois últimos, são mais utilizados: líquidos termonebulizáveis; fosforados fenitroion, Sumifog, e clorpirifós, Atamig; piretróides deltametrina, Decifog e K-othrine; iscas granuladas diflubenzuron, Formilin; sulfuramida, Mirex; clorpirifós, Lakree e fipronil, Blitz (Mariconi, 1970; Della Lucia 1993; Ferreira, 1998b).



## Grupo 2: Larvas mastigadoras

Pertencem a esse grupo os insetos das ordens Diptera e Lepidoptera, em que somente as larvas causam danos às plantas de arroz. A colonização do arrozal é dependente do número de adultos das espécies que, migrando para a cultura, tenham sucesso nas oviposições e desenvolvimento da fase daninha ou larval. Portanto, há um intervalo de tempo favorável à atuação de inimigos naturais antes que os danos se concretizem.

Os dípteros *Atherigona* spp. (Muscidae) em arroz de terras altas e *Chironomus* spp (Chironomidae), *Hydrellia* spp. (Ephydriidae) e *Orseolia oryzae* (Cecidomyidae) em arroz irrigado são importantes pragas iniciais desses sistemas em vários países (Cheaney & Jennings, 1975; Reissig et al., 1986), mas no Brasil, até hoje, não demonstraram a importância de praga.

Os lepidópteros considerados mais importantes são descritos a seguir, mas existem outras como *Panoquina* sp. (Hesperidae), *Marasmia* spp. (Pyralidae), *Nymphula* spp. (Nymphulidae) e *Agrotis ipsilon* (Noctuidae) que comumente ocorrem, podendo as infestações das três últimas, em determinadas situações, exigir controle.

Lagarta-dos-arrozais: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)  
(Noctuidae)

### Descrição e hábitos

Ovos semiesféricos, com 0,4 a 0,5 mm de diâmetro, colocados em duas ou três camadas, recobertos de pêlos desprendidos do abdome da mariposa, com coloração branco-esverdeada após a postura e escuros próximo à eclosão (Ferreira, 1999).

Lagartas recém-emergidas possuem corpo amarelado, cabeça relativamente grande e escura, abdome com cinco pares de falsas pernas. Ao completarem o desenvolvimento, têm 35 a 50 mm de comprimento. A coloração pode ser marrom-escura, verde e até quase preta; apresentam três linhas finas branco-amareladas ao longo da parte dorsal, sendo que as duas externas unem-se formando um “Y” invertido na parte frontal da cabeça (Fig. 14.5); nas laterais, uma linha escura mais larga é seguida por uma linha amarela irregular marcada com vermelho. A base das cerdas é preta e saliente. Mandíbulas com quatro dentes pontiagudos (Ferreira, 1999).



Foto: Embrapa Arroz e Feijão

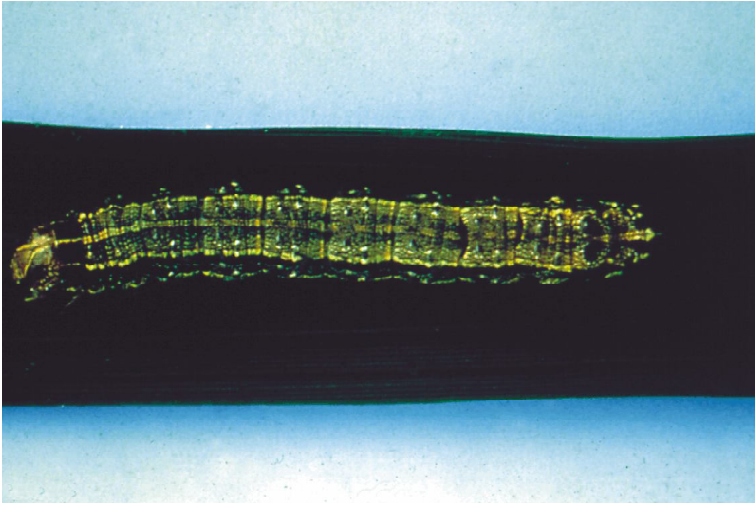


Fig. 14.5. Lagarta *Spodoptera frugiperda*.

Os adultos possuem 15 a 18 mm de comprimento e 35 a 40 mm de envergadura. Apresentam dimorfismo sexual nas asas anteriores. As fêmeas têm coloração marrom-acinzentada uniforme, com as manchas orbicular e reniforme pouco nítidas. Nos machos, a coloração marrom-acinzentada é mais escura, existe uma mancha apical branca, linha submarginal bem nítida, e entre as manchas reniforme e orbicular, aparece uma mancha branca. As asas posteriores são branco-acinzentadas, com margem externa e bordo anterior escuros, em ambos os sexos (Ferreira, 1998a, 1998b, 1999).

Em condições de alimento e espaço suficientes, as lagartas são mais ou menos gregárias. Geralmente ocorrem na lavoura quando o arroz ainda é novo. Nos dois primeiros instares, causam pouco dano, raspando apenas a epiderme das folhas; nos demais instares, podem cortar e destruir totalmente a folhagem, podendo também se comportar como a lagarta-rosca, cortando os colmos próximos ao solo e ainda atacar as panículas (González Franco et al., 1983; Ferreira, 1999).

As infestações por lagartas de *S. frugiperda* numa lavoura de arroz podem resultar de posturas feitas nas próprias plantas de arroz ou de lagartas procedentes de pastagens ou culturas atacadas, existentes nas proximidades. No primeiro caso, os danos são gradativos, iniciando-se por pequenas perfurações nas folhas, que podem mostrar-se carcomidas nas bordas. No segundo caso, os estragos são rápidos, pois as lagartas migratórias são bem desenvolvidas e vorazes, podendo



devorar as plantinhas de arroz sem distinção de folhas e colmos. Esse tipo de infestação, em anos favoráveis à praga, tem sido causa de destruição completa de arrozais plantados sucessivamente no mesmo local (Rossetto et al., 1973). Costa & Link (1989) observaram que as infestações por lagartas migratórias ocorrem na proporção de uma para cada dez iniciadas dentro da lavoura e que as lagartas migratórias deslocam-se rapidamente em arroz novo, podendo avançar, em quatro dias, 42 m além da origem.

As lagartas são ativas a qualquer hora (González Franco et al., 1983), mas alimentam-se preferencialmente em horários com temperaturas amenas, como ao amanhecer, em condições de tempo nublado, ao entardecer ou à noite. Sob sol e calor intensos, comportam-se como a lagarta-rosca, abrigando-se debaixo de torrões, fragmentos orgânicos ou mesmo em rachaduras do solo.

Após completarem o desenvolvimento, as lagartas descem ao solo, onde se transformam em pupas, que podem ser encontradas em até 50 mm de profundidade. As pupas são vermelhas, mais escuras ao final da fase e possuem 15 a 20 mm de comprimento (González Franco et al., 1983; Zucchi et al., 1993). Dados de Ferraz em Ferreira (1999), mostram que todas as etapas do ciclo biológico do inseto tendem a diminuir com o aumento da temperatura, na faixa de 20 a 35°C, na média a 27,5°C, os valores obtidos foram os seguintes: Incubação dos ovos, 3,1 dias, duração das lagartas, 20 dias, número de ínstars das lagartas, 6,3, pré-pupa, 2,3 dias, duração das pupas, 10,7 dias, duração do adulto-macho, 11,0 dias, duração do adulto-fêmea, 9,0 dias, pré-oviposição, 4,5 dias, posturas por fêmea, 4,6 e número de ovos por fêmea, 1014.

A intensidade das infestações por lagartas dos arrozais depende das condições climáticas, estando os grandes surtos associados com primaveras chuvosas seguidas de períodos secos (González Franco et al., 1983; Oliveira, 1987). O inseto atravessa o período desfavorável do ano na fase de pupa, surgindo os adultos na primavera (Martins et al., 2004).

#### Importância e tipo de dano

A *S. frugiperda* existe em todos os estados do Brasil, é polífaga e tem grande poder de destruição. No arroz irrigado, o período crítico de ataque ocorre entre a emergência das plântulas e a inundação da lavoura, quando as lagartas cortam as plantas rente ao solo, podendo destruir áreas extensas da cultura. A praga pode atacar toda a parte aérea da planta de arroz, sendo mais comum e prejudicial por reduzir a



superfície foliar das plantas jovens ou mais desenvolvidas, quando há comprometimento da folha bandeira (Weber, 1989; Ferreira et al., 2002a).

Alguns trabalhos, utilizando plantas de arroz artificialmente infestadas com lagartas de *S. frugiperda* em campo, telado e laboratório, têm contribuído para esclarecer melhor as relações desse inseto com cultivares de arroz irrigado e de terras altas. Em laboratório, uma lagarta de *S. frugiperda* para completar o desenvolvimento precisou, em média, de 35 dias e consumiu 130,7 cm<sup>2</sup> de folhas da cultivar IAC 165 de arroz de terras altas (Silva, 1984); na cultivar de arroz irrigado BR Irga 409, precisou de 20,6 dias e consumiu 156,7 cm<sup>2</sup> de folha (Serena et al., 1991); em ambos os casos, os três últimos instares larvais foram responsáveis por mais de 90% do total de folhas consumidas. Em condições de telado, afilhos da cultivar IAC 165, com 30, 60 e 90 dias de idade, submetidos à alimentação de lagartas do terceiro instar até completarem o desenvolvimento, demonstraram que o efeito de uma desfolha de 32% aos 60 dias sobre a produção de grãos é quase duas vezes maior que 100% de desfolha aos 30 dias e três vezes maior que a desfolha de 30% aos 90 dias.

Em arroz novo, antes da irrigação, os dados de Costa & Link (1989) permitem verificar que em sete dias de alimentação, cada lagarta pode provocar redução na produção de grãos de 0,9% se for originada dentro da lavoura, e 1,5% se for migrante.

Guedes & Costa (1993) constataram reduções na população de plantas, índice de biomassa e produtividade de grãos com o aumento da população de lagartas e estabeleceram a equação:  $y = 5725,9 - 50,54x$  para representar o efeito da população de lagartas ( $x$ ) na produtividade de grãos ( $y$ ) da cultivar de arroz irrigado BR Irga 414. Por essa equação, uma população de 28 lagartas por m<sup>2</sup>, antes do início do afilhamento dessa cultivar, provocaria uma redução na produtividade de grãos de 1.415 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo Costa & Guedes (1993), a cultivar BR Irga 414 demonstrou grande sensibilidade ao desfolhamento, mesmo na fase de afilhamento pleno, conforme pode ser verificado pela equação  $Y = 4493,2 - 15,16x$ , obtida a partir de desfolha artificial, na qual um corte de  $x = 25\%$  corresponde a uma redução na produtividade de 379 kg ha<sup>-1</sup>.

### Manejo

512

**Práticas culturais.** Evitar altas densidades de semeadura; inundar, por dois ou três dias, os quadros com plantas novas infestadas; passar rolo faca sobre plantas daninhas muito infestadas por lagartas; destruir os restos de cultura após a colheita.



**Resistência varietal.** Há indicações de pesquisa que mostraram a possibilidade de desenvolvimento de cultivares resistentes (Pantoja et al., 1986).

**Controle biológico.** Rossetto et al. (1973) relaciona 30 parasitóides de *S. frugiperda*, sendo: 17 himenópteros pertencentes às famílias Braconidae, Cynipidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Sphecidae, Thichogrammatidae; e 13 dípteros das famílias Exoristidae e Tachinidae, além de seis espécies predadoras das ordens Dermaptera, Hemiptera, Coleoptera e Hymenoptera. Deve-se acrescentar: o nematóide *Hexameris* sp. (Mermithidae); os fungos entomopatogênicos *Nomurea rileyi* e *Beauveria bassiana* (Moniliales: Moniliaceae); os vírus de granulose e poliedrose (Baculovirus: Baculoviridae); e a bactéria *Bacillus thuringiensis*.

Apesar do grande número, esses inimigos naturais são, em geral, de baixa atuação na fase inicial da cultura, podendo até mesmo não estar presentes, conforme observam Costa & Link (1989). Em levantamento dos inimigos naturais de *S. frugiperda*, em regiões produtoras de milho em Minas Gerais, Valicente (1989), evidenciou níveis de parasitismo de lagartas de até 53% e os parasitóides eram praticamente os mesmos em todas as regiões, com predominância de *Chelonus* sp. (Hymenoptero: Ichneumonidae) e *Archytas marmoratus* (Diptera: Tachinidae). Também foram encontradas lagartas mortas por *N. rileyi*, nematóide *Hexameris* e vírus de granulose e poliedrose.

**Controle químico.** Deve ser aplicado quando realmente necessário. Monitorar as lavouras, principalmente na fase de plantas jovens ou, no caso de arroz irrigado, enquanto não forem inundadas. Os levantamentos devem ser semanais, amostrando o arrozal no sentido das diagonais, utilizando uma moldura de arame grosso de 0,5 x 0,5 m e considerando que a cada lagarta de 3º instar, cerca de 1cm de comprimento, por m<sup>2</sup> ou por quatro amostras, se alimentando por uma semana, corresponde uma redução de 1% na produção de grãos. Nas etapas subseqüentes, os arrozais devem ser tratados quando as folhas nas fases vegetativa e reprodutiva, apresentarem respectivamente, 25% e 15% dos limbos reduzidos em 50% ou mais, estando as lagartas em plena atividade (Ferreira, 2002). Utilizar quando necessário, um dos seguintes inseticidas registrados para controle da praga: *Bacillus thuringiensis*, carbaril, cipermetrina, ciflutrin, esfenvalerate, fenvalerate, lambdacialotrina, permetrina, fenitrothion, malation, triclorfon e naled (Irga, 2001), de acordo com as recomendações.



Lagarta-dos-capinzais: *Mocis latipes* (Guenée, 1852) (Noctuidae)

#### Descrição e hábitos

Os ovos são arredondados e estriados, inicialmente de coloração creme, passando a verde-claros e verde-acinzentados ao final da incubação. São colocados isoladamente ou em pequenos grupos, aderidos por uma substância facilmente destacável (González Franco et al., 1983).

As lagartas apresentam grande policromia, do verde-escuro ao marrom e ao preto. Essas modificações na coloração, no entanto, não estão associadas com temperatura, tipo de alimento ou densidade populacional. Possuem três pares de pseudopernas abdominais, cabeça globosa com estrias longitudinais amarelas e arqueiam o corpo para deslocarem-se (mede-palmos). Quando completamente desenvolvidas (Fig. 14.6), chegam a mais de 50 mm, apresentando listras longitudinais marrom-escuras, limitadas por listras amarelas (González Franco et al., 1983; Ferreira, 1998a, 1998b, 1999).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão

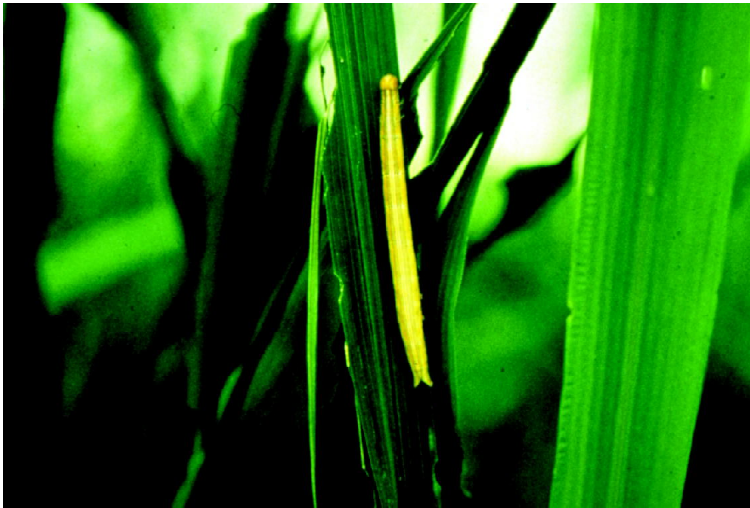


Fig. 14.6. Lagarta *Mocis latipes*.

Os adultos são mariposas com 35 a 42 mm de envergadura, com asas de coloração marrom-acinzentada ou cinzento-escura. Nas asas anteriores há uma série de manchas, grandes e pequenas, e linhas transversais delicadas, onduladas, com a faixa pós-mediana bastante nítida, sendo as asas posteriores da mesma coloração, porém levemente amareladas. Os machos diferem das fêmeas por apresentarem longas



cerdas nas tíbias anteriores (Ferreira & Martins, 1984; Zucchi et al., 1993). Todas as etapas do ciclo biológico do inseto (Ferreira & Parra em Ferreira, 1999) tenderam a diminuir com o aumento da temperatura, na faixa de 20 a 30°C, exceto o número de instares; algumas delas também diminuíram com o aumento de duas a quatro horas na duração do dia. Lagartas criadas em folhas do milho híbrido C-111 duraram menos, consumiram maior área foliar e produziram adultos com maior tempo de oviposição em relação àquelas alimentadas com folhas da cultivar de arroz IAC 25. Lagartas *Mocis latipes* alimentadas com folhas do arroz IAC 25 a 25°C e 50-70% de umidade relativa e 14 horas de luz, segundo dados de Ferreira & Parra em Ferreira (1999) forneceram os seguintes parâmetros biológicos médios: período de incubação, 3,9 dias; duração das lagartas, 21,1 dias; consumo foliar, 143 cm<sup>2</sup>; duração das pupas-machos, 10,6 dias; duração das pupas-fêmeas, 10,2; período de oviposição, 5,8 dias; número de ovos por fêmea, 237; número de ovos por postura, 65,2; duração dos adultos machos 16,4 dias; duração dos adultos fêmeas, 15 dias; e dias gastos desde a postura até a morte dos adultos, ou numa geração, 53,2 dias. As mariposas fazem vôos curtos e erráticos. As fêmeas ovipositam na face dorsal das folhas, geralmente nas gramíneas infestantes da lavoura ou no próprio arroz (González Franco et al., 1983; Silva, 1985).

Lagartas recém-eclodidas limitam-se a raspar as folhas. Nos instares mais avançados, elas consomem toda a folhagem, iniciando nas bordas e indo até a nervura central, sendo que 90% do consumo ocorre a partir do 4º instar, principalmente no último. Após completarem o desenvolvimento, as lagartas transformam-se em pupas no interior de casulos, tecidos nas folhas atacadas ou em torno da base da planta, próximo ao solo; as pupas são marrom-escuras, medem de 20 a 30 mm de comprimento. As infestações ocorrem em manchas, geralmente após o afilhamento das plantas.

#### Importância e tipo de dano

O risco de enxames de lagartas de *M. latipes* migrarem de plantas infestadas para os arrozais próximos é semelhante ao observado para *S. frugiperda*. Como essa lagarta geralmente aparece durante ou após o afilhamento das plantas, existe maior possibilidade de dano na folha bandeira, quando então seu efeito pode tornar-se duplamente prejudicial (Weber, 1989). Ferreira et al. (2002a) verificaram em 10 ha de arroz de terras altas, cultivar Maravilha em fase de maturação, que uma infestação de 17,4 lagartas *M. latipes* por m<sup>2</sup> atingiu 78,8% das folhas-bandeira, causando-lhes um consumo médio de 46,1% e uma redução de 364 kg ha<sup>-1</sup> na produção de grãos; concluíram que para atingir um limiar





econômico equivalente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de arroz em casca era necessária uma população média de 5,5 lagartas por m<sup>2</sup>.

### Manejo

**Práticas culturais.** Evitar plantar arroz próximo de culturas hospedeiras da praga; manter os campos livres de plantas hospedeiras; destruir os restos da cultura após a colheita.

**Resistência varietal.** Nenhuma cultivar foi identificada como resistente à *M. latipes*, mas há indicativos de que desfolha de cerca de 60% das plantas de arroz de terras altas com 50 dias de idade afeta menos a produção de grãos de cultivares de ciclo curto que a de ciclo médio.

**Controle mecânico.** Roçar a vegetação infestada ou passar rolo compressor ou rolo faca.

**Controle biológico.** São relacionados 13 parasitóides de lagartas e pupas (Rosseto et al., 1973). Como parasitóides de lagartas, na ordem Hymenoptera, são mencionadas uma espécie de Exoristidae e uma de Braconidae; na ordem Diptera, são mencionadas oito espécies de Tachinidae, como parasitóides de pupas, na ordem Hymenoptera, são citadas uma espécie de Chalcididae e uma de Ichneumonidae; na ordem Diptera, são mencionadas três espécies de Tachinidae. Desta última, *Lespesia* sp. e *Winthermia* sp. são provavelmente as principais responsáveis pela inviabilidade de mais de 90% das pupas encontradas em lavouras de arroz. González Franco et al. (1983) mencionam que essas lagartas são muito sensíveis a chuvas fortes.

**Controle químico.** Utilizar quando necessário um dos inseticidas registrados contra essa praga como *Bacillus thuringiensis*, carbaril, deltametrina, fenitrotion, malation e trichlorfon, segundo as normas de uso desses produtos. Os arrozais devem ser tratados nas fases vegetativa e reprodutiva, quando as folhas apresentarem 25 e 15% dos limbos reduzidos em 50% ou mais, respectivamente, estando as lagartas em plena atividade (Ferreira, 1995, 1998b, 1999).

Lagartas dos cereais: *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951;  
*Pseudaletia adultera* (Schaus, 1894) (Noctuidae)

### Descrição e hábitos

As mariposas de ambas as espécies têm 30 a 35 mm de envergadura; as asas anteriores são cinza-amareladas, com



sombreados, apresentando, além de um risco apical e outro longitudinal, as manchas orbicular e reniforme bem nítidas; as asas posteriores são mais claras. A espécie *P. sequax* tem coloração mais escura que *P. adullera*. As fêmeas colocam os ovos em linhas, juntos uns dos outros, presos às folhas ou aos colmos por uma substância pegajosa. Após completarem o desenvolvimento, as lagartas têm cerca de 40 mm de comprimento, apresentam listras no sentido longitudinal do corpo, sendo a coloração geral marrom-clara em *P. sequax* (Fig. 14.7) e marrom-esverdeada em *P. adullera* (Fig. 14.8). Transformam-se em pupas no solo, sob torrões e restos vegetais ou entre os colmos. As pupas são marrom-avermelhadas com cerca de 18 mm de comprimento.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão

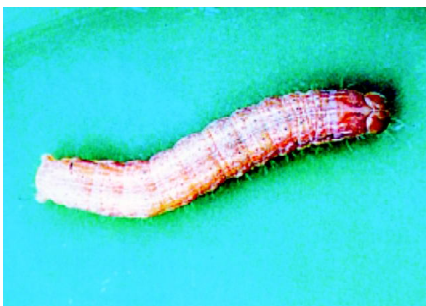


Fig. 14.7. Lagarta *Pseudaletia sequax*.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig.14.8. Lagarta *Pseudaletia adullera*.

Segundo Zucchi et al. (1993), cada fêmea dessas espécies pode colocar mil ovos, durando o ciclo biológico de 30 a 60 dias para *P. sequax* (ovo, 8-10; lagarta, 14-28; pupa, 7-21) e de 25 a 70 dias para *P. adullera* (ovo, 8-10; lagarta, 14-28; pupa, 7-29).

#### Importância e tipo de dano

As lagartas de ambas as espécies têm ocorrido durante a fase reprodutiva das plantas e alimentam-se das folhas e das panículas, sendo este tipo de ataque geralmente mais importante porque, além das partes consumidas, há ainda apreciável derrubada de espiguetas, estimada em 5 a 30%, principalmente por *P. adullera*. Durante o dia, as lagartas ficam escondidas na base das plantas e tornam-se ativas à tardinha e à noite. O dano de *P. adullera* é semelhante aos descritos para *Minthimna separata* na Ásia (Heinrichs, 1994), cortando parcial ou totalmente as panículas das culturas mais densas de arroz de terras altas.



Manejo

**Práticas culturais.** Idem *M. latipes*.

**Resistência varietal.** Sem informação.

**Controle mecânico.** Idem *M. latipes*.

**Controle biológico.** Rossetto et al. (1973) relacionam muitos inimigos naturais para a *Pseudaletia adultera*. Como parasitóides de lagartas, na ordem Hymenoptera, são mencionadas sete espécies de Braconidae, uma de Eulophidae e 11 de Ichneumonidae; na ordem Diptera, são mencionadas uma espécie de Bombyliidae, uma de Exoristidae e nove de Tachinidae. Como predadores de lagartas, são citadas duas espécies de Coleóptera da família Carabidae.

**Controle químico.** Utilizar, quando necessário, os mesmos produtos e recomendações da *M. latipes*. Os arrozais devem ser tratados, nas fases vegetativa e reprodutiva, quando as folhas apresentarem 25 e 15%, dos limbos reduzidos em 50% ou mais, respectivamente, estando as lagartas em plena atividade. No caso de ataque às panículas, o controle deve ser providenciado quando 10% delas apresentarem sinais de ataque ou quando for observada uma média de 16 ou mais espiguetas caídas no solo numa área de 0,20 x 0,20 m das entrelinhas, estando as lagartas em plena atividade.

Broca-do-colo: *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Pyralidae)

Descrição e hábitos

Os ovos são muito pequenos, colocados isolados ou em pequenos grupos. Inicialmente apresentam coloração branco-esverdeada e, ao final da incubação, tornam-se rosa-avermelhados.

As lagartas são inicialmente róseas, tornando-se vermelhas até o terceiro ínstar e por último verde-azuladas, com a parte ventral mais clara. Nas partes dorsal e lateral do corpo e na metade posterior de cada segmento, há faixas transversais marrom-escuras ou vermelhas. A cabeça e o primeiro segmento do corpo são de coloração marrom-escura ou preta (Fig. 14.9). Possuem três pares de pernas torácicas e cinco pares de pernas abdominais. As lagartas completamente desenvolvidas medem de 15 a 20 mm de comprimento e 1,7 a 2,0 mm de largura (Ferreira & Martins, 1984; Ferreira, 1999).



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.9. Lagarta *Elasmopalpus lignosellus*.

As pupas são marrom-esverdeadas, com 8 a 10 mm de comprimento por 2 mm de largura, formadas no interior de um casulo construído pela lagarta (Ferreira & Martins, 1984; Zucchi et al., 1993; Ferreira, 1998a, 1998b, 1999). As fases imaturas do inseto são muito influenciadas pela temperatura, diminuindo na faixa de 20 a 33°C, conforme dados de Kishino em Ferreira (1999); em temperatura média de 26,5°C duraram: incubação dos ovos, 4,5 dias; lagarta, 22,2 dias; pupa, 11,1 dias; e de ovo a adulto, 37,7 dias.

Os adultos são mariposas pequenas, com 8,5 a 10,0 mm de comprimento, de corpo linear e com as asas dobradas ao longo do dorso, quando em repouso. Possuem 15 a 25 mm de envergadura e apresentam dimorfismo sexual. As fêmeas são maiores do que os machos e têm antenas filiformes e asas anteriores marrom-escuras ou cinza-escuras, uniformes. Os machos possuem escamas grandes na base das antenas, palpos maxilares maiores e mais grossos e asas anteriores marrom-amareladas com margens escuras. As asas posteriores, de ambos os sexos, são brancas, meio transparentes, com as bordas ligeiramente mais escuras (Ferreira & Martins, 1984; Ferreira, 1999).

Uma fêmea coloca em média 140 ovos (Sauer, 1939; Kishino, 1981), podendo, no entanto, colocar até 420 ovos (Tippins, 1982). A oviposição é feita nas folhas e colmos, mas principalmente no solo, próximo à base das plantas (Ferreira & Martins, 1984; Ferreira, 1998a, 1998b, 1999).



As lagartinhas recém-eclodidas alimentam-se das folhas do arroz passando posteriormente para a região do colo da planta, pouco abaixo da superfície do solo, onde fazem um orifício transversal ao colmo, penetram alguns milímetros e saem em seguida para fazer outro orifício na mesma planta ou em outra. Enquanto se alimentam, as lagartas escavam galerias pelo centro do colmo, as quais aumentam com o desenvolvimento das lagartas. Do lado de fora, logo abaixo da linha do solo, constroem abrigos de teia, terra e outros detritos, que são ligados às aberturas das galerias (Sauer, 1939). Esses abrigos podem chegar a 5 cm de comprimento (Kishino, 1981; Ferreira, 1999).

Após completarem o desenvolvimento, as lagartas constroem casulos de aproximadamente 10 mm de comprimento, que podem ficar no interior dos abrigos ou na terra, próximos à base das plantas. Os casulos são resistentes, tecidos com teia fina e cinzenta, envolvidos externamente, com partículas de terra e detritos vegetais, assemelhando-se a pequenos torrões. Cerca de dois dias após a construção do casulo, ocorre a transformação em pupa (Rossetto et al., 1973).

#### Importância e tipo de dano

Uma lagarta pode atacar de cinco a dez colmos de plantas jovens (Sauer, 1939; Kishino, 1981). Em anos de baixa pluviosidade tem sido muito abundante, a ponto de destruir até 100% das plantas em lavouras de 78 a 105 ha. Quando a destruição não é total, é possível notar que o ataque não ocorre uniformemente, localizando-se em certas áreas. Em uma lavoura da cultivar BR Irga 409, com plantas no estágio de cinco a seis folhas, antes da irrigação, foi verificado (Costa & Link, 1991) que em 15 dias a *E. lignosellus* reduziu a população de plantas em 14%. Em experimento com a cultivar de arroz de terras altas IAC-47 foi verificado (Ferreira et al., 1994) que uma média de 24% de colmos atacados por essa broca, no período de 18 a 115 dias da semeadura, reduziu o rendimento em 22% ou em 507 kg ha<sup>-1</sup>. O dano é causado pelas lagartas ao atacarem a base dos colmos, cavando galerias em direção ao centro e provocando o seccionamento das folhas centrais, que, em consequência, secam e dão origem ao sintoma “coração-morto”. Em arroz só foi observada uma perfuração por colmo, em consequência da atividade de uma lagarta.

#### Manejo

**Práticas culturais.** Manter o solo livre de vegetação por um período de 15 a 20 dias antes do plantio, para assegurar que os restos de cultura e plantas daninhas estejam decompostos antes da



germinação do arroz; realizar a semeadura em época que coincida com o início das chuvas e em solo úmido; utilizar plantio direto em áreas com cobertura morta (Tippins, 1982); utilizar irrigação complementar por aspersão, 30 mm a cada cinco dias ou, no caso de arroz irrigado, inundar os quadros (Tippins, 1982); destruir os restos de cultura após a colheita (Ferreira, 1995, 1998b, 1999).

Ferreira et al. (1982) verificaram que a incorporação dos restos de cultura após a colheita contribuiu para reduzir a porcentagem de colmos atacados no plantio subsequente em 34% e que a aplicação a lanço, antes do plantio, de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, contribuiu para reduzir o número de colmos atacados pela broca-do-colo em 12%, em relação à área que não levou essa adubação. Segundo os mesmos autores, a aplicação de 7,5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, em cobertura, aos 60 dias, contribuiu para reduzir em 26,6% os colmos atacados pela praga, em relação aos tratamentos sem esse elemento.

**Controle físico.** Armadilha luminosa localizada no centro de áreas de 0,5 ha e mantida permanentemente ligada desde a semeadura até a colheita contribuiu para reduzir o dano da broca-do-colo em 9,5%.

**Resistência varietal.** Resultados de pesquisa indicam que existe possibilidade de se obter cultivares resistentes a *E. lignosellus* (Ferreira et al., 1979; Ferreira Júnior et al., 1998).

**Controle biológico.** São citados muitos inimigos naturais para *E. lignosellus*, como parasitóides e entomopatógenos. Entre os parasitóides de lagartas da ordem Hymenoptera são mencionadas espécies das seguintes famílias: Scelionidae, uma; Braconidae, 12; Ichneumonidae, duas; Chalcididae, três; Eulophidae, uma; e Perilampidae, uma. Da ordem Diptera, são mencionadas três espécies da família Tachinidae. Como entomopatógenos, são citados dois vírus de poliedrose nuclear e o fungo *Aspergillus flavus* (Tippins, 1982).

**Controle químico.** Utilizar, de acordo com as recomendações, carbofuran, carbosulfan, tiodicarb, furathiocarb e thiamethoxam nas sementes; esses inseticidas têm propiciado aumentos médios na produção de grãos, variando de 2,6 a 23,5% (Barrigossi & Ferreira, 2002; Ferreira & Barrigossi, 2003). Pulverização orientada para a base das plantas com fenitrotion e triclofon. Costa & Link (1991) obtiveram mais de 80% de eficiência de controle pulverizando fenvalerate, carbaril e diazinon, diluídos em 200 litros de água, nas quantidades de 90, 1200 e 90 g dos ingredientes ativos por ha, respectivamente. O controle deve ser efetuado quando houver risco do número de colmos na lavoura ficar



inferior a 20 colmos  $m^{-1}$  ou 100 colmos  $m^{-2}$  antes da irrigação da lavoura, para o arroz irrigado; 20 colmos  $m^{-1}$  ou 60 colmos  $m^{-2}$  para o arroz de terras altas antes do afilhamento, ou 40 colmos  $m^{-1}$  e 120 colmos  $m^{-2}$  após essa fase ou quando, em ambos os casos, 5% dos colmos se mostrarem atacados (Ferreira, 2002).

Broca-do-colmo: *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794);  
*Rupela albinella* Cramer (Lepidoptera: Pyralidae)

#### Descrição e hábitos

Os ovos da *D. saccharalis* são planos, elípticos, com cerca de 1,0 mm na maior dimensão, coloração amarelada quando recém-colocados e avermelhada ao final da incubação. São colocados em número de cinco a 60, de forma imbricada, assemelhando-se a segmentos de couro de cobra ou escamas de peixe (Ferreira et al., 2001a).

As lagartas atingem 25 a 35 mm de comprimento, têm três pares de pernas torácicas e cinco pares de pernas abdominais. A cabeça é de coloração amarela ou marrom-escuro e o restante do corpo marrom-claro (Fig. 14.10). Antes de transformar-se em pupa, no interior do colmo, a lagarta recorta um círculo na casca do mesmo, o qual é mantido no lugar por meio de fios de seda até que a mariposa o desloque para sair ao exterior (Ferreira et al., 2001a).

As pupas são de coloração marrom-claro, com 10 a 20 mm de comprimento. Essa fase, como a de lagarta, transcorre no interior do colmo. Todas as fases imaturas são bastante influenciadas pela temperatura, encurtando quando esta aumenta na faixa de 20 a 30°C, conforme dados de Kishino em Ferreira (1999). Em temperatura média de 25,3°C duraram: incubação dos ovos, 6,3 dias; lagarta, 33 dias; pupas macho e fêmea, 8,6 dias.

Os adultos, após saírem das pupas, empurram os discos de casca que fecham os orifícios e libertam-se para iniciar nova geração. As mariposas apresentam 16 a 26 mm de envergadura, palpos labiais bem desenvolvidos, asas anteriores de coloração amarelada com pontos escuros e duas estrias transversais, mais ou menos escurecidas, dispostas em "V" no terço apical. As asas posteriores são esbranquiçadas.

As mariposas duram de quatro a seis dias (Ferreira et al., 2001a). Aparecem nos arrozais, quando as plantas têm aproximadamente 30



dias de idade. São difíceis de observar porque permanecem ocultas durante o dia. As fêmeas ovipositam normalmente à noite nas folhas superiores das plantas, geralmente na face dorsal. Cada fêmea põe, em média, 300 ovos em apenas duas ou três noites. As lagartas recém-eclodidas alimentam-se do parênquima das folhas, principalmente no tecido interno das bainhas, onde podem provocar manchas marrom-amareladas. Depois da primeira ecdise, segundo ínstar, as lagartas penetram nos colmos, geralmente no anel de crescimento logo acima do nó, de onde constroem galerias.

As mariposas *Rupela albinella* Cramer têm cerca de 40 mm de envergadura, de coloração totalmente branca. As fêmeas ovipositam na face ventral da metade superior das folhas. Os ovos são amarelados e colocados em massas, cobertos com escamas brancas semelhantes a pêlos. As lagartas penetram na parte inferior dos colmos, onde permanecem até completarem o desenvolvimento, quando atingem 25 mm de comprimento, apresentando cabeça marrom e corpo marrom-claro afilado na extremidade posterior (Fig. 14.11). Os sintomas das plantas atacadas são menos evidentes que os provocados por *D. saccharalis*. Isto ocorre porque o ataque de *D. saccharalis* dá-se na metade superior dos colmos, enquanto o de *R. albinella* localiza-se na metade inferior dos colmos. *R. albinella* é conhecida como “noiva do arroz”. As mariposas duram cinco a oito dias. Cada fêmea efetua duas a três posturas de 80 a 120 ovos. O ciclo biológico é de 54 a 77 dias: ovo, 7 dias; lagarta, 35-40 dias; pupa, 7-12 dias.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.10. Lagarta *Diatraea saccharalis*.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.11. Lagarta *Rupela albinella*.

#### Importância e tipo de dano

A *D. saccharalis* é um inseto de alta severidade potencial, que ocorre na maioria dos anos, em baixa população, nos arrozais. Além





do arroz, possui vários outros hospedeiros cultivados e nativos. O dano é causado pelas lagartas que, ao penetrarem nos colmos, alimentam-se do tecido esponjoso e destroem os pontos de crescimento, provocando a morte da sua parte central. Quando isso ocorre durante a fase vegetativa das plantas, origina o sintoma conhecido como “coração-morto”. Quando ocorre durante a época de formação e emissão das panículas, fase reprodutiva, provocando a morte da folha bandeira e esterilidade das espiguetas, origina o sintoma conhecido por “panícula-branca”, que, quando puxada, desprende-se facilmente da planta.

As lagartas de *D. saccharalis* são muito mais prejudiciais do que as de *R. albinella*. As primeiras causam dano severo nos tecidos internos dos colmos ultrapassando, com frequência, vários nós, enquanto as lagartas de *R. albinella* causam dano leve e restrito apenas a um internódio. Dados de Dinther em Ferreira (1999) permitem verificar que para um mesmo nível de infestação, por exemplo, 40% *D. saccharalis* causa uma perda de colheita de 680 kg ha<sup>-1</sup> ha e a *R. albinella* de apenas 272 kg ha<sup>-1</sup>. Para *D. saccharalis* estima-se uma redução de 2 a 3% na produção para cada 10% de colmos atacados ou para cada 1% de panículas brancas (Ferreira & Martins, 1984; Ferreira, 1999; Ferreira et al., 2001a; Ferreira & Barrigossi, 2002). Isso porque o número de colmos com sintomas visíveis de ataque de broca é menor que o número de colmos realmente atacados, mas que, no conjunto, contribui para reduzir o vigor, o número de afilhos e aumentar o percentual de espiguetas vazias (Martins et al., 1981; Ferreira, 1999).

Em Nova Granada, SP, a *D. saccharalis* causou, em lavoura de arroz de terras altas, danos estimados em 35%. Vieira (1980) verificou em arroz irrigado, em Pelotas, RS, que cultivares apresentando, em média, 5,7% dos colmos atacados sofreram reduções na produção de grãos da ordem de 108 kg ha<sup>-1</sup>. Em arroz de terras altas com suplementação hídrica, em Ponta Porã, MS, Santos et al. (1988) observaram que 38,9% de colmos da cultivar IAC-165 atacados pelo inseto provocaram 6,4% de redução na produção de grãos. A *D. saccharalis* tem demonstrado ser praga expressiva na região do Brasil Central, principalmente no Estado de Mato Grosso (Martins et al., 1981; Kishino, 1993). Nos últimos anos, grandes áreas de arroz nessa região têm sido severamente atacadas pela *D. saccharalis*. No Estado do Tocantins, onde predomina a cultura irrigada, acredita-se que esse inseto possa estar causando prejuízo econômico, pelo menos em algumas localidades, uma vez que Kishino (1993) observou, no município de Cristalândia, alta população de lagartas e pupas da espécie no produto colhido e ensacado.



## Manejo

**Práticas culturais.** Evitar plantar arroz próximo de cana-de-açúcar, milho ou outras gramíneas hospedeiras do inseto; evitar plantios escalonados, em áreas próximas; evitar excesso de fertilizante nitrogenado, já que há indicações do dano ser altamente correlacionado com doses de N; utilizar arroz como cultura armadilha, para atrair os insetos migrantes e efetuar o controle, plantando 5 a 10% da área, dez a 15 dias antes do plantio geral; manter os campos livres de plantas hospedeiras do inseto; destruir os restos de cultura após a colheita.

**Resistência varietal.** Vários genótipos com características de resistência à *D. saccharalis* já foram identificados; a cultivar de arroz irrigado Cica 8 possui resistência a essa broca-do-colmo (Weber, 1989); em arroz de terras altas observou-se que a cultivar Maravilha, sob variadas condições de adubação, suprimento de água e preparo do solo, sempre apresentou perdas significativamente menores do que a cultivar Rio Paranaíba (Ferreira, 1995); foi observado também que a cultivar IAC-25, de ciclo precoce, foi menos atacada, em comparação com cultivares de ciclo médio, como a IAC-47 e que cultivares perfilhadoras são mais tolerantes ao dano causado por *D. saccharalis*. As cultivares de arroz de terras altas Bonança, Carisma e Primavera, nas condições de Santo Antônio de Goiás, GO, e Rondonópolis, MT, foram menos infestadas por *D. saccharalis* que várias outras, mas não mantiveram o mesmo desempenho em Primavera do Leste, MT (Ferreira et al., 2001a).

**Controle biológico.** Existem muitos inimigos naturais das brocas-do-colmo. Os principais, são: Himenópteros parasitóides de ovos - *Telenomus* sp. (Scelionidae) e *Trichogramma* sp. (Trichogrammatidae); deste último foi identificada uma espécie causando elevado nível de parasitismo em arrozais do Mato Grosso (Kishino, 1993); parasitóides de lagarta - *Apanteles flavipes* (Braconidae); na ordem Diptera os parasitóides principais são: *Metagonistilum minense*, *Lixophaga diatrae* e *Paratheresia claripalpis* (Tachinidae).

Como predador das posturas, a *Coleomegilla maculata* (Coleoptera, Crisomelidae) parece ser a mais importante (González Franco et al., 1983; Gallo et al., 1988).

No Estado do Tocantins, as posturas de *Rupela albinella* têm sido muito parasitadas por um microhimenóptero, provavelmente *Telenomus rowani* (Gahan) (Hymenoptera, Scelionidae).



**Controle químico.** Utilizar fenitrothion, quando o monitoramento da lavoura indicar, na fase vegetativa e na fase reprodutiva, respectivamente, duas e uma posturas por cem colmos, estando o parasitismo de ovos inferior a 50%. O monitoramento deve ser feito nos períodos de maior suscetibilidade do arroz a esta praga: alongamento dos colmos; fim do afilhamento; e início da emissão das panículas (Ferreira, 2002; Ferreira & Barrigossi, 2002).

### Grupo 3: Adultos e larvas mastigadores

Os insetos desse grupo pertencem às ordens Orthoptera e Coleoptera, podendo alguns existir na vegetação próxima à lavoura ou no solo, na fase larval, desde antes da semeadura do arroz e atacar a cultura desde o primeiro contato com ela. Entretanto, outros migram para as lavouras na fase adulta após a semeadura, podendo ser mais daninhos que suas larvas.

Os Orthoptera: paquinha, *Neocurtilla (Gryllotalpa) hexaxadactyla* (Perty, 1832), (Gryllotalpidae), gafanhotos *Rhammatocerus schistocercoides* (Rehn., 1906) e *Orphulella intricata* (Acrididae) e esperanças *Caulopsis cuspidata* (Scupd), *C. oberthuri* (Copiphoridae) e *Conocephalus fasciatus* (Conocephalidae), com execução de *R. schistocercoides*, são comuns em campos de arroz e, no geral, têm causado pouco dano. Entretanto, tem-se notícia de que no Mato Grosso a paquinha vem sendo problema em algumas áreas, inclusive de arroz de terras altas. Neste mesmo Estado, onde a cultura de arroz está em expansão, o *R. schistocercoides* se multiplica na vegetação nativa e, na fase de saltão ou de pequenas nuvens de adultos, invade os campos de arroz, que é a cultura preferida depois da vegetação nativa; na forma de saltão, larva, invade os campos de arroz de madrugada retornando depois à vegetação nativa. Este inseto é uma séria ameaça à cultura de arroz, se escapar do controle (Cosenza, 1987).

Os Coleoptera: vaquinha, *Diabrotica speciosa*; azulão, *Oediopalpa* spp. e pulga da folha, *Chaetocnema* (Chrysomellidae), embora não sejam descritos neste trabalho, têm-se mostrado prejudiciais ao arroz em vários locais, principalmente o *Chaetocnema*, que tem distribuição nacional e ataca, além do arroz, outras gramíneas jovens, como o *Andropogon*.

Refere-se a algumas espécies da família Scarabaeidae (Melolonthidae), tais como *Dyscinetus rugifrons* Burmeister, 1847;



*D. planatus* Burmeister, 1847 e *Stenocrates laborator* (Fabricius, 1801), *Dyscinetus gagates* Burmeister, 1847 e *Ligyris ebenus* (De Geer, 1774), *Dyscinetus dubius* (Olivier, 1789) (= *D. geminatus* Fabricius, 1801) e *Eutheola humilis* Burmeister, 1847 (= *Heteronychus humilis* Burmeister = *Ligyris humilis* Burmeister = *Podalgus humilis* Burmeister) (Ferreira, 1999).

A *E. humilis* é a mais conhecida e considerada a mais importante. Por isso, as informações a seguir, quando não especificadas, referem-se a essa espécie.

### Descrição e hábitos

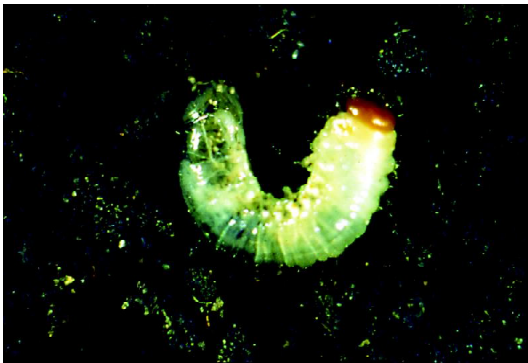
Os ovos têm formato ovóide, coloração branco-amarelada e 2 mm de maior diâmetro. As larvas, conhecidas como bicho-bolo, são escarabeiformes, com o corpo branco-amarelado e transversalmente enrugado, exceto na extremidade posterior que, além de ser mais grosso, é acinzentado e liso. Possuem três pares de pernas torácicas de coloração marrom, como a cabeça (Fig. 14.12). O comprimento do corpo, após o completo desenvolvimento, atinge 20 a 25 mm. As larvas das outras espécies são maiores quando maduras, situando-se entre 35 a 60 mm de comprimento (Ferreira & Martins, 1984; Zucchi et al., 1993; Ferreira, 1998a, 1999).

As pupas são do tipo livre, nuas, localizadas em câmaras sob a superfície do solo. Apresentam coloração marrom-amarelada, com aproximadamente 14 mm de comprimento por 7 mm de largura (Ferreira & Martins, 1984; Gallo et al., 1988; Zucchi et al., 1993).

Os adultos, ao emergirem, são marrom-claros, adquirindo, em cerca de cinco dias, a cor preta e brilhante, nos exemplares jovens. Os exemplares mais velhos tornam-se opacos pelo atrito com o solo (Fig. 14.13) e apresentam 10 a 14 mm de comprimento por 5 a 7 mm de largura. O adulto é vulgarmente chamado "cascudo-preto", e suas larvas são conhecidas como "bicho-bolo". Durante o dia, os adultos ficam principalmente enterrados no solo ou abrigados sob restos vegetais e torrões. Ao crepúsculo e à noite, efetuam vôos curtos. Ao amanhecer penetram na terra e aí se alimentam de raízes, tubérculos, etc. As fêmeas depositam seus ovos no solo, preferindo terrenos úmidos e ricos em matéria orgânica, onde há excrementos de animais ou palha em decomposição. Teor alto de umidade do solo é o fator mais importante para o desenvolvimento do inseto, condição esta encontrada nos terrenos das várzeas e ribeira dos rios, facilmente encharcáveis.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig.14.12.** Larva (bicho-bolo) *Eutheola humilis*.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 14.13.** Adulto (cascudo preto) *Eutheola humilis*.

Cada fêmea coloca em torno de 20 ovos, cujo período de incubação é de 9 a 15 dias. As larvas duram de 12 a 20 meses e vivem no solo a uma profundidades de 15 a 20 cm onde, depois de completarem o desenvolvimento, constroem câmaras e transformam-se em pupas. A fase pupal dura entre 12 e 15 dias e os adultos vivem aproximadamente 90 dias (Ferreira, 1999).

#### Importância e tipo de dano

A *E. humilis* tem causado prejuízos ocasionais em diferentes culturas desenvolvidas em solos úmidos e argilosos. Em arroz, provoca danos severos e ocorre em todas as regiões brasileiras onde esta cultura está presente, sendo abundante em alguns anos em grandes áreas. O arroz pode ser danificado tanto pelas larvas (Fig. 14.12) como pelos adultos (Fig. 14.13), que roem e dilaceram a parte subterrânea das plantas, provocando seu amarelecimento ou morte. Os adultos podem atacar os arrozais em qualquer época, desde que não estejam inundados. Devido a sua grande mobilidade, voam de um lugar para outro e causam, em geral, mais dano do que as larvas. Eles podem provocar o tombamento das plantas maduras, ao cortarem os colmos junto ao solo, em áreas drenadas para a colheita. Em 300 ha de arroz de várzea, com plantas de 15 a 25 dias de idade, no Formoso do Araguaia, Estado do Tocantins, foi constatada uma destruição de cerca de 60% das plantas pelo cascudo preto. Em 400 ha de arroz mais novo, o nível de dano do inseto estava em 10%. Nas partes mais afetadas, os cascudos eram encontrados a 2 cm de profundidade, em número de até 20 por metro de fileira de plantas.



As larvas, ao alimentarem-se da raiz do arroz, podem provocar a morte de plantas jovens e o enfraquecimento de plantas mais

desenvolvidas. Isto foi verificado na safra de 1987/88, em 100 ha da cultivar Araguaia sob pivô central, no município de Edéia, Estado de Goiás, onde 80% da área apresentava manchas de plantas com aspecto de murcha e uma média de 7,2 larvas nas raízes por colmo. Em Novo Horizonte, Estado de São Paulo, foi constatado que o ataque de três espécies de bicho-bolo provocou uma queda de produção de arroz estimada em 20 a 30%. Em grandes lavouras, as infestações não ocorrem de modo uniforme, mas sim em focos, onde se concentram as formas adultas e suas larvas, raramente causando prejuízo total (Ferreira, 1999).

### Manejo

**Práticas culturais.** Revolvimento das áreas infestadas, por aração e/ou gradagem, antes do plantio, para expor o inseto ao ataque de pássaros e diminuir sua viabilidade; inundar os tabuleiros infestados, antes ou depois do plantio, no mínimo por três dias, para afogar as larvas e adultos; destruição dos restos de cultura das áreas infestadas após a colheita do arroz.

**Controle físico.** Armadilhas luminosas têm grande poder de atrair os cascudos, podendo ser utilizadas para capturá-los ou concentrá-los em determinados pontos da lavoura, armadilhas, onde possam ser mais facilmente aniquilados; quando bem manipulado, o uso de armadilha luminosa é, provavelmente, o melhor método para controlar o cascudo-preto em lavouras de arroz (Ferreira, 1999).

**Controle biológico.** Como parasitóide de larvas de *Dyscinetus* spp. e *Ligyris* spp. a literatura indica *Cryptomeigenia setifacies* (Diptera-Tachinidae) e como entomopatógeno de *Eutheola bidentata*, o fungo *Metarhizium anisopliae* (Moniliales-Moniliaceae).

**Predadores:** É mencionado um complexo de predadores dos besouros, tais como aves de quintal, sapos, rãs, lagartixas, morcegos, suínos, entre outros, que têm sido pouco estudados e pouco valorizados.

**Controle químico.** Os inseticidas thiodicarb e carbofuran demonstraram eficiência superior a 95% na proteção das plantas com até 40 dias de idade (Barbosa et al., 1988). González Franco et al. (1983) mencionam a utilização de 0,7 a 0,9 kg ha<sup>-1</sup> de carbofuran, distribuído a lanço e incorporado com a última gradagem ou depois da semeadura sem incorporação, quando aparecerem os primeiros sintomas de dano. Mencionam também a pulverização de metil-paration e triclorfon, na proporção de um para um, quando aparecerem as primeiras plantas



atacadas. Entretanto, segundo informações de Martins et al. (2004), os inseticidas empregados desse modo, após o inseto infestar a cultura, são ineficientes.

### Gorgulho-aquático

Os seguintes gêneros e espécies têm sido encontrados nas áreas de arroz do Brasil: *Cyrtobagous singulares*, *Helodytes faveolatus* (Duval, 1945), *H. litus* (Kuschel, 1952), *H. vatius* (Kuschel, 1952), *Hydrotimetes* sp., *Lissorhoptrus* sp., *Lissorhoptrus tibialis* (Hustache, 1926), *Listronotus* sp., *Neobagous* sp., *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (*Lissorhoptrus oryzae*) (Costa Lima, 1936), *Ochetina* sp. e *Neobaridia amplitarsis* (Curculionidae) (Ferreira, 1998a, 1999) A última espécie só ocorre em arroz de terras altas, as demais em arroz irrigado.

*Oryzophagus oryzae* é a mais importante das espécies citadas e as informações a seguir, quando não especificadas, referem-se a essa espécie.

#### Descrição e hábitos

Os ovos são brancos, cilíndricos, levemente curvos e com extremidades arredondadas, têm 0,9 mm de comprimento e 0,2 mm de diâmetro e são pouco visíveis a olho nu (Camargo, 1991; Prando, 1999).

As larvas, conhecidas como bicheira-da-raiz-do-arroz, são branco-amareladas, ápodas, ligeiramente recurvadas, apresentam mandíbulas marrom-escuras e cabeça marrom muito pequena em relação ao corpo. Possuem seis protuberâncias na parte dorsal (Fig. 14.14) munidas, cada uma, de dois ganchos orientados para frente. Essas estruturas são espiráculos abdominais modificados, que facilitam a movimentação das larvas no solo, além de auxiliá-las na aquisição de oxigênio do aerênquima das plantas hospedeiras. Ao completarem o desenvolvimento têm cerca de 8,5 mm de comprimento e 1,8 mm de diâmetro máximo. As pupas são formadas no interior de casulos de barro, construídos com argila e aderidos às raízes pela larva madura, antes da sua transformação. São branco-opacas, com 4 mm de comprimento e 2 mm de largura e assemelham-se muito aos adultos na forma e tamanho (Ferreira & Martins, 1984).

Os adultos são conhecidos como gorgulhos aquáticos, com 3,0 a 3,5 mm de comprimento por 1,0 a 1,5 mm de largura, sendo as fêmeas maiores que os machos. Possuem cabeça provida de um prolongamento cilíndrico e forte e, na sua extremidade, as peças bucais mastigadoras. O corpo é de coloração marrom-escuro (Fig. 14.15), mas, geralmente, apresenta-se revestido de escamas cerosas acinzentadas com manchas



brancas. Os gorgulhos atravessam o período de entressafra, hibernação, refugiando-se na soca do arroz, restos de palha das colheitas e vegetação nativa adjacente às lavouras. Os gorgulhos chegam aos novos arrozais pela água de irrigação e também pelo voo, quando podem ser atraídos por armadilhas luminosas (Camargo, 1991; Ferreira, 1999).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 14.14.** Larva (bicheira-da-raiz-do-arroz) *Oryzophagus oryzae*.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 14.15.** Adulto (gorgulho aquático) *Oryzophagus oryzae*.

Os adultos alimentam-se do parênquima das folhas, deixando, na parte superior, cicatrizes de 1,5 mm de largura e comprimento variável. Essas cicatrizes são escuras quando novas, tornando-se brancas após alguns dias. As fêmeas fecundadas mergulham e alimentam-se abrindo pequenos furos na região do colo das plantas de arroz, ou outros hospedeiros aquáticos, nas quais introduzem o ovipositor colocando um ovo por furo. As larvinhas alimentam-se inicialmente nos locais de eclosão, depois passam a alimentar-se das raízes novas, localizando-se na terra que as envolve e cortando-as em todas as direções. Dados de vários autores sobre o ciclo biológico de *O. oryzae* em Ferreira (1999) permitiram obter as seguintes durações médias das fases: incubação dos ovos, 7 dias; larva, 29 dias; pupa, 12 dias; e adulto 10 dias.

Pelos dados de Costa et al. em Ferreira (1999), estimou-se que uma fêmea pode colocar, durante sua vida de 10 dias, 96 ovos férteis, ou 9,6 ovos por dia, ou ainda, 2,5 por hora. Essa estimativa parece não estar muito longe da realidade, mas difere bastante dos valores observados para outras espécies, cujas fêmeas colocam um ovo a cada 1,5 a 2,5 dias (Camargo, 1991).

#### Importância e tipo de dano

*O. oryzae* tem vários hospedeiros alternativos e praticamente ocorre em todas as áreas de arroz irrigado do Brasil, sendo conhecido





há mais tempo no Rio Grande do Sul. Nesse estado a incidência do inseto nos arrozais tem aumentado e o caráter típico de colonização agregada modificou-se para forma mais casual, com as lavouras infestadas mostrando uma redução na produtividade de cerca de 10% (Martins et al., 2004). Adultos e larvas causam danos ao arroz, cujos prejuízos dependem da intensidade de infestação e do sistema de cultivo utilizado. Em lavouras implantadas por meio de sementes pré-germinadas, a forma adulta pode ser extremamente prejudicial, conforme constatado em Santa Catarina, em 1949. Isto ocorreu pela alimentação de grandes populações do gorgulho nos coleóptilos, radículas e plântulas, sob a água de irrigação (Prando, 1999).

Em lavouras implantadas por semeadura, em solo seco, e por meio de mudas em solo enlameado, o dano de adultos nas folhas, em geral, não tem sido de expressão econômica. Nesses sistemas, o principal dano é causado pelas larvas que surgem a partir do décimo dia da inundação dos tabuleiros e alimentam-se do sistema radicular do arroz, com reflexos negativos no desenvolvimento das plantas, que se apresentam de porte reduzido, amarelas e murchas, podendo, os sintomas, serem confundidos com deficiência de N, toxicidade de Fe ou salinidade (Martins et al., 2004).

O efeito das larvas de *O. oryzae* sobre a produção de grãos de uma determinada cultivar em uma dada localidade pode ser influenciado pela época de plantio. Em plantios do final de outubro, são observadas reduções na produção cerca de três vezes maior em relação àqueles realizados no final de novembro. Em geral, ocorrem duas gerações de larvas por safra. A primeira, geralmente aparece dez dias após a irrigação definitiva nos plantios convencional e direto, atingindo o acme 25 dias após e causando, quase sempre, maior dano do que a segunda geração, porque ocorre quando o sistema radicular da planta ainda é pouco desenvolvido. A cada larva, em média por amostra de 0,6 litro de solo e raízes, é esperada uma redução de 1,1 e 1,5% na produtividade de grãos das cultivares de ciclo médio e curto, respectivamente. Após o início da diferenciação das panículas, não há resposta positiva em produtividade de arroz, ao controle das larvas (Martins et al., 2004).

### Manejo

**Práticas culturais.** Destruição dos sítios de hibernação ou de plantas hospedeiras dos gorgulhos na entressafra, normalmente gramíneas que vegetam ou deixam restos nos canais de irrigação e periferia dos campos de arroz; aplanamento do solo, para evitar agregação da praga; adubação nitrogenada suplementar em cobertura,



antes do aparecimento do primórdio da panícula, visando a recuperar o sistema radicular danificado pelas larvas; atraso da época de semeadura; drenagem dos quadros infestados por 15 ou mais dias, até o conteúdo de umidade ficar reduzido a mais ou menos 10%; destruição dos restos da cultura por queima ou aração, imediatamente após a colheita ou depois de um período de pastoreio, para combater a praga e seus hospedeiros; rotação de culturas para evitar o aumento populacional do inseto, pelos sucessivos cultivos de arroz na mesma área; cultura armadilha em parte da lavoura, plantada 10 a 15 dias antes da semeadura e irrigação geral para concentrar e controlar os insetos adultos. Oliveira et al. (1995) observaram na cultivar de arroz BR-Irga 409 que a irrigação antecipada de uma semana pode concentrar duas ou mais vezes o número de insetos.

**Armadilha luminosa.** Pode ser útil para monitoramento e para atrair os insetos para locais de cultura armadilha.

**Resistência varietal.** As cultivares BR Irga 410 e BR Irga 413 foram consideradas resistentes e BR Irga 409, BR Irga 412 e Bluebelle moderadamente resistentes, em relação à BR Irga 414, altamente suscetível (Martins et al., 1993). Entretanto, em áreas com risco de infestação, evitar o uso de cultivares de ciclo curto, que tendem a ser menos tolerantes ao ataque do inseto (Martins et al., 2004).

**Controle biológico.** A relação de inimigos naturais de *O. oryzae* é pequena, não existindo referência de parasitóides. Os predadores encontrados (larvas de coleóptero Dytiscidae) são pouco conhecidos, ainda que promissores (Prando, 1999). Como entomopatógeno, são mencionados os fungos da classe Deuteromicetes *Beauveria bassiana* (Bols.) Wuill e *Metarhizium anisopliae* (Metsh) Sorokin (Moniliales, Moniliaceae). Esses fungos têm sido utilizados em pesquisas para controle de adultos de *Lissorhoptus tibialis* (Hustache) e foram considerados viáveis para aplicação em conjunto com fipronil para controle de *O. oryzae* (Prando, 1999).

**Controle químico.** Pode ser realizado com inseticidas recomendados, aplicados preventivamente nas sementes, fipronil, thiamethoxam, carbofuran, ou curativa por meio de pulverização da parte aérea das plantas, três a quatro dias antes ou após o início da irrigação (deltametrina) ou tratamento da água de irrigação com granulados sistêmicos (benfuracarb, carbofuran).

Em lavouras que não receberam tratamento preventivo, o controle deve ser realizado com base nos dados de amostragens ao acaso para



cicatrizes de alimentação dos gorgulhos na última folha desenvolvida nas plantas e pelo número de larvas em amostra de aproximadamente um litro de solo e raízes. As amostras devem ser tiradas em linhas paralelas às bordas ou aos canais de irrigação, afastadas de 10 a 20 m, e distantes de aproximadamente 50 m dentro das linhas. A amostragem para alimentação dos gorgulhos na folha mais nova, deve ser feita três a quatro dias após a emergência das plântulas no sistema pré-germinado ou após a inundação do cultivo em solo seco, considerando 20 plantas por amostra; nessa data, se 16% das plantas apresentarem sinais de alimentação na última folha, é esperada uma redução na produção da lavoura de 100 kg ha<sup>-1</sup> ou 1,5%, se não tratada. Caso o nível de 16% não seja atingido, repetir a amostragem depois de 11 a 12 dias, considerando agora 8% de folhas atacadas como nível de controle. Se não houver necessidade de tratamento nesse período, proceder à amostragem para larvas nas raízes, a partir de 15 dias da emergência das plantas no sistema pré-germinado, do transplante das mudas no sistema de transplântio e do início da irrigação em sistemas de cultivo em solo seco. Quando for encontrada uma média de duas a três larvas entre as raízes e terra, contidas num cilindro de amostragem de 10 cm de diâmetro e mais ou menos 10 cm de altura, se a área não for tratada, espera-se uma redução na produção de arroz de 100 kg ha<sup>-1</sup> ou de 1,5%.

#### Grupo 4: Adultos e larvas sugadores

Os insetos desse grupo pertencem às ordens Hemiptera e Thysanoptera e tanto os adultos como as larvas sugam a seiva das plantas. São muito importantes porque suas populações nem sempre são percebidas em tempo de evitar prejuízos. A colonização dos arrozais, em geral, é dependente dos adultos que migram para a lavoura, às vezes em número suficiente para causar o principal dano, mesmo antes da oviposição e desenvolvimento larval.

Os tisanópteros *Thripes oryzae*, *Bregmatothripes venustus* e *Frankliniella rodeos* (Thripidae) têm sido encontrados em arrozais, principalmente *F. rodeos* nas culturas de terras altas, mas suas populações e danos ainda não tiveram caráter de praga (Ferreira, 1998a).

Os hemípteros são os principais responsáveis para que se considere esse grupo como o de maior risco, atual e potencial, para a orizicultura nacional.

Na subordem Homoptera é grande o número de espécies associadas ao arroz, tanto em nível internacional como nacional (Ferreira et al., 2003). No Brasil, consideram-se mais importantes as espécies descritas a seguir:



## Cigarrinhas-das-pastagens

Este nome comum abrange *Deois flavopicta* (Stal, 1854), *D. schach* (Fabr., 1787), *D. incompleta* (Walker, 1851), *D. flexuosa* (Walker, 1851), *Zulia entreriana* (Berg. 1879) e *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854), (Homoptera-Cercopidae). A *D. flavopicta* tem sido mais prejudicial ao arroz por ocorrer com maior frequência em altas populações nas regiões de maior concentração de arroz de terras altas. Por isso, as informações dadas a seguir referem-se basicamente a esta espécie.

### Descrição e hábitos

Os ovos são branco-amarelados, elípticos ou fusiformes, medindo 1,0 mm de comprimento por 0,3 mm de maior diâmetro. As posturas são constituídas de dois tipos de ovos, normais e em diapausa. Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, no período desfavorável ao desenvolvimento das cigarrinhas, de maio a setembro, o inseto sobrevive graças ao mecanismo de diapausa, que os torna aptos a suportarem situações extremas de frio e dessecação. Segundo Pacheco (1982), os ovos normais têm um período de incubação de 13 a 20 dias, e os ovos em diapausa de 250-380 dias. Nesse caso, o período de eclosão pode durar de um a 99 dias.

As ninfas, após a eclosão, localizam-se nas raízes das plantas e iniciam a sucção da seiva. Simultaneamente, começam a elaborar espuma branca, típica, injetando bolhas de ar com a codícula na secreção da glândula de Batele, localizada no seu abdome. A espuma recobre e protege todo o seu corpo contra dessecação e inimigos naturais durante toda a fase ninfal (Pacheco, 1982; Gallo et al., 1988). Durante esse período, as ninfas sugam continuamente a seiva, levando as plantas ao depauperamento. As ninfas são amareladas e aparecem em maior número no início e na metade da estação chuvosa. A fase de ninfa dura em média 38 dias e passa por seis ínstares.

Os adultos de *D. flavopicta* têm 10 mm de comprimento, são dorsalmente pretos com três manchas amarelas em cada tégmina (Fig. 14.16). O abdome e as pernas são vermelhos, com dois espinhos nas tíbias posteriores. Locomovem-se por saltos e vôos de até um quilômetro (Zucchi et al., 1993) e, ao alimentarem-se, introduzem toxinas que causam a morte da planta. O período de pré-oviposição é de dez dias, e cada fêmea coloca 25 ovos, no chão ou em restos vegetais. A longevidade das fêmeas é de 15 a 20 dias, e a postura dura dez dias (Pacheco, 1982). O ciclo ovo-adulto é de 55 dias, e o tempo necessário para iniciar uma nova geração é de 65 dias.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 14.16.** Cigarrinhas-das-pastagens, adultas: da esquerda para a direita *Deois flexuosa*, *D. schach*, *D. flavopicta*, *D. incompleta* e *Zulia entreriana*.

#### Importância e tipo de dano

Para o arroz somente o dano dos insetos adultos tem sido de importância. Essa praga, em alguns anos tem sido abundante em grandes áreas, encontrando-se 50 ou mais adultos por m<sup>2</sup>. Essa situação, associada ao tempo chuvoso e a lavouras jovens, dificultam o controle. Esse inseto, na primeira metade da década de 1980, destruiu 53.000 ha de arroz no Estado de Goiás e 23.000 ha no Estado do Mato Grosso do Sul. Em condições favoráveis ao desenvolvimento do inseto, podem ocorrer até três surtos de adultos por safra, em novembro, em janeiro e em março (Ferreira & Guazzelli, 1982). O primeiro surto é destacadamente mais importante, por ser geralmente maior e encontrar as plantas de arroz ainda pouco desenvolvidas. Os sintomas de ataque no arroz caracterizam-se pelo amarelecimento e secagem das folhas e morte das plantas. Mesmo em pleno período chuvoso, lavouras com plantas novas podem apresentar-se uniformemente com aspecto seco, cinco a sete dias após terem sido invadidas pelo inseto.

#### Manejo

**Práticas culturais.** Evitar plantar arroz próximo à braquiária e outras gramíneas infestadas por cigarrinhas; antecipar ou retardar as épocas de semeadura de acordo com os surtos das cigarrinhas; manter os campos livres de gramíneas hospedeiras do inseto; inundar as áreas de arroz novo até que passe o surto de cigarrinhas; utilizar arroz como



cultura armadilha, plantando 5 a 10% da área, dez a 15 dias antes do plantio geral, combinando alta densidade de semeadura com aplicação de inseticida sistêmico granulado junto com as sementes; destruir os restos de cultura após a colheita ou no início da época seca, por aração ou pré-incorporação com grade e aração profunda de pré-plantio; utilizar adequadamente as pastagens próximas dos arrozais, tendo em vista diminuir a proliferação da cigarrinha.

**Resistência varietal.** Nenhuma cultivar de arroz é resistente. As cultivares de arroz com crescimento inicial mais vigoroso podem ser um pouco mais tolerantes. Existem gramíneas forrageiras com resistência, do tipo antixenose ou antibiose, à cigarrinha que, se usadas em pastagens, podem contribuir indiretamente para diminuir a intensidade e ataque do inseto na cultura do arroz.

**Controle biológico.** Parasitóide de ovo: *Anagrus* sp. (Hymenoptera- Mymaridae). Predadores das ninfas: *Salpingogaster nigra* Schin. (Diptera-Syrphidae). Uma larva dessa mosca, para completar o crescimento, mata de 30 a 40 ninfas de *Mahanarva fimbriolata* (Stal).

Entomopatógenos: *Metarhizium anisopliae* (Moniliales-Moniliaceae) tem proporcionado controle variável de 10 a 60% (Gallo et al., 1988).

**Controle químico.** Utilizar sementes tratadas com inseticidas recomendados, carbofuran, carbosulfan, furathiocarb, tiodicarb e thiametoxam, ou pulverização, triclofon, malation e fenitrothion, dos arrozais ou das pastagens adjacentes, visando ao controle dos adultos; os arrozais devem ser pulverizados quando, na ausência de tratamento preventivo, for encontrada, em média, uma ou mais cigarrinhas por 30 colmos antes do afilhamento e duas ou mais após este estágio.

Pulgão-da-raiz-do-arroz *Rhopalosiphum rufiabdominale* (= *R. rufiabdominalis*) (Sasaki, 1899) (Homoptera, Aphididae)

#### Descrição e hábitos

Essa espécie é encontrada como fêmea, áptera e alada, produzindo descendentes fêmeas, através de um processo chamado partenogênese telitoca, no qual os óvulos desenvolvem-se e permanecem no interior do corpo até originarem ninfas (Gallo et al., 1988).

As fêmeas ápteras vivíparas são verde-escuras com manchas avermelhadas na base dos cornículos (Fig. 14.17). Fêmeas vivíparas aladas



são verde-escuras com grandes manchas avermelhadas na base dos cornículos. Em condições de laboratório, o afídeo desenvolve, em média, 55 gerações ao ano. A duração de cada geração varia freqüentemente com os fatores ambientais, sendo a temperatura um dos mais críticos para o desenvolvimento do pulgão. A duração da fase ninfal é de 7,5 dias. Os afídeos recém-transformados em adultos requerem 1,2 a 1,8 dia para amadurecerem e começarem a depositar ninfas; sendo o período vivíparo de 14 a 19 dias e a longevidade de 15 a 20 dias. Durante este período produzem 36 a 52 descendentes, numa média de 2,8 a 3,6 por dia.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão

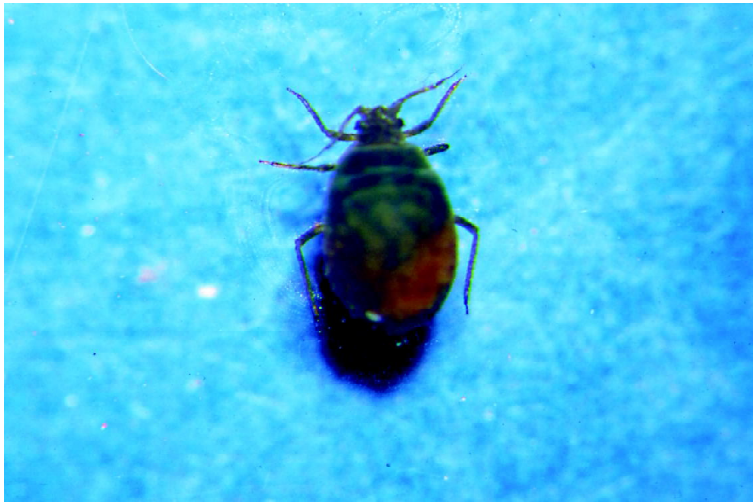


Fig. 14.17. Pulgão adulto, *Rhopalosiphum rufiabdominale*, fêmea áptera.

Adultos e ninfas podem atacar tanto o arroz irrigado como o de terras altas. Em arroz irrigado, após a drenagem, os pulgões reúnem-se nas partes superiores da raiz. O pulgão-da-raiz alimenta-se também de colmos e folhas quando sua população é extremamente alta ou quando as partes superiores das raízes do arroz estão submersas. Sob condições de terras altas, o pulgão forma colônias na base das raízes das plantas de arroz, sob o solo e também nas folhas e panículas.

*R. rufiabdominale* tem sido observado em associação com formigas nas raízes de vários hospedeiros. Essas formigas provavelmente desempenham função de transportar ninfas de uma raiz para outra, abrir espaço em volta delas para o desenvolvimento das colônias do pulgão e dar-lhes proteção contra inimigos naturais, em troca de uma substância doce que os afídeos excretam, semelhante ao que ocorre com a espécie *Tetraneura nigriabdominalis* (Sasaki) (Reissig et al., 1986).



## Importância e tipo de dano

Esse afídeo utiliza plantas de várias famílias botânicas como hospedeiros alternativos e sua distribuição geográfica é tão ampla que inclui a maioria das áreas do mundo onde o arroz é cultivado. Adultos e ninfas extraem fluidos das plantas com seu aparelho bucal sugador. O ataque por um grande número de afídeos causa amarelecimento das folhas e paralisação do crescimento. As populações de afídeos ocorrem desigualmente de planta para planta e sintomas de dano não são uniformes na lavoura como um todo. São, no entanto, mais acentuados durante os períodos de estiagem (Gallo et al., 1988).

A ocorrência do pulgão-da-raiz varia em intensidade de acordo com o ano. Já foram observadas infestações de *R. abdominale* em lavouras de arroz, atingindo 50 a 62% das plantas, e com a maioria das plantas infestadas apresentando colônias com mais de uma centena de indivíduos (Rossetto et al., 1973). Esse pulgão é de difícil controle, fato que tem impedido a determinação do seu prejuízo para a produção de arroz. Ferreira et al. (1995) estimaram, para a cultivar Caiapó, que uma infestação média de 27,5% das plantas causava uma redução de 28,5% na produtividade de grãos.

## Manejo

**Práticas culturais.** Em terras altas, duas gradagens com grade de disco após a aração com arado de aiveca, bem como a utilização de semeadoras equipadas com compactador superficial dos sulcos semeados, contribuem para reduzir a porcentagem de plantas atacadas e de falhas no estande (Ferreira et al., 1995); atrasar a semeadura e aplicar sulfato de amônio ou adubo orgânico.

**Controle biológico.** Parasitóide: *Aphidius* sp. (Hymenoptera, Braconidae)

**Controle químico.** Alguns trabalhos recomendam aplicações de fosfamidon ou diazinon; Reissig et al. (1986) e Gallo et al. (1988) recomendam pulverização a alto volume, dirigida para a base das plantas, quando 10% estiverem com as raízes infestadas, ou quando 13% e 5%, no início do afilhamento e fase reprodutiva, respectivamente, apresentarem colônias do pulgão nas raízes (Ferreira et al., 1995).

## Percevejo-do-colmo

Na subordem Heteroptera, existe um número considerável de espécies associadas ao arroz em nível mundial (Ferreira et al., 2001b), sendo as mais importantes, o percevejo do colmo e o percevejo-das-panículas.





Sob a denominação comum de percevejo-do-colmo, considerou-se a espécie *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera-Pentatomidae) como a mais importante para o arroz, embora Kishino (1993) tenha observado que a espécie *Mormidea notulifera* (Stal, 1860) cause dano semelhante à cultura.

#### Descrição e hábitos

Os ovos são cilíndricos, medindo 1,0 mm de comprimento por 0,8 mm de diâmetro, esverdeados após a colocação e marrom-escuros ao final da incubação. Considerando a média dos dados obtidos de insetos não hibernados, em laboratório a 25°C, sobre a cultivar Cica 8 (Prando et al., 1993) e a 26°C, em telado, sobre a cultivar BR Irga 409 (Botton et al., 1996) encontra-se um período de ovo a adulto de 54,4 dias: incubação, 7,2; 1º instar, 3,3; 2º instar, 7,1 dias; 3º instar, 7,9 dias; 4º instar, 11,5 dias; e 5º instar 17,4 dias; período de pré-oviposição de 19,5 dias. Cada fêmea realiza 26,9 posturas e coloca 600 ovos. Uma nova geração pode ser iniciada após 73,9 dias. Os adultos machos duram 165,5 dias e as fêmeas 120,0 dias, são marrom-claros no dorso (Fig. 14.18) e marrom-escuros na parte ventral. Possuem antenas marrons com anéis brancos nas bases e ocelos vermelhos. Observa-se, em cada lado do conexivo, quatro manchas pretas, como os estigmas. As fêmeas e os machos têm, em média, 13,7 e 12,5 mm de comprimento e 7,1 mm de largura (Ferreira et al., 1997a).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.18. Percevejo-do-colmo, *Tibraca limbativentris*, adulto.

A atividade sexual é iniciada no final de setembro e começo de outubro, quando os percevejos migram para novas áreas de arroz,



estando a sua atividade biológica intimamente relacionadas às variações de temperatura e umidade.

A oviposição é geralmente feita nas folhas e colmos do arroz, mas pode ocorrer também nas folhas de plantas daninhas. As ninfas do primeiro ínstar permanecem agrupadas no ponto de eclosão e aparentemente não se alimentam. As do segundo ínstar deslocam-se para a base dos colmos, em lugares próximos ao solo, onde começam a alimentar-se.

Os adultos localizam-se nos colmos, dispostos com a cabeça para baixo e próximos ao colo das plantas. Em arroz irrigado, quando a água atinge a base das plantas, movimentam-se para a parte superior e alimentam-se dos internódios. São mais facilmente observados na lavoura, nos horários de temperatura mais elevada, quando migram para a parte superior das plantas e, por vezes, realizam pequenos vôos. Ao entardecer, quando a temperatura começa a declinar, procuram refúgio nas partes mais baixas das plantas. Após a colheita, os percevejos procuram as touceiras restantes da cultura e de hospedeiros alternativos, onde parte da população sobrevive até o início da próxima safra. Há observações de que as touceiras maiores de hospedeiros alternativos abrigam maiores populações de *T. limbativentris* (Ferreira, 1999).

#### Importância e tipo de dano

É muito prejudicial para o arroz e tem apresentado alta incidência em alguns anos, onde até 200 percevejos m<sup>-2</sup> foram encontrados, provocando perdas de produção estimadas de 5 a 80%. Está distribuído na maioria dos estados e possui alguns hospedeiros alternativos (Ferreira et al., 1997a; Ferreira 1999).

O dano é caracterizado pela morte parcial ou total da parte central dos colmos, em consequência da alimentação do inseto a partir do segundo ínstar ninfal. A picada do inseto na base das plantas, na fase vegetativa, provoca o aparecimento do sintoma conhecido por “coração-morto” e, na fase reprodutiva, o de “panícula-branca”. No local em que o percevejo introduz o estilete na bainha da folha, observa-se pequeno ponto marrom, coincidindo internamente com o estrangulamento do colmo. Costa & Link (1992), num estudo com a cultivar BR-Irga 409, sob diferentes populações de machos de *T. limbativentris*, observaram que infestações na fase reprodutiva aumentam o número de grãos quebrados e gessados e que um percevejo m<sup>-2</sup> na fase vegetativa provoca redução de 58,7 kg ha<sup>-1</sup> na produção de grãos. Com o mesmo nível de infestação na fase reprodutiva, a perda na produção de grãos é equivalente a 65,2 kg ha<sup>-1</sup>.



Em condições favoráveis ao inseto, estima-se que cada ninfa, do quarto e quinto instares, e cada adulto estabelecidos em culturas com 30 e 65 dias de idade, são capazes de provocar, nos 35 dias subseqüentes, respectivamente, seis corações-mortos e cinco panículas-brancas (Ferreira et al., 1997a; Ferreira, 1999).

### Manejo

**Práticas culturais.** Evitar plantio escalonado de arroz na mesma área ou em áreas próximas; manter o campo livre de plantas hospedeiras da praga; em arroz irrigado, manter inundação uniforme dos quadros para dificultar o estabelecimento do inseto; destruir a resteva por meio de queima ou aração profunda, fazendo, quando necessário, a roçada ou utilizando-a durante alguns dias para alimentação de animais.

**Resistência varietal.** Ainda não foi constatada resistência varietal; estudos preliminares têm indicado a existência de variabilidade genética de arroz a esse inseto (Ferreira et al., 1986); cultivares precoces podem contribuir para diminuir o crescimento das populações e as mais perfilhadoras para diluir o dano do inseto.

**Controle biológico.** Predadores: *Efferia* sp. (Diptera-Asilidae), aracnídeos, batráquios, aves. Parasitóides de ovo: *Telenomus* sp. (Hymenoptera-Scelionidae), *Oencyrtus fasciatus* Mercet 1921 (Hymenoptera-Encyrtidae) (Rossetto et al., 1973). Entomopatógenos: *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin, *Paecilomyces* sp. (Moniliales-Moniliaceae). Esse último tem sido mencionado causando dano a ninfas e adultos (González Franco et al., 1983, Ferreira et al., 1997a).

**Controle químico.** Utilizar inseticidas como ciflutrina, fenitrotion, malation e tricloflor de acordo com as recomendações. Fazer a amostragem do inseto no arrozal, quando as plantas tiverem 40 a 50 dias de idade, e aplicar tratamento nos locais que apresentarem um ou mais percevejos por 100 colmos, ou quando forem coletados em número médio igual ou maior que de 0,3 e 0,5 percevejo por redada de 0,38 x 0,80 m, antes e depois do meio dia, respectivamente (Ferreira et al., 1997a; Ferreira, 1999, 2002).

### Percevejo-das-panículas

As espécies de maior importância econômica em nível nacional são *O. poecilus* (Dallas, 1851) e *O. ypsilongriseus* (De Geer, 1773) (Pentatomidae). As informações a seguir, quando não especificadas, referem-se à primeira espécie.



## Descrição e hábitos

Os ovos são cilíndricos com 0,7 mm de comprimento e 0,5 mm de diâmetro. Quando recém-colocados são verde-claros ou verde-amarelados, tornando-se avermelhados no final da incubação. Dados de Squire & Amaral em Ferreira (1999) mostram que cada fêmea realiza, em média, nove posturas de 13 ovos, totalizando 117 ovos, cujo período de incubação é de nove dias. O período ninfal, em laboratório, dura, em média, 32 dias. Somando-se os períodos médios, para as fases pré-nupcial, 16 dias, pré-ovoposição, 11 dias, incubação, 9 dias e ninfal, 40 dias, obtêm-se 76 dias, que é o tempo gasto pelo inseto para iniciar uma nova geração sob condições semelhantes às dos arrozais.

Os adultos (Fig. 14.19) apresentam grande variação em tamanho e coloração, sendo mais comuns as dimensões corporais, comprimento x largura, de 8 x 4 mm nos machos e de 9 x 4 mm nas fêmeas. A longevidade média de adultos acasalados é de 101 dias para machos e 88 dias para fêmeas. Machos e fêmeas virgens duram 100 e 114 dias, respectivamente.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.19. Percevejos das panículas, adultos, *Oebalus poecilus*, à esquerda e *O. ypsilon-griseus*.

Os percevejos reiniciam as atividades na primavera, podendo ser encontrados em várias espécies vegetais. Migram para o arroz quando surgem os primeiros grãos leitosos e reúnem-se em enxames. A oviposição é normalmente feita nas folhas, mas, quando a população é grande, pode ocorrer também nos colmos e panículas. Durante o dia, os percevejos



encontram-se espalhados no arrozal e, no fim do dia, podem reunir-se para oviposição em grupos de plantas, que representam verdadeiros focos de desova. As posturas de enxame são constituídas de várias camadas de ovos colocados nas folhas por números de fêmeas estimadas em mais 2.500. As ninfas do primeiro ínstar não se alimentam e permanecem agrupadas no local da eclosão. Após a primeira ecdise, movimentam-se muito à procura de alimento (Ferreira, 1999; Ferreira et al., 2001b).

#### Importância e tipo de dano

O percevejo afeta a quantidade e a qualidade da produção e tem sido abundante, em alguns anos, em grandes áreas, onde as posturas de enxames são indicativas de que, em tais oportunidades, a sua densidade populacional era elevada em grande parte da área. Encontra-se distribuído em todas as regiões produtoras de arroz do Brasil e possui vários hospedeiros alternativos. Alimenta-se da parte aérea das plantas, sendo mais prejudicial quando se alimenta das panículas. Neste caso, os insetos alimentam-se das ramificações das panículas e principalmente das espiguetas, onde deixam cerca de 70% das bainhas de estilete. A natureza e extensão do dano dependem do estágio de desenvolvimento das espiguetas e do inseto, bem como do tempo de alimentação do inseto. Ninfas de terceiro ínstar e adultos, em 24 horas, podem danificar em média, individualmente, 2,6 espiguetas leitosas, 1,5 espiguetas em massa e 0,8 espiguetas maduras (Rai em Ferreira, 1999). Quando o ataque ocorre durante o final do desenvolvimento dos grãos, formam-se áreas escuras na casca e brancas no endosperma, em volta dos pontos perfurados com o rostro. Os grãos ficam estruturalmente enfraquecidos nas regiões danificadas e geralmente quebram durante o beneficiamento. A permanência de um percevejo adulto nas panículas em fase de maturação da cultivar BR Irga 410 pode destruir 61,7 espiguetas (Martins et al., 1989). Em dois experimentos com dez cultivares de arroz irrigado, Ferreira et al. (2002b) verificaram que a permanência de um adulto de *O. poecilus* por panícula, desde o início da fase leitosa das espiguetas até a sua maturação completa, provocou uma redução de 10,4% na massa e 12,3% no poder germinativo das espiguetas. Em infestações de panículas de cinco cultivares de arroz de terras altas com *O. poecilus* e *O. ypsilongriseus*, Silva et al. (2002) verificaram que a permanência de um exemplar por panícula, desde o início da fase leitosa das espiguetas até a sua completa maturação, resultava na mesma perda de massa, estimada em 5,4%; entretanto a conseqüente perda de germinação foi menor para *O. poecilus*, 7,6%, em relação a de *O. ypsilongriseus*, 14,1%. Os percevejos também são vetores de fungos como *Helminthosporium oryzae*, *Curvularia lunata* e *Fusarium* spp., que contribuem para aumentar a incidência de manchas nos grãos, quando associados às picadas dos percevejos (Antoniolli, 1988).



## Manejo

**Práticas culturais.** Evitar plantio escalonado de arroz em áreas próximas; manter os campos livres de plantas hospedeiras da praga, como *Digitaria* spp. e *Echinochloa* sp.; evitar acúmulo de quaisquer materiais que possam abrigar a praga; utilizar arroz como cultura armadilha em 5 a 10% da área, plantado dez a 15 dias antes do plantio geral, e aplicar inseticida se infestada na época de formação dos grãos; destruir os restos de cultura após a colheita.

**Resistência varietal.** Martins et al. (1989) verificaram que, em teste de confinamento de *O. poecilus* em panículas das cultivares BR Irga 414, BR Irga 411, Buebelle, BR Irga 410 e EEA-406, a porcentagem de perda de peso dos grãos nas três primeiras foi significativamente menor do que nas demais. Infestações de 13 cultivares de arroz irrigado, com um e dois *O. poecilus* por panícula, não afetaram as sementes produzidas a ponto de influenciar a emergência de plântulas 16 dias após a semeadura (Chaves et al., 2001). Ferreira et al. (2002b) avaliaram dez genótipos de arroz irrigado para perda total, quantitativa e qualitativa, de *O. poecilus* e verificaram que Metica 1 e CNA 7545 foram mais danificadas que CNA 8033.

**Controle biológico.** Predador de ninfas e adultos: *Apiomerus flavipennis* Herr. Schaff (Hemiptera-Reduvidae). Parasitóides de adultos e ninfas: *Beskia cornuta* (Brauer & Bergenstan, 1890); (Diptera: Tachinidae). Parasitóides de ovos: *Microphanurus mormidae* Lima, 1935 e *Telenomus mormidea* Lima, 1935 (Hymenoptera-Scelionidae) são considerados mais importantes.

**Controle químico:** Deve ser feito, quando necessário, com os inseticidas recomendados como malation e fenitroton. Recomenda-se o monitoramento da cultura quando aparecerem as primeiras panículas. A aplicação de inseticida é recomendada quando, nas duas primeiras semanas, for coletada uma média de cinco percevejos por dez redadas, e nas duas semanas subseqüentes, dez percevejos por dez redadas ou quando for observado 0,8 a 1,0 *Oebalus* por dez panículas (Ferreira, 1995, 1998b, 1999, 2002).

## INSETOS QUE ATACAM O ARROZ ARMAZENADO

De conformidade com a divisão adotada, na introdução deste capítulo, os insetos que atacam o arroz armazenado pertencem aos grupos de larvas mastigadoras (2) e larvas e adultos mastigadores (3). Rossetto et al. (1973) relacionaram quatro espécies de lepidópteros e



11 de coleópteros associadas ao arroz armazenado, que tem contribuído para perdas médias de 12,5% no Rio Grande do Sul e 5% em São Paulo. Esses insetos decompõem parte dos alimentos em gás carbônico e água, aumentando o teor de umidade dos grãos infestados e contribuindo para agravar o problema pelo desenvolvimento de fungos (Puzzi, 1986).

Os insetos do arroz armazenado também podem ser agrupados em pragas primárias e pragas secundárias (Gallo et al., 1988).

As pragas primárias são aquelas capazes de atacar os grãos íntegros e sadios e perfazem dois subgrupos: internas e externas. As pragas primárias internas compreendem os insetos dotados de mandíbulas desenvolvidas, com as quais rompem as películas protetoras dos grãos, penetram no seu interior e alimentam-se somente do seu conteúdo interno. São pragas que completam seu ciclo evolutivo no interior do grão, sendo as mais prejudiciais, pois, além do dano que causam, abrem caminho para o ataque de outros insetos. Estas são: a traça-dos-cereais, *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819); os gorgulhos, *Sitophilus oryzae* (Fabricius, 1753), *S. zeamais* (Motschulsky, 1855); e o cascudinho, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792).

As pragas primárias externas compreendem os insetos que se alimentam da parte externa dos grãos, embora possam atacar também a parte interna. Além do prejuízo que causam, favorecem o ataque de outros insetos incapazes de romper a casca protetora dos grãos. Como exemplo, citam-se as traças *Plodia interpunctella* (Huebner, 1813), *Corcyra cephalonica* (Staiton, 1865) e os cascudinhos *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792) e *Tenebroides mauritanicus* (L., 1758).

As pragas secundárias são aquelas que não conseguem atacar os grãos íntegros, alimentando-se de grãos previamente danificados pelos insetos primários, acidentalmente quebrados ou trincados, com defeitos na casca ou apresentando infecção fúngica. As pragas secundárias infestam quase todos os tipos de grãos armazenados e seus subprodutos, como farinhas, farelos e rações. Como exemplo, mencionam-se os cascudinhos dos gêneros *Tribolium* spp., *Oryzaephilus* sp. e *Laemophloeus* sp.

Ocorre ainda nos armazéns um terceiro grupo de artrópodes que não atacam os grãos de arroz, mas vivem entre eles, alimentam-se de detritos deixados pelos grupos primários e secundários, de fungos e de outros insetos. Esse grupo reúne os ácaros e vários



insetos, inclusive aqueles que atuam como inimigos naturais dos insetos primários e secundários, cuja presença pode comprometer a qualidade do produto.

Pela sua importância econômica, serão abordados apenas os insetos primários internos. Esses insetos possuem as seguintes características: elevado potencial biótico, isto é, poucos indivíduos em pouco tempo são capazes de formar uma população considerável; infestação cruzada, ou seja, capacidade para infestar grãos no campo e nos armazéns; polifagia, apresentando vários tipos de grãos hospedeiros, que garantem sua multiplicação. Esses insetos estão sujeitos a fatores ambientais limitantes, principalmente temperatura e umidade, e encontram condições ótimas de desenvolvimento entre 23 e 25°C e umidade dos grãos de 12 a 15%. Temperaturas acima de 35°C são prejudiciais a essas espécies, podendo tornar-se letais. Temperaturas inferiores a 23°C contribuem para reduzir o número de gerações anuais e de descendentes. Não causam dano quando a umidade do grão é inferior a 10%. Grãos com teor de umidade superior a 15% proporcionam condições desfavoráveis a esses insetos, devido ao desenvolvimento de fungos que destroem seus ovos, larvas e pupas, mas que, por sua vez, também depreciam a qualidade do produto. São pouco exigentes em luz, desenvolvendo-se preferencialmente em lugares escuros (Gallo et al., 1988). Nas áreas tropicais, o ataque dos insetos alcança maior intensidade, pois as condições de temperatura elevada favorecem a multiplicação das espécies que normalmente infestam os grãos armazenados, e tanto o arroz beneficiado como o arroz com casca são danificados em maior ou menor grau por esses insetos (Link et al., 1971; Puzzi, 1986; Pacheco & Paula, 1995; Ferreira, 1998b).

## Grupo 2: Larvas mastigadoras

Traça-dos-cereais: *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819) (Lepidoptera, Gelechiidae)

### Descrição e hábitos

Os ovos são diminutos, de coloração branco-avermelhada, colocados geralmente no armazém e, com menor frequência, no campo, em fissuras do grão, abaixo das glumelas ou entre os grãos do arroz, isolados ou em ráculos de uns 20 ovos. A fase de ovo dura de quatro a 28 dias. Após a eclosão, as lagartas deslocam-se bastante na massa de grãos, podendo penetrar em grãos bem distantes do local da postura, onde permanecem até completar o desenvolvimento, quando atingem





5 a 6 mm de comprimento. Apresentam corpo branco, recurvado, com o tórax mais dilatado que o abdome, cabeça amarelada, três pares de pernas verdadeiras, torácicas, e quatro pares de pernas falsas, abdominais (Fig. 14. 20). A fase de lagarta normalmente dura de 15 a 24 dias (Rossetto et al., 1973; Gallo et al., 1988; Ferreira, 1999).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.20. Larva traça dos cereais, *Sitotroga cerealella*.

As pupas são inicialmente brancas, tornando-se escuras próximas à emergência dos adultos. São formadas dentro de casulos finos, de seda, tecidos pelas lagartas maduras no interior dos grãos. Antes de tecerem os casulos, as lagartas cortam opérculos circulares na casca do grão para permitir futuramente a saída do adulto para o exterior. A fase de pupa dura 12 dias, e o ciclo evolutivo completa-se em 30 a 40 dias, ou 33 dias em média (Gallo et al., 1988; Ferreira, 1999).

O período mínimo ovo-adulto de 22 dias foi observado a  $29,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$  e  $82 \pm 2\%$  U.R.. Sob condições de 27 e  $35^\circ\text{C}$  e 70% de U.R., esse período foi de 23 e 20 dias, respectivamente (Link et al., 1971).

Os adultos são mariposas com 10 a 15 mm de envergadura e 6 a 8 mm de comprimento. Seu tamanho varia conforme o tipo de alimento. Apresentam asas anteriores de cor palha com manchas escuras e borda posterior franjada. As asas posteriores são claras, com franjas maiores. As membranas das asas posteriores terminam em estreitamentos em forma de dedo e são mais estreitas que o comprimento dos pêlos das suas franjas. As mariposinhas movimentam-se rapidamente, sendo também capazes de voar muito bem. É a única fase do inseto comumente



observada, posto que os ovos são quase microscópicos e as lagartas e as pupas vivem totalmente no interior dos grãos. Os adultos duram de seis a dez dias, podendo cada fêmea colocar de 40 a 280 ovos, em média 200, depois de um período de pré-oviposição de dois dias (Rossetto et al., 1973; Gallo et al., 1988; Ferreira, 1999).

### Importância e tipo de dano

A *S. cerealella* tem distribuição mundial, atacando em campo os grãos de várias outras culturas além do arroz (Puzzi, 1986; Gallo et al., 1988). O dano é causado somente pelas lagartas, que, ao penetrarem nos grãos, destroem seu conteúdo interno. Em um grão de arroz, só uma lagarta consegue desenvolver-se e originar um novo adulto. É uma praga de superfície, infestando apenas os grãos localizados nos primeiros 10 cm de profundidade (Rossetto et al., 1973). Em experimentos de armazenamento de variedades de arroz foi verificado (Link et al., 1971) que a perda de massa provocada pelas lagartas de *S. cerealella* apresentou diferenças significativas, com estimativas de prejuízos variando de 2 a 30%, dependendo da variedade. Esses autores demonstraram que dificilmente a traça dos cereais penetra em grãos de arroz com casca bem fechada. As principais causas de infestação do produto em casca são: casca quebrada ou a ocorrência de aberturas naturais entre a pálea e lema (Link et al., 1971; Link & Rossetto, 1972; Rossetto et al., 1973). As características da lema e da pálea são hereditárias e variam bastante conforme a variedade. Melhoramento varietal visando a obter grãos sem defeito na casca poderá contribuir sobremaneira para minimizar o problema de pragas no armazenamento (Rossetto et al., 1973). Entretanto, o comportamento varietal não é estável, variando com o ano, local de plantio e sistema de cultivo. O arroz de terras altas, por sua vez, apresenta grãos com mais defeitos do que o irrigado, sendo, portanto, mais prejudicado no armazenamento (Link et al., 1971; Rossetto et al., 1973). Em nove genótipos de arroz de terras altas, Ferreira et al. (1997b) verificaram que a porcentagem de plântulas emergidas era negativa e significativamente correlacionada com o grau de infestação da *S. cerealella*.

### Grupo 3: Larvas e adultos mastigadores

Gorgulhos *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855  
e *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera-Curculionidae).

De acordo com levantamentos realizados no Brasil, a espécie *S. zeamais* é a predominante atacando o arroz. São espécies muito



semelhantes quanto à morfologia, podendo ser seguramente separadas pela genitália (Gallo et al., 1988; Pacheco & Paula, 1995). É considerado que, pela proximidade das espécies, os dados de biologia obtidos para *S. zeamais* podem ser estendidos a *S. oryzae*.

#### Descrição e hábitos

Os ovos são branco-opacos, com 0,7 mm de comprimento e 0,3 mm de largura. São colocados isoladamente em cavidades feitas pelas fêmeas com o aparelho bucal, imediatamente fechadas por uma substância gelatinosa por elas secretadas. As fêmeas dessas espécies podem colocar de dois a dez ovos por dia, atingindo 282 a 400 ovos durante seu ciclo de vida (Gallo et al., 1988). Dados de Rossetto em Ferreira (1999) permitem calcular os seguintes dados médios para *S. zeamais*: período de pré-oviposição, 5,9 dias; oviposição, 104,3 dias; e incubação, 3 a 6 dias. O período de ovo a adulto é de 34 dias. A longevidade da fêmea é de 140,5 dias e a do macho 142 dias, podendo ocorrer de oito a dez gerações ao ano.

As larvas são brancas, com dorso curvo e ventre quase plano, ápodas, com cabeça pequena de coloração amarela-clara. Vivem no interior dos grãos e, ao completarem o desenvolvimento, têm 2 a 3 mm de comprimento. As pupas são livres, formadas no interior dos grãos e apresentam coloração branca. Os adultos são besourinhos com 2 a 4 mm de comprimento, de coloração avermelhada a quase preta. A cabeça é prolongada para frente com uma espécie de tromba (Fig. 14. 21), mais comprida nas fêmeas, em cuja extremidade estão as peças bucais.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 14.21. Gorgulho, *Sitophilus* sp., adulto.



O pronoto é pontuado e os élitros estriados; cada um, em geral, apresenta duas manchas marrons, sendo uma na base e a outra na extremidade. Foi verificado que de cada 100 ovos de *S. zeamais*, resultam apenas 26,9 adultos, dos quais 51,9% são fêmeas.

#### Importância e tipo de dano

Os *Sitophilus* são cosmopolitas e possuem vários tipos de hospedeiros que lhes garantem sobrevivência fácil. Os danos são causados tanto pelas larvas como pelos adultos. Estes resistem várias horas a 0°C e duas a três semanas sem alimento (Ferreira, 1999). São bons voadores, principalmente *S. zeamais*, o que lhes permite infestação cruzada (Gallo et al., 1988). Afetam a quantidade e qualidade do arroz descascado ou em casca, quando os grãos apresentarem aberturas nas cascas (Link et al., 1971; Nunes et al., 1992), além de facilitar a infestação dos artrópodes secundários e terciários. Podem infestar a massa de grãos a mais de um metro de profundidade. As larvas eclodem dentro do grão de arroz, onde completam o crescimento, transformam-se em pupas e originam os adultos. No arroz em casca, os adultos podem sair por fissuras entre a pálea e a lema ou então perfurar um orifício na casca e forçar a saída, deixando um furo de contorno irregular. Durante o processo de saída, até 50% dos gorgulhos podem morrer presos na casca (Rossetto et al., 1973).

Em estudos de resistência à *Sitophilus* spp., em arroz com casca, Link et al. (1971) verificaram, depois de 16 a 22 dias da infestação, que uma linhagem era mais suscetível tanto à *S. oryzae* como à *S. zeamais*, apresentando 6,3 a 10,0% de grãos atacados, respectivamente. Nunes et al. (1992) observaram que o número de *Sitophilus* sp. emergidos de cultivares de arroz irrigado apresentava diferenças significativas, sendo maior em Metica 1 (66,3), seguido de Cica 9 (24,0); Cica 4 (1,5) e Cica, 8 (0,3).

#### Furador-pequeno-dos-grãos

*Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera, Bostrichidae).

#### Descrição e hábitos

Os ovos são em forma de péra, inicialmente brancos, tornando-se posteriormente róseos, colocados isoladamente ou agrupados no meio da massa de grãos, podendo cada fêmea ovipositar 300 a 500 ovos (Puzzi, 1986; Gallo et al., 1988).

As larvas são brancas, com cabeça marrom, atingem 2,5 mm de comprimento após quatro a cinco ecdises, são escarabeiformes, com



a extremidade anterior muito inchada e seis pernas curtas (Puzzi, 1986; Gallo et al., 1988). As pupas são encontradas tanto dentro como fora dos grãos, no meio das impurezas (Puzzi, 1986).

Os adultos são de coloração marrom a preto, de forma quase cilíndrica, com 3 a 4 mm de comprimento e 0,8 mm de largura. A cabeça é grande e escondida pelo pronoto e a extremidade posterior do corpo é achatada (Fig. 14. 22). O ciclo completo varia de 30 a 100 dias, conforme o hospedeiro e condições ambientais (Puzzi, 1986; Gallo et al., 1988; Ferreira, 1999).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão

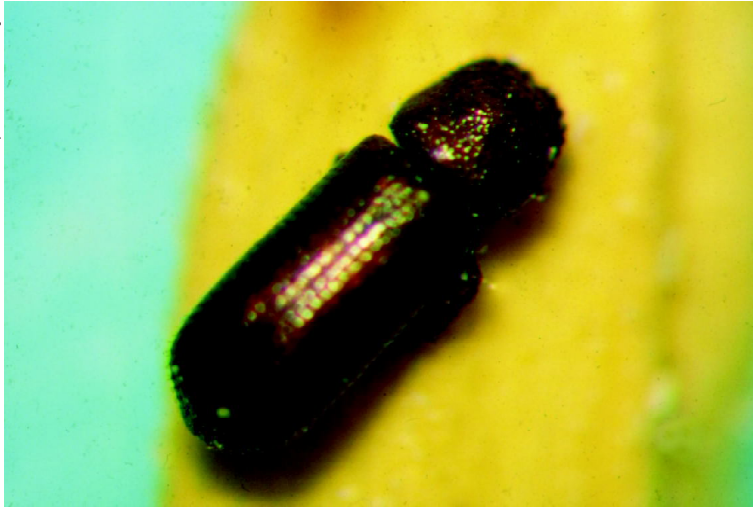


Fig. 14.22. Furador-pequeno-dos-grãos, *Rhyzopertha dominica*.

#### Importância e tipo de dano

Esse inseto pode infestar os grãos desde a lavoura, atacando praticamente todos os cereais. As larvas podem penetrar nos grãos partidos ou perfurados pelo inseto adulto. Larvas e adultos são severas pragas do arroz descascado ou com casca defeituosa. As perfurações deixadas na casca dos grãos são diferentes daquelas deixadas pelas espécies mencionadas anteriormente. Smiderle & Belarmino (1993) verificaram que uma população de 30 *R. dominica* por 50 g de grãos da cultivar Embrapa-6 Chuí provocou, depois de 120 dias de armazenamento, 9% de sementes atacadas e 27% de redução no poder germinativo.

#### Manejo das pragas do arroz armazenado

**Limpeza dos depósitos.** É o primeiro passo a ser dado antes de armazenar o arroz. Os depósitos devem ser bem limpos e todas as



superfícies internas tratadas com inseticida para eliminar possíveis focos de contaminação.

**Resistência varietal.** As variedades de arroz apresentam diferenças significativas quanto à suscetibilidade às pragas de armazém. Variedades com pouco ou nenhum defeito na casca dos grãos praticamente não são atacadas e, de qualquer modo, o arroz armazenado com casca é menos danificado por pragas do armazém do que o arroz descascado, por isso deve ser conservado em casca, tanto quanto possível.

**Controle biológico.** Ainda que existam inimigos naturais das pragas do arroz armazenado, sua utilização não parece viável nesse ambiente, uma vez que contribuiriam igualmente para contaminação e depreciação do produto.

**Controle químico.** Utilizar inseticidas como fosfina, malation, deltametrina e pirimifos-metil sempre que necessário, ou seja, quando forem notados focos de infestação.

O gás fosfina é utilizado em expurgos antes, durante ou depois do armazenamento, em ambientes hermeticamente fechados, para eliminar todas as formas de artrópodes que estejam no depósito, dentro ou fora dos grãos. É empregado na forma de pastilhas de fosfeto de alumínio de 3 ou 0,6 g, em silos e sob tendas de plástico, com exposição mínima de 72 horas, já que a penetração do gás nos grãos de arroz é mais demorada do que em grãos de outras espécies. A dosagem é de uma pastilha de 3 g ou cinco comprimidos de 0,6 g para cada 15 sacos de 60 kg sob tenda de plástico ou para cada tonelada de grãos nos silos. Os grãos tratados devem ser arejados por quatro dias antes de serem manuseados.

Os demais inseticidas recomendados são utilizados na desinfestação dos depósitos antes do armazenamento e contra a reinfestação do arroz, expurgado ou não, por meio da mistura com as sementes e tratamento periódico das superfícies dos grãos a granel ou das pilhas de arroz ensacado. Os produtos são aplicados em pulverização e nebulização. O pirimifos-metil e o malation podem ser misturados aos grãos. O primeiro na dosagem de 4 a 8 g e o segundo, na dosagem de 2 g de ingrediente ativo, diluídos em 0,5 litro de água por tonelada de arroz, com carência de 30 e 60 dias, respectivamente. Em tratamento de superfície, a deltametrina e pirimifos-metil são utilizados nas dosagens de 0,25 g e 1,3 a 2 g de ingredientes ativos, diluídos em 50 ml de água, por m<sup>2</sup>. O malation é misturado na quantidade



de 1 kg de ingrediente ativo para 5 litros de óleo diesel, para nebulização com o “Swingfog”, gastando dois litros da mistura por 1.000 m<sup>3</sup> de ambiente. Nos depósitos vazios são utilizados malation e pirimifos-metil, o primeiro na dosagem de 170 g e o segundo, de 50 a 100 g de ingrediente ativo, diluídos em 25 litros de água por 100 m<sup>2</sup> de superfície.

## REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, Z. I. **Natureza do “pecky rice” do arroz parboilizado no Rio Grande do Sul**. 1988. 136 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BARBOSA, F. R.; MOREIRA, W. A.; FERREIRA, R. G. **Controle químico do cascudo preto em arroz de várzea**. Goiânia: EMGOPA, 1988. 12 p. (EMGOPA. Boletim de Pesquisa, 12).
- BARRIGOSI, J. A. F.; FERREIRA, E. **Tratamento de sementes visando o controle de pragas que atacam o arroz na fase inicial da cultura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 54).
- BOTTON, M.; MARTINS, J. F. da S.; LOECK, A. E.; ROSENTHAL, M. d’A. Biologia de *Tibraca limbativentris* Stal sobre plantas de arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 21-26, abr. 1996.
- BUENO, F. C. **Formigas cortadeiras em ambientes urbanos**. Rio Claro: Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita”, 2003. 17 p. Revisão de literatura apresentada para a conclusão da disciplina de Pós-graduação intitulada Entomologia Urbana. Disponível em: <[www.rc.unesp.br/ceis/Fabiana%20CBueno.pdf](http://www.rc.unesp.br/ceis/Fabiana%20CBueno.pdf)>. Acesso em: 04 mar. 2004.
- CAMARGO, L. M. P. C. de A. Gorgulhos aquáticos do arroz: caracterização e controle. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 44, n. 395, p. 7-14, mar./abr. 1991.
- CANCELLO, E. M. Revisão de *Procornitermes* Emerson (Isoptera, Termitidae, Nasutermitinae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 36, n. 19, p. 189-235, 1986.
- CHAVES, G. S.; FERREIRA, E.; GARCIA, A. H. Influência da alimentação de *Oebalus poecilus* (Heteroptera: Pentatomidae) na emergência de plântulas em genótipos de arroz (*Oryza sativa*) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 1, p. 79-85, jan./jun. 2001.
- CHEANEY, R. L.; JENNINGS, P. R. **Problemas em cultivos de arroz em América Latina**. Cali: CIAT, 1975. 90 p.
- COSENZA, G. W. **Biologia e controle do gafanhoto *Rhammatocerus* sp.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1987. 23 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 25).
- COSTA, E. C.; LINK, D. Aspectos etológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em lavoura de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 370-378.
- COSTA, E. C.; LINK, D. Eficácia de alguns inseticidas no controle da broca do colo, *Elasmopalpus lignosellus*, na cultura do arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 210-211.



- COSTA, E. C.; LINK, D. Avaliação de danos de *Tibraca limbativentris* Stal, 1860 (Hemiptera, Pentatomidae) em arroz irrigado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 187-195, 1992.
- COSTA, E. C.; GUEDES, J. V. C. Simulação de dano causado por lagartas desfolhadas em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 229-231.
- DELLA LUCIA, T. M. C. **As formigas cortadeiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 262 p.
- EGLER, I. Atividade de construção de termiteiros por *Procornitermes araujo* Emerson, 1952 (Isoptera, Termitidae) em um cerrado de Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 12., 1985, Campinas. **Resumos...** São Paulo: Unicamp, 1985. p. 77-78.
- FERREIRA, E. Pragas do arroz: diagnóstico e controle. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 9, p. 8-16, 1995. (POTAFÓ. Arquivos do Agrônomo, 9).
- FERREIRA, E. **Manual de identificação de pragas do arroz**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 1998a. 110 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 90).
- FERREIRA, E. Insetos prejudiciais ao arroz e seu controle. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998b. p. 111-138.
- FERREIRA, E. Pragas e seu controle. In: ARROZ irrigado: recomendações técnicas para o Estado do Tocantins. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 6-7. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 57).
- FERREIRA, E. Pragas e seu controle. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 197-261.
- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F. **Controle integrado de pragas em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica Online, 44). Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/ct\\_44/index.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/ct_44/index.htm)>.
- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F. **Orientações para o controle da broca-do-colmo em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 51).
- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F. A field technique for infesting rice with *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) and evaluating insecticide treatments. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 367-371, abr./june 2003.
- FERREIRA, E.; GUAZZELLI, R. J. **Danos causados aos arrozais por cigarrinhas das pastagens**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1982. 4 p. (EMBRAPA-CNPAF. Comunicado Técnico, 10).
- FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. da S. **Insetos prejudiciais ao arroz no Brasil e seu controle**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 67 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 11).
- FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. da S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resistência de cultivares e linhagens de arroz à broca-do-colo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 4, p. 317-321, abr. 1979.





- FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. da S.; SILVEIRA NETO, S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influência de tecnologias sobre insetos e produção de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 4, p. 525-532, abr. 1982.
- FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. da S.; RANGEL, P. H. N.; CUTRIM, V. dos A. Resistência de arroz ao percevejo-do-colmo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 5, p. 565-569, maio 1986.
- FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F. J. P.; MARTINS, J. F. da S. Infestação, dano e controle de insetos prejudiciais ao arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 12, p. 1861-1876, dez. 1994.
- FERREIRA, E.; SILVA, J. G. da; ZIMMERMANN, F.J.P.; SILVA, D. R. e. Influência da mecanização do arroz de sequeiro na infestação e dano de *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki, 1899) (Homoptera: Aphididae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 10, p. 1211-1215, out. 1995.
- FERREIRA, E.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. da; SANTOS, A. B. dos. Efeitos de práticas culturais e de inseticidas sobre pragas do arroz de sequeiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v. 25, n. 1, p. 131-135, abr. 1996.
- FERREIRA, E.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SANTOS, A. B. dos; NEVES, B. P. das. **O percevejo-do-colmo na cultura do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1997a. 43 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 75).
- FERREIRA, E.; VIEIRA, N. R.; CASTRO, E. da M. de. Intensity of the attack of *Sitotroga cerealella* (Olivier) in rice genotypes and its effect on seedling emergence. **International Rice Research Notes**, Manila, v. 22, n. 2, p. 25. 1997b.
- FERREIRA, E.; BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; BARRIGOSI, J. A. F. **Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001a. 42 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 114).
- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F.; VIEIRA, N. R. de A. **Percevejo das panículas do arroz: fauna heteroptera associada ao arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001b. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica Online, 43). Disponível em: <[http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/ct\\_43/index.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/ct_43/index.htm)>.
- FERREIRA, E.; DI STEFANO, J. G.; MOURA NETO, F. P.; SILVA, D. R. e; ALENCAR, F. C. N.; CARVALHO, J. D. de; MOREIRA, L. G.; VILELA FILHO, M. J. Influência de insetos e plantas daninhas na produção de grãos de arroz - cultivar Maravilha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1451-1458, 2002a. Edição especial.
- FERREIRA, E.; VIEIRA, N. R. de A.; RANGEL, P. H. N. Avaliação dos danos de *Oebalus* spp. em genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 763-768, jun. 2002b.
- FERREIRA, E.; BARRIGOSI, J. A. F.; CASTRO, E. da M. de. **Homópteros associados ao arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 60 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 152).
- FERREIRA JÚNIOR, E.; CASTRO, E. da M. de; FERREIRA, E.; MORAIS, O. P. de. Potencial genético da população de arroz de sequeiro "CNA 8" para um programa de seleção visando à resistência à broca-do-colo, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera, Pyralidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 3, p. 318-322, jul./set. 1998.



- FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1977. 189 p.
- FLINT, M. L. **Integrated pest management for rice**. Berkeley: University of California, 1983. 94 p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 649 p.
- GONZÁLEZ FRANCO, J.; ARREGOCES, O.; HERNANDEZ L., R.; PARADA T., O. **Insectos y ácaros plagas y su control en el cultivo del arroz en América Latina**. Bogotá: Fedearroz, 1983. 60 p.
- GUEDES, J. V. C.; COSTA, E. C. Avaliação de dano causado por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 227-229.
- HEINRICHS, E. A. (Ed.). **Biology and management of rice insects**. New Delhi: Wiley Eastern: IRRI, 1994. 779 p.
- IHERING, R. Von. **Dicionário dos animais do Brasil**. São Paulo: [s.n.], 1968. 790 p.
- IRGA. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, 2001. 128 p.
- KISHINO, K. Estudo da biologia e controle de *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera, Phycitidae) em Região de Cerrado. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório parcial do Projeto de Cooperação em Pesquisa Agrícola nos Cerrados do Brasil, 1978-1980**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC: JICA, 1981. p. 45-81.
- KISHINO, K. **Biologia de pragas do arroz nos cerrados visando controle**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1993. 71 p. (EMBRAPA. PNP de Arroz. Subprojeto 001.88.032/7). Relatório.
- LINK, D.; ROSSETTO, C. J. Relação entre fissura na casca do arroz e infestação de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819) (Lepidoptera, Gelechiidae). **Revista Peruana de Entomologia**, Lima, v. 15, n. 2, p. 225-227, 1972.
- LINK, D.; ROSSETTO, C. J.; IGUE, T. **Resistência relativa de variedades de arroz em casca, ao ataque de *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763), *S. zeamays* Motschulsky, 1855 e *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1819), em condições de laboratório**. Santa Maria: UFSM, 1971. 70 p. (Boletim Técnico, 2).
- LORDELLO, L. G. **Nematóides das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1977. 200 p.
- LOUREIRO, M. C.; GALVÃO, J. D. Nota sobre *Hanseniella* sp. (Symphyla), praga de arroz (*Oryza sativa* L.) em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 17, n. 91, p. 86-90, jan./mar. 1970.
- MARICONI, F. A. M. **As saúvas**. São Paulo: Ceres, 1970. 167 p.
- MARICONI, F. A. M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1976. 466 p.



- MARICONI, F. A. M.; ZAMITH, A. P. L.; ARAÚJO, R. L.; OLIVEIRA FILHO, A. M.; PINCHIN, R. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas: animais invasores dos domicílios e de outras construções**. São Paulo, Nobel, 1980. v. 3, 246 p.
- MARTINS, J. F. da S.; VAN TAN, N.; PINHEIRO, B. da S. Resistência de arroz de sequeiro à broca-do-colmo e sua associação com características morfológicas das plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 2, p. 187-192, fev. 1981.
- MARTINS, J. F. da S.; RIBEIRO, A. S.; TERRES, A. L. S. Danos causados pelo percevejo-do-grão ao arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 396-404.
- MARTINS, J. F. da S.; TERRES, A. L. S.; BOTTON, M. Alternativas de controle de bicheira-da-raiz visando a um menor impacto ambiental. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 406, p. 12-14, jan./fev. 1993.
- MARTINS, J. F. da S.; GRÜTZMACHER, A. D.; CUNHA, U. S. da. Descrição e manejo integrado de insetos-praga em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 635-675.
- MARTINEZ, A. A. **Manual prático do minhocultor**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 101 p.
- MATHEWS, A. G. A. **Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1977. 267p.
- MOCHIDA, O. Spread of freshwater *Pomacea snail* (Pilidae, Mollusca) from Argentina to Asia. **Micronesica**, Mangilao, v. 3, p. 51-62, 1991. Suplemento.
- NUNES, R. C. F.; SILVA, P. H. S. da; SILVA, L. M. S. R. da. Resistência de cultivares de arroz ao gorgulho *Sitophilus* spp. (Coleoptera; Curculionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p.107-114, 1992.
- OLIVEIRA, J. V. de. Caracterização e controle dos principais insetos do arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 40, n. 374, p.17-24, 1987. Edição especial.
- OLIVEIRA, J. V. de; SOUZA, P. R. de; FAGUNDES, C. A.; BARROS, Y. J. de A. I. de. Influência do manejo de irrigação na população da bicheira da raiz, *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 224-225.
- PACHECO, J. M. **Biologia e ecologia das cigarrinhas graminícolas (Homoptera: Cercopidae)**. Goiânia: [s.n.]. 6 p. Resumo da palestra apresentada na Reunião sobre Cigarrinha-das-pastagens, realizada em Goiânia, GO, em 30 de julho de 1982.
- PACHECO, I. A.; PAULA, D. C. de. **Insetos de grãos armazenados-Identificação e biologia**. Campinas: Fundação Cargill, 1995. 228 p.
- PANTOJA, A.; SMITH, C. M.; ROBINSON, J. F. Evaluation of rice germplasm for resistance to the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 79, n. 5, p. 1319-1323, set./out. 1986.
- PETRINI, J. A.; FRANCO, D. F.; SOUZA, P. R. de; BACHA, R. E.; TRONCHONI, J. G.. Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 387-416.



PRANDO, H. **Aspectos bioetológicos e de controle de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) em arroz irrigado, sistema de cultivo pré-germinado.** 1999. 102 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PRANDO, H. F.; KALVELAGE, H.; FERREIRA, R. A. Ciclo de vida de *Tibraca limbativentris* Stal, 860 (Hemiptera, Pentatomidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 335-339, 1993.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.

REISSIG, W. H.; REINRICH, E. A.; LITSINGER, J. A.; MOODY, K.; FIEDLER, L.; NEW, T. W.; BARRION, A. T. **Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical Asia.** Los Baños: International Rice Research Institute, 1986. 411 p.

ROSSETTO, C. J.; SILVEIRA NETO, S.; LINK, D.; VIEIRA, J. G.; AMANTE, E.; SOUZA, D. M. de; BANZATTO, N. V.; OLIVEIRA, A. M. Pragas do arroz no Brasil. In: REUNIÃO DO COMITÊ DE ARROZ PARA AS AMÉRICAS, 2., 1972, Pelotas. **Contribuições técnicas da delegação brasileira...** Pelotas: FAO, 1973. p. 149-238.

SANTOS, A. B. dos; FERREIRA, E.; AQUINO, A. R. L. de ; SANTANA, E. P.; BALDT, A. F. População de plantas e controle de pragas em arroz com complementação hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 4, p. 397-404, abr. 1988.

SANTOS, E. **Pássaros do Brasil.** Belo Horizonte: Vila Rica, 1992. 312 p. (Zoologia Brasileira, 5).

SAUER, H. F. G. Notas sobre "*Elasmopalpus lignosellus* Zeller" (Lep., Pyr.), séria praga dos cereais no Estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 10, n. 12, p. 199-206, 1939.

SERENA, S. A.; COSTA, E. C.; LINK, D.; FRANÇA, J. A. S.; GUEDES, J. V. C.; GRUTZMACHER, A.D. Consumo foliar de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1991. p. 216-218.

SILVA, M. V. **A cultura do arroz.** Lisboa: Clássica Editora, 1983. 247 p.

SILVA, P. H. S. da. **Avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em cultura de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições hídricas variáveis.** 1984. 76 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, R. A. **Criação de adultos e biologia comparada de *Mocis latipes* (Guenée, 1852) (Lepidoptera, Noctuidae) em folhas de milho e arroz em condições de laboratório.** 1985. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SILVA, J. J. C. de. O pássaro-preto e a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 677-725.



- SILVA, D. R. e; FERREIRA, E.; VIEIRA, N. R. de A. Avaliação de perdas causadas por *Oebalus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) em arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 39-45, jan./jun. 2002.
- SMIDERLE, O. J.; BELARMINO, L. C. Danos provocados por *Rhizopertha dominica* Fabricius, 1792 (Col., Bostrychidae) em sementes de arroz irrigado armazenadas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 205-207.
- STORER, T. I.; USINGER, R. L.; STEBBINS, R.C.; NYBAKKEN, J. W. **Zoologia geral**. São Paulo: Editora Nacional, 2002. 816 p.
- THIENGO, S. C.; BORDA, C. E.; ARAUJO, J. L. B. On Pomacea canaliculata (Lamark, 1822) (Mollusca: Pilidae: Ampullaridae). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 88, n. 1, p. 67-71, 1993.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 372 p.
- TIPPINS, H. H. **A review of information on the lesser cornstalk borer *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)**. Athens: University of Georgia, 1982. 65 p.
- VALICENTE, F. H. Levantamento dos inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 119-130, 1989.
- VIEIRA, V. V. **Suscetibilidade de variedades, intensidade de infestação e avaliação de danos de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera-Pyralidae) em arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 1980. 79 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- WEBER, G. **Desarrollo del manejo integrado de plagas del cultivo de arroz**. Cali: CIAT, 1989. 69 p. (CIAT. Serie 04 SR-04.04)
- ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.



# Doenças e seu Controle

*Anne Sitarama Prabhu; Marta Cristina Corsi de Filippi;  
Alceu Sallaberry Ribeiro*

**RESUMO** - O objetivo do controle das doenças do arroz é minimizar os prejuízos na produtividade, mediante à redução da população do patógeno a níveis toleráveis. Este capítulo apresenta um resumo dos conhecimentos básicos sobre as principais doenças do arroz que, possivelmente, servirá como guia para os princípios gerais do manejo integrado de doenças, tanto em terras altas como em várzeas, no Brasil. Considerações são voltadas à importância econômica da doença, aos sintomas, ao patógeno, às relações patógeno-hospedeiro, aos fatores envolvidos com o desenvolvimento da doença, às opções de medidas de controle e como utilizá-las efetivamente para reduzir os prejuízos na produtividade e qualidade dos grãos. A discussão enfatiza na brusone, baseando-se nas informações mais recentes em relação ao tema.

## INTRODUÇÃO

O arroz, em todas as fases de desenvolvimento, está sujeito ao ataque de doenças que reduzem a produtividade e a qualidade de grãos. A prevalência e a severidade das doenças dependem da presença de patógeno virulento, de ambiente favorável à incidência e da suscetibilidade da cultivar. Mais de 80 doenças causadas por patógenos, inclusive fungos, bactérias, vírus e nematóides, em diferentes países, estão registradas na literatura. No Brasil, o número exato de doenças de arroz, até agora, não está bem definido e algumas delas, que ocorrem em menor escala, não têm sua ocorrência relatada. Doenças mais destrutivas, como o tungro, causada por vírus, ou a bacteriose do arroz, que ocorrem em outros países, ainda não foram constatadas no Brasil devido à ausência do vetor de transmissão ou do próprio vírus, como também de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento dessas doenças. Muitas informações têm sido agregadas ao longo dos anos, no Brasil e em outros países, quanto à variabilidade dos patógenos, natureza da resistência e métodos de melhoramento genético. Os estudos moleculares fornecem uma base segura para adoção de estratégias de melhoramento genético no sentido de aumentar a durabilidade da resistência das cultivares e a eficiência no manejo das doenças, pela integração de outras práticas agrônômicas e controle químico. Neste capítulo, são apresentadas as doenças mais comuns e economicamente importantes no Brasil, bem como os conceitos e avanços mais recentes para seu controle, nos diferentes ecossistemas onde se cultiva arroz no país.



## BRUSONE

A brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, é a doença do arroz mais expressiva no Brasil, provocando perdas significativas na produtividade das cultivares suscetíveis, quando as condições ambientais são favoráveis. A brusone ocorre em todo o território brasileiro, do Rio Grande do Sul ao Amazonas. Os prejuízos são variáveis, sendo maiores em arroz de terras altas, na Região Centro-Oeste, onde, em situações mais drásticas, as perdas podem chegar a 100%.

Em experimentos conduzidos sob condições de campo (Prabhu et al., 1986), as perdas em produção variaram de 15 a 30%. A cada aumento de 1% na severidade da doença, a produtividade diminuiu 2,7% e 1,5% em cultivares de ciclo curto e longo, respectivamente (Prabhu et al., 1989).

A estimativa de danos causados pela brusone não é fácil de determinar, devido aos efeitos diretos e indiretos da infecção nas panículas e nas folhas, respectivamente. Frattini & Soave (1974) relataram perdas significativas, cerca de 9%, devido à ocorrência de brusone no Estado de São Paulo. No Rio Grande do Sul, a doença já causou grandes danos, atingindo, em alguns anos, de 5 a 10% da área semeada. Contudo, dentro dessa mesma área atacada, a severidade variou desde 10 - 15% até 70 - 80% da média da produção de algumas lavouras. Nesse estado, os ataques da brusone são mais severos nas lavouras localizadas na depressão central e no litoral norte (Ribeiro, 1981a). Em Santa Catarina, 2% do total da área plantada com arroz é anualmente afetada por brusone (Miura et al., 1989). No Estado do Tocantins, que cultiva anualmente cerca de 50 mil hectares de arroz irrigado, embora não existam estimativas quantificadas, os prejuízos são significativos com a ocorrência da alta severidade da brusone nas folhas, devido à falta de água na fase vegetativa. Na Região Nordeste e nos Estados do Pará e Amazonas, a incidência da brusone é baixa e de menor importância que as outras doenças do arroz.

### Sintomas

A brusone ocorre desde o estágio de plântula até à fase de maturação da cultura. Os sintomas nas folhas iniciam-se com a formação de pequenas lesões necróticas, de coloração marrom, que evoluem, aumentando de tamanho, tornando-se elípticas, com margem marrom e centro cinza ou esbranquiçado (Fig. 15.1). Em condições favoráveis, as lesões coalescem, causando morte das folhas e, muitas vezes, da planta



inteira. Os sintomas nos nós e entrenós aparecem, geralmente, na fase de planta madura (Fig. 15.2 e 15.3). Os sintomas observados nos entrenós são comuns somente nas cultivares suscetíveis de arroz de terras altas. A infecção na região dos nós é observada somente em cultivares suscetíveis de arroz irrigado. A área infectada do nó torna-se escura, impedindo a circulação da seiva e provocando o acamamento da planta ou a quebra do colmo no ponto de infecção. A infecção da aurícula ou da lígula, principalmente da folha bandeira, é comum na fase de emissão da panícula (Fig. 15.4). A infecção no primeiro nó, abaixo da panícula, é referida como brusone do pescoço (Fig. 15.5). Diversas partes da panícula, como ráquis, ramificações primárias, secundárias e pedicelos, também são infectadas. Quando a infecção ocorre antes da fase leitosa, a panícula inteira morre, apresentando coloração parda, diferente da coloração esbranquiçada, característica das panículas atacadas pela broca-do-colmo ou daquelas estéreis devido à seca. As infecções mais tardias das panículas causam perdas somente nas partes afetadas. Os sintomas da brusone nas glumelas não são comuns. Em condições de alta umidade, o fungo esporula nas espiguetas, causando chochamento completo na fase leitosa. Detalhes dos sintomas são descritos em diversas publicações (Ribeiro, 1984; Webster & Gunell, 1992; Prabhu et al., 1995).

Foto: Embrapa Arroz e Feijão

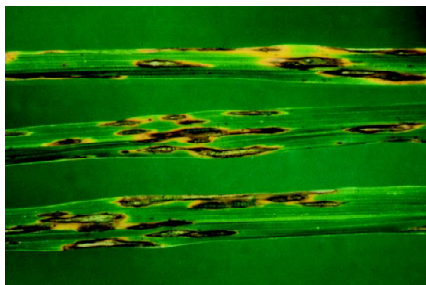


Fig.15.1. Brusone nas folhas.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig.15.2. Sintomas de brusone nos nós.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig.15.3. Brusone nos entrenós.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig.15.4. Infecção de arícula e lígula.





Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig.15.5.** Brusone no pescoço da panícula.

## Patógeno

O agente causal da brusone, originalmente denominado *Pyricularia oryzae*, foi descrito como nova espécie por Cavara em 1891. O gênero *Pyricularia* foi estabelecido por Saccardo em 1880 e *P. grisea* (Cooke) Saccardo constitui uma espécie-tipo do gênero. Na literatura mais antiga, o fungo, afetando especificamente o arroz, era referido como *P. oryzae* e o que afetava outras gramíneas, como *P. grisea*. Na opinião da maioria dos autores, porém, não existe uma base morfológica para separar *P. oryzae* de *P. grisea*. Ambas possuem o mesmo estágio perfeito, *Magnaporthe grisea* (T.T. Herbert) Yaegeshi & Udagawa. Como os dois gêneros são sinônimos e como, pela regra de nomenclatura, o nome mais antigo deve prevalecer, o nome correto é *P. grisea* (Rossman et al., 1990). Crawford et al. (1986) ainda preferem utilizar o nome do estágio perfeito, *M. grisea*, para todos os isolados de *Pyricularia* que afetam gramíneas em geral ou o arroz em particular. A fase perfeita pertence à classe Ascomycetos, ordem Diaporthales e família Physosporrelleaceae, não tendo sido, ainda, encontrada na natureza. Os ascósporos são hialinos, fusiformes, com três septos e os ascos



unitunicados. O estágio imperfeito pertence à classe Deuteromicetos e à ordem Moniliales. O fungo é perpetuado através da formação de esporos assexuais ou conídios. Os conídios são piriformes, obclavados, com base circular e ápice fino, levemente escuros ou hialinos, com pequeno hilo na base, possuindo, a maioria, dois septos transversais; ligam-se ao conidióforo pelo seu lado mais dilatado e medem 17 - 23  $\mu\text{m}$  por 8 - 11 $\mu\text{m}$ . Os conidióforos são longos, septados, simples ou em fascículas, raramente ramificados, simpodiais, geniculados com a parte basal mais larga do conidióforo (Ellis, 1971).

A produção de um outro estágio assexual de *M. grisea* também foi descrita (Kato et al., 1994). Alguns isolados hermafroditas de gramíneas produzem fialados e microconídios. Fialados são estruturas que formam microconídios, pigmentados, em forma de vaso, redondos ou obclavados, com ápice pontiagudo, solitários ou simpodiais. Os microconídios são hialinos, cilíndricos, curvados, não-septados, medindo 5 - 8  $\mu\text{m}$  por 0,5 - 0,8  $\mu\text{m}$ , com um núcleo. A forma dos microconídios é normalmente crescente.

A formação do conídio, a conidiogênese, inicia-se com a produção do conidióforo através dos estômatos, ou pela erupção direta do tecido e da cutícula da planta infectada. A conidiogênese é holoblástica, produzindo, inicialmente, conídios mais ou menos redondos. Subseqüentemente, o conídio atinge a forma alongada com ápice fino. Durante o amadurecimento, o conídio aumenta de tamanho e libera uma gota de mucilagem, estando ainda ligado ao conidióforo. A função da mucilagem é permitir a aderência do conídio a qualquer superfície, mesmo molhada (Hamer et al., 1988).

A germinação do conídio inicia-se na presença de água, após 30 a 90 minutos. A superfície onde os conídios são depositados tem pouco efeito sobre a germinação (Lee & Dean, 1993). O tubo germinativo é produzido pela célula basal ou apical de um conídio, que normalmente é formado por três células e, raramente, pela célula mediana. Cada célula do conídio contém um núcleo. Enquanto o tubo germinativo é produzido por uma das células, inicia-se, simultaneamente, a divisão mitótica do núcleo dessa célula. Um dos núcleos permanece no conídio e o outro passa para o apressório inicial, o qual separa-se através da formação de um septo na parte final do tubo germinativo.

A hidrofobicidade da superfície da planta é o principal estimulante ambiental para a formação do apressório. A camada de melanina da parede celular do apressório é considerada essencial para o processo de penetração. É preciso uma pressão elevada de turgor para a penetração



mecânica durante a patogênese. A camada de melanina da parede celular do apressório funciona como uma barreira permeável, permitindo o aumento da concentração de alguns solutos citoplasmáticos. A penetração ocorre diretamente na epiderme da folha do arroz, logo depois da formação de estruturas de infecção no apressório, através da força mecânica e da atividade enzimática (Howard, 1994).

O crescimento subsequente da hifa dentro da célula resulta em desenvolvimento da lesão. Os conídios são liberados e dispersos pelo vento, fornecendo o inóculo para um ciclo subsequente de infecção.

### **Patótipo**

A população do patógeno é composta de raças fisiológicas, ou patótipos, com características distintas de virulência. As raças fisiológicas são identificadas com base nas reações das cultivares utilizadas como diferenciadoras. Utilizam-se oito cultivares diferenciadoras internacionais (Caloro, Dular, Kanto 51, NP 125, Raminad-STR 3, Shao-tio-tsão, Usen e Zenith) para identificar 256 possíveis raças fisiológicas (Ling & Ou, 1969). As reações compatíveis (suscetível) ou incompatíveis (resistente) nas cultivares diferenciadoras constituem a base para a classificação dos isolados em raças. As inoculações controladas permitem direcionar o melhoramento genético para raças específicas predominantes na região ou no local.

As raças fisiológicas encontradas nos Estados do Rio Grande do Sul e de São Paulo foram diferentes (Amaral & Ribeiro, 1972). Estudos realizados durante um período de três anos, por Tanaka (1986), mostraram que não houve diferença na composição de raças em arroz de terras altas e várzeas. Os 92 isolados, coletados de cultivares de arroz de terras altas, no Brasil central, pertencem a 27 raças, e aquelas pertencentes ao grupo IB, principalmente IB-1, IB-9, IB-13 e IB-41, foram as predominantes. Raças virulentas, cujas freqüências foram ordenadas de forma decrescente, foram isoladas das cultivares IAC 47, IAC 165, IAC 25, Rio Paranaíba, Guarani, Cuiabana e Araguaia (Prabhu & Filippi, 1989).

Recentemente, desenvolveram-se linhas isogênicas da cultivar CO 39, cada uma com um gene de resistência conhecido (Mackill & Bonman, 1992). O espectro da virulência absoluta dos patótipos pode ser determinado utilizando-se estas linhas, com genes conhecidos, como diferenciadoras adicionais. Entretanto, o método mais prático para comparar diferentes populações do patógeno no país consiste no uso de cultivares comerciais como diferenciadoras locais.



Os avanços mais recentes, com o uso de marcadores moleculares, incluem diversidade genética, tanto em população de patógeno como no hospedeiro e clonagem de genes de avirulência à brusone, além dos mecanismos envolvidos na infecção e colonização do patógeno *P. grisea*. Um método bastante utilizado para a caracterização genética da população do patógeno é o de análises de "Restriction Fragment Length Polimorphism" (RFLP). A análise do genoma do fungo é feita utilizando-se os "fingerprints" dessas seqüências, com base na detecção de fragmentos de restrição polimórfica de regiões hipervariáveis. Uma família de seqüências de DNA repetitivo, chamada MGR-586 para Magnaporthe "repeats", foi encontrada uniformemente dispersa no DNA nuclear de *M. grisea* (Hamer et al., 1989). A técnica de "DNA fingerprinting" é ideal para estudar a similaridade genética entre isolados de *P. grisea* que infectam o arroz e, também, para distinguir isolados não-patogênicos a esse hospedeiro. As estimativas de graus de similaridade entre isolados de arroz são feitas através de comparações entre pares de "Fingerprinting", que são agrupados utilizando-se a análise de "Cluster" (Levy et al., 1991). A população do patógeno é composta de grupos distintos de indivíduos e cada grupo (linhagem), derivado por propagação assexual, é proveniente de um ancestral comum.

De acordo com Levy et al. (1993), a análise do DNA de mais de cem isolados, coletados em Santa Rosa, Colômbia, agrupou-os somente em seis linhagens distintas (SRL1, SRL2, SRL3, SRL4, SRL5, SRL6). Os índices de similaridade entre os isolados, dentro de cada linhagem, variaram de 37 a 85%, sendo a média de 49%.

Em cada linhagem, os patótipos formam variantes contínuas de virulência e são relacionados para uma diferença em patogenicidade nas diferenciadoras internacionais, com poucas exceções. Os patótipos, dentro de uma linhagem, diferenciam-se entre si por apenas uma reação quanto à virulência. Um isolado pode representar todo um espectro de virulência de uma linhagem, embora não seja o mais freqüente na população local do patógeno. É mais comum a obtenção desse tipo de isolado de cultivares com alto grau de resistência, que de cultivares com alto grau de suscetibilidade. Um determinado isolado, dentro de uma linhagem, pode ser utilizado como representativo da diversidade dessa linhagem para seleção de fontes de resistência. As linhagens SRL4, SRL5 e SRL6 apresentaram amplo espectro de virulência, com pequenas diferenças entre elas. A linhagem SRL6 é a única com virulência para a maioria das cultivares (Levy et al., 1993).



A alta diversidade de linhagens foi relatada em estudos recentes realizados na Coreia (Han et al., 1993), Tailândia (Mekwatanakaran et al., 2000) e Índia (Sivaraj et al., 2000, Kumar et al., 1999). Por outro lado, uma estrutura bem definida e um número restrito de linhagens têm sido identificados nas Filipinas, Europa, Estados Unidos, China, Japão e Coreia, embora o número de linhagens tenha sido variável em diferentes áreas (Chen et al., 1995; Roumen et al., 1997; Zeigler, 1998; Don et al., 1999; Park et al., 2003).

No Brasil, em contraste ao limitado número de linhagens relatadas nesses países, a análise molecular utilizando MGR586 de 64 isolados coletados das cultivares de arroz irrigado e de terras altas nos campos experimentais da Embrapa Arroz e Feijão, mostrou que todos os isolados pertencem a 18 linhagens e 15 patótipos. Esses estudos mostraram, ainda, que os isolados provenientes das cultivares CICA 8 e Metica 1 pertencem a duas linhagens distintas, BZ-A e BZ-10, respectivamente (Filippi et al., 1996, 1999). O grande número de linhagens genéticas pode ser atribuído às amostragens de *P. grisea* em campos experimentais. A estrutura genética de populações de *P. grisea* coletadas em nove lavouras das cultivares Epagri 108 e Epagri 109, nos municípios de Lagoa da Confusão e Dueré, no Estado do Tocantins, utilizando *pot*-PCR, mostrou dois grupos distintos de bandas polimórficas ou linhagens. Quarenta dos 47 isolados do patótipo IB-45, recuperado das cultivares Epagri 108 e Epagri 109, formaram um grupo. Os isolados de *P. grisea* apresentaram uma estreita diversidade genética em nível de lavoura (Prabhu et al., 2002).

Em outra investigação, a análise de 87 isolados de *P. grisea* coletados em quatro diferentes lavouras de Metica 1, no Estado do Tocantins, utilizando rep-PCR, revelou a ocorrência de seis grupos ou linhagens. Os isolados pertencentes a ID-14 formaram um grupo fechado com valores de coeficientes variando de 88 a 100% (Filippi et al., 2002).

No Estado de Santa Catarina, a estrutura da população de *P. grisea* foi analisada utilizando rep-PCR em uma amostra de 62 isolados coletados de dez cultivares de arroz provenientes de 13 municípios, incluindo oito cultivares da Estação Experimental de Itajaí (Scheuermann, 2002). A análise indicou a ocorrência de seis padrões distintos (A,B,C,D,E,F), havendo uma predominância dos padrões A e B.

A maioria dos estudos mostrou que a diversidade é alta dentro de linhagem. A estrutura de populações não tem valor aplicado e serve como curiosidade intelectual, uma vez que não existe uma relação entre estrutura de linhagem e virulência potencial (Zeigler et al., 1994). Xia et al.



(2000) mostraram uma relação consistente entre raça e linhagem. O baixo nível de diversidade genética e fenotípica nas populações do patógeno em Arkansas, EUA, foi atribuído ao cultivo recente de arroz naquele estado e à monocultura. Segundo Filippi et al. (2002), a relação entre a virulência dos isolados de Metica 1, nos 32 genótipos, e o agrupamento baseado na análise usando *Pot*-PCR, não é clara. Por outro lado, o relacionamento entre linhagens genéticas e virulência fenotípica de isolados de *P. grisea* coletados das cultivares Maravilha e Primavera mostrou alta correspondência entre grupos baseados na análise de PCR e nos dados de virulência (Prabhu et al., 2005).

A probabilidade da amostragem das mesmas linhagens é alta dentro de diferentes populações coletadas de cultivares melhoradas, oriundas de ancestrais comuns. Essas linhagens não representam populações nativas. Também não pode ser excluído o movimento intercontinental de linhagens de *P. grisea*, através de sementes infectadas.

O relacionamento entre linhagens e o espectro de virulência pode ser estabelecido pela capacidade da cultivar em excluir completamente uma determinada linhagem. Mais importante que o espectro de virulência de uma linhagem é o limite da variabilidade nela contida (Correa-Victoria et al., 1994). O termo exclusão de linhagem baseou-se nas seguintes hipóteses:

- a) As populações de patógeno de arroz são compostas de linhagens distintas.
- b) Cada linhagem possui um espectro de virulência específico, caracterizado por incompatibilidade uniforme a um ou mais genes de resistência combinados, em uma cultivar.
- c) Em cada linhagem, a incompatibilidade dificilmente é superada.
- d) Os genes de resistência podem ser efetivos contra todos os isolados da linhagem.
- e) Os genes de resistência, que são efetivos contra alguns membros da linhagem, não são efetivos contra membros da mesma linhagem.
- f) As combinações de genes de resistência conferem resistência a cada linhagem e à população inteira desta linhagem.
- g) A durabilidade da resistência nas cultivares desenvolvidas, combinando genes de resistência, contra os membros da linhagem, pode ser maior que os genes combinados através do comportamento de doadores ou da reação de incompatibilidade à raças específicas (Zeigler et. al., 1994).



Essas hipóteses foram desenvolvidas com estudos iniciais, utilizando diferenciadoras internacionais e apenas algumas cultivares com genes conhecidos. A presença de outros genes desconhecidos nessas cultivares não deve ser desconsiderada.

A estreita relação estabelecida entre linhagem e virulência, nas populações do patógeno não foi verificada em estudos realizados nas Filipinas, utilizando-se 243 isolados, coletados em dois locais (Zeigler et al., 1995). Um grande número de patótipos foi detectado, incluindo patótipos múltiplos dentro de linhagens com 80% de similaridade. Foram detectados 71 patótipos, em 21 cultivares testadas. A reação individual dos isolados, dentro da mesma linhagem, foi variável. De 39% dos isolados analisados, por linhagem, somente 65% apresentaram reações não-compatíveis. Segundo Xia et al. (1993), a informação quanto à linhagem não constitui uma fonte segura para indicar fenótipos virulentos de *P. grisea* ou para direcionar um programa de melhoramento. Discutindo a importância da análise de linhagem, Zeigler et al. (1995) supõem que a presença de isolados virulentos e avirulentos, dentro de uma mesma linhagem e para uma determinada cultivar, indica que é mais fácil para isolados avirulentos tornarem-se virulentos ao hospedeiro, do que isolados pertencentes a outra linhagem. Desta maneira, a análise de linhagens permite discriminar a interação hospedeiros-linhagens mais estável e não-estável.

Analisando o espectro de resistência das cultivares, em condições de campo, cultivares do grupo *Japonica*, como OS6, IAC 47 e IAC 165, apresentam reações suscetíveis à linhagem 1 do patógeno, enquanto cultivares altamente suscetíveis do mesmo grupo, como a IR 50, mostram-se resistentes à mesma linhagem. As cultivares consideradas altamente suscetíveis podem possuir genes úteis para o melhoramento visando à resistência à brusone. O grau de suscetibilidade de cultivares, em locais que ocorrem linhagens múltiplas, não é um bom indicador quanto à utilidade em potencial dos genes que ela possui (Zeigler et al., 1995).

## Variabilidade

O fungo *P. grisea* é considerado geneticamente não-estável (Ou, 1985). Foi relatado o aparecimento de novas raças, provenientes de isolados monospóricos, estabelecidos de uma lesão foliar (Ou & Ayad, 1968; Giatong & Frederiksen, 1969). Novas raças identificadas mostraram perdas e ganhos quanto à agressividade nas cultivares diferenciadoras, sendo maior o ganho para agressividade nas gerações subseqüentes



(Giatong & Frederiksen, 1969; Kiyosawa, 1972). A alta variabilidade foi atribuída às mutações genéticas; porém, a frequência é sempre maior que a taxa esperada para mutações. Diversos mecanismos, como anormalidades em cromossomos, são considerados responsáveis pela alta variabilidade do cariótipo. Essas anormalidades incluem deleções, translocações e rearranjos cromossômicos. O número de cromossomos, seis, é estável e o comprimento é bastante variável. Row et al. (1985) descreveram a ocorrência de microssomos, os quais, possivelmente, são perdidos durante a mitose (Talbot et al., 1993). A anastomose nas hifas foi observada e relatada como uma das causas da variabilidade. A recombinação parassexual foi demonstrada entre isolados e, possivelmente, constitui um dos mecanismos para geração de variabilidade (Crawford et al., 1986). Moraes et al., (2002) mostraram recombinação parassexual pela presença de fragmentos únicos de Pot2-PCR nos isolados de *P. grisea* em Santa Catarina. Embora a produção do estágio perfeito tenha sido demonstrada em laboratório (Hebert, 1971; Kato & Yamaguchi, 1982), não existem evidências quanto ao papel da recombinação meiótica na indução da variabilidade genética no campo (Shull & Hamer, 1994), porque a ocorrência do estágio perfeito na natureza ainda não foi registrada. A maioria dos isolados, no campo, não é fértil (Valent et al., 1991; Notteghem & Silué, 1992).

O grau de variabilidade registrado por Ou (1985) e outros investigadores foi contestado por Marchetti et al. (1976), Latterell & Rossi (1986) e Bonman et al. (1987). Wu & Latterell (1986) observaram mutações de avirulência para virulência em um entre 60 conídios da raça ID-13 e ainda consideraram a variabilidade de *P. oryzae* baixa.

Os estudos sobre diversidade genética e estabilidade patogênica, utilizando testes de virulência nas cultivares diferenciadoras, estão sendo complementados com técnicas moleculares. As seqüências repetitivas dispersas no genoma do patógeno apresentam alto grau de polimorfismo. Embora a produção do estágio perfeito tenha sido demonstrada em laboratório (Hebert, 1971; Kato & Yamaguchi, 1982; Valent et al., 1991), não existem evidências quanto ao papel da recombinação meiótica na indução de variabilidade genética no campo (Shull & Hamer, 1994). Se ocorresse a recombinação sexual na natureza, a variação seria contínua e seqüencial, e não ocorreriam grupos distintos de isolados.

A análise de seqüências repetitivas de DNA no genótipo de *P. grisea* fornece informações quanto à genética e à evolução determinada pela seletividade dos hospedeiros, além de seu uso na identificação de





genes de patogenicidade no cromossomo do patógeno (Hamer, 1991). A sonda MGR também foi utilizada para identificar a origem da brusone em trigo no Brasil. O baixo número de seqüências repetitivas, encontrado nos isolados de brusone do trigo, sugeriu que os isolados de trigo e arroz não são relacionados e, possivelmente, são derivados de outras gramíneas, comumente presentes nos campos de Cerrados (Valent, 1990). Os estudos com o uso de marcadores moleculares constituem grande avanço para a clonagem de genes que determinam especificidade de hospedeiros e investigações na dinâmica de populações de *P. grisea*.

### Clonagem de genes de avirulência

Os produtos dos genes de avirulência fornecem subsídios quanto aos mecanismos bioquímicos que determinam a especificidade entre cultivares e raça do fungo. Em alguns casos, os produtos destes genes de avirulência interagem com os produtos dos genes de resistência em hospedeiros, diretamente ou indiretamente, e aceleram o mecanismo de defesa na planta que bloqueia a infecção pelo patógeno. Os genes de avirulência estão sendo utilizados como sondas moleculares para estudar a sua distribuição em fungos patogênicos. Essa análise permite determinar o potencial da variabilidade dos patógenos com maior segurança.

Os cruzamentos entre isolados estéreis de arroz e isolados hermafroditas, patogênicos somente em *Eragostis curvula*, possibilitaram os estudos genéticos em *P. grisea*. A progênie destes cruzamentos patogênicos em arroz foi retrocruzada seis vezes com o isolado de *E. curvula*, utilizado como progenitor recorrente (Valent & Chumley, 1991).

Utilizando isolados da última progênie do retrocruzamento para inoculações em cultivares diferenciadoras de arroz, com genes de resistência conhecidos, identificaram-se vários genes de avirulência. Os genes de avirulência Avr-CO-39, Avr-M201 e Avr-YAM foram herdados de pais patogênicos somente em *E. curvula*, porque o patógeno do arroz utilizado como pai foi patogênico nas três cultivares, CO-39, M201 e Yachiro-Mochi.

Anteriormente, um outro gene de avirulência foi identificado em isolados de *P. grisea*, patogênico em milheto (*Eleusine carocana*), correspondente ao gene de resistência Pi-a em arroz (Yaegashi & Asaga, 1981). Estes resultados sugerem que os genes de avirulência, até então específicos para cultivares de arroz, são comuns em isolados não-patogênicos a este hospedeiro.



Os genes de avirulência, correspondentes aos respectivos genes de resistência em arroz, são comuns entre os isolados de *P. grisea* não-patogênicos em arroz. Entre os isolados de arroz, quatro genes de avirulência, Avr2-Yamo, Avr-Mara, Avr1-Tsuy e Avr-mine foram caracterizados, correspondendo aos genes de resistência das cultivares Yachiro-mochi, Maratelli, Tsuyake e Minehikail. Os genes de avirulência Avr2-Yamo e Avr1-Tsuy, derivados do isolado O-37, proveniente da República da China, não são estáveis e, freqüentemente, resultam em mutantes que se tornam virulentos a Yachiro-mochi e Tsuyake (Valent & Chumley, 1991). Os genes de avirulência derivados de isolados de arroz não foram mais estáveis que os isolados de *E. curvula*. A instabilidade, possivelmente, deve-se às deleções que ocorrem durante as recombinações entre seqüências repetitivas, presentes no genoma do fungo. Além disso, elementos como transposons e cromossomos do tipo B podem ser considerados como fontes potenciais da variação em *P. grisea*.

Estes estudos confirmam os resultados obtidos em investigações anteriores, que relataram alta variabilidade do patógeno *P. grisea* e instabilidade de alguns isolados de arroz (Ou, 1985). O mapeamento dos genes de avirulência Avr1-Yamo e Avr2-Yamo mostrou que os dois genes estão ligados a telômeros. As mutações espontâneas no gene de avirulência Avr2-Yamo, que causa virulência na cultivar Yachiro-mochi, são correlacionadas a deleções de diversos tamanhos observadas nesse gene. Esses estudos em análises de genes estáveis e não-estáveis fornecem informações quanto às causas do aparecimento de novas raças do patógeno.

Na análise genética, utilizando cruzamento entre patótipos de arroz e outras gramíneas, *E. curvula* mostrou que um menor número de genes maiores, herdados de maneira mendeliana, parece controlar a capacidade de infectar, ou não, uma determinada cultivar, enquanto o tamanho parece ser controlado por muitos genes em arroz (Valent et al., 1991).

A seqüência MGR-586, acumulada em progênies por retrocruzamento, permitiu detectar ligações entre genes que controlam a patogenicidade a uma determinada cultivar e uma seqüência MGR.

## Hospedeiros

O fungo *P. grisea* tem sido registrado em culturas economicamente importantes, como o milho, milheto, cevada e trigo



(Malik & Khan, 1943; Andersen et al., 1947; Bailey & Eijnatten, 1961; Sundaram et al., 1972; Kato et al., 1977).

A ocorrência da brusone em trigo, sob condições naturais de infecção, foi constatada no Brasil, em 1985, no Estado do Paraná (Igarashi, 1988). Este constituiu o primeiro relato com perdas significativas sob condições naturais de infecção. Posteriormente, a ocorrência da brusone em trigo foi constatada no Mato Grosso (Goulart et al., 1989), Rio Grande do Sul (Picinini & Fernandes, 1989) e em Goiás (Prabhu et al., 1992). O fungo infecta diversas gramíneas daninhas que são comuns nos campos de arroz e trigo, como *Cenchrus echinatus*, *Eleusine indica*, *Digitaria sanguinalis*, *Brachiaria plantaginea*, *Echinochloa crusgalli*, *Rhynchelytrum roseum*, *Hyparrhenia rufa* e *Pennisetum setosum*.

As inoculações artificiais, em casa de vegetação, mostraram que os isolados de arroz, trigo e capins foram patogênicos às cultivares de trigo e de cevada. Já os isolados de trigo e capins não foram patogênicos às cultivares de arroz (Prabhu et al., 1992). Os isolados utilizados nos testes de inoculações cruzadas entre isolados de arroz e gramíneas foram divergentes (Ribeiro, 1981a; Bordin, 1986; Mackill & Bonman, 1986). No Japão, nenhum isolado proveniente de gramíneas infecta o arroz, enquanto diversos isolados de arroz podem infectar as gramíneas (Kato & Yamaguchi, 1980). Por outro lado, diversas cultivares de arroz foram suscetíveis aos isolados de *Echinochloa colona* e *Leerseia hexandra* nas Filipinas (Mackill & Bonman, 1986). Os isolados de *Pyricularia*, coletados de *L. hexandra*, *D. sanguinalis* e *Echinochloa* sp. nos campos de arroz irrigado, foram patogênicos em algumas diferenciadoras internacionais (Ribeiro, 1981a).

Segundo Bordin (1986), entre os oito isolados de gramíneas, obtidos em campos de arroz de terras altas, dois foram patogênicos às cultivares de arroz. As diferenças foram atribuídas a variações em isolados do fungo, clones de gramíneas e condições de inoculação (Ou, 1985).

Em estudo recente, os isolados de *P. grisea* em trigo, no Brasil, infectaram 42 gramíneas pertencentes às tribos Hordeae, Festuceae, Aveneae, Chlonideae e Agrostae, quatro cultivares de arroz irrigado e três cultivares de arroz de terras altas, mas nenhuma das diferenciadoras japonesas. Os isolados de trigo são mais similares aos isolados da gramínea *Eleusine* (Urashima et al., 1993).

Valent (1990), utilizando as seqüências de DNA MGR-586, demonstrou que os isolados de trigo não são derivados dos isolados de arroz nativos da área e que não houve mutações para infectar o arroz.



Os resultados, quanto ao papel das gramíneas na perpetuação de *P. grisea* em arroz, não estão bem definidos e indicam que os isolados de gramíneas, presentes nas plantas daninhas localizadas nas lavouras de arroz de terras altas, não infectam o arroz.

### Resistência varietal

Diversos métodos são utilizados para avaliar germoplasma, tanto no campo como sob condições de inoculação artificial. Para avaliação e seleção de plantas resistentes à brusone, deve ser estabelecida uma bordadura infestante, composta da mistura de cultivares suscetíveis, aproximadamente 30 dias antes do plantio das populações segregantes.

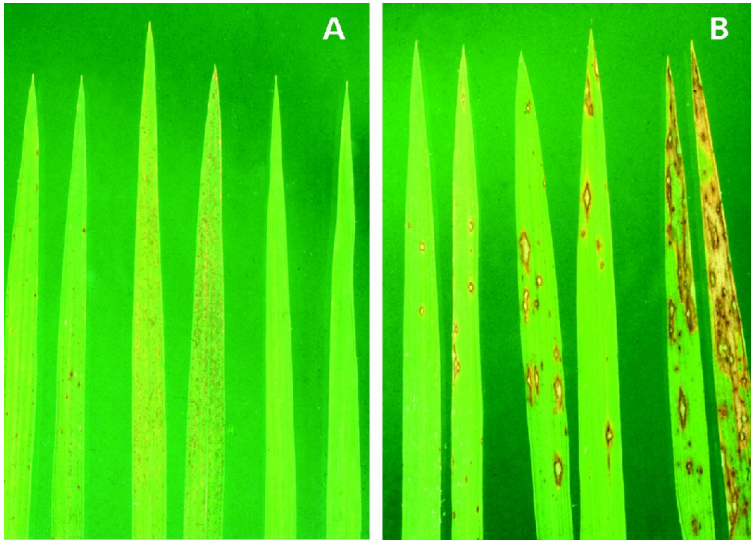
Outro método comumente recomendado são os testes em viveiros, desenvolvidos para trabalhos cooperativos em nível internacional (Ou, 1985). O método consiste na preparação de um canteiro, elevado cerca de 30 cm do nível prevalecente da água, com 1,5 m de largura por 15-20 m de comprimento. O plantio é feito em linhas de 50 cm de comprimento, com espaçamento de 10 cm, cada uma representando um material em teste. Duas ou três linhas de bordadura, compostas de cultivares suscetíveis, são plantadas nos dois lados do canteiro, de uma ponta à outra. Para induzir uma severidade uniforme e alta de brusone, deve ser utilizada alta densidade de sementeira, 30,5 g por linha de 50 cm, adubação nitrogenada elevada 120 kg ha<sup>-1</sup>, e uma quantidade adequada dos outros macronutrientes. Os esporos naturais são suficientes para iniciar a infecção. O inóculo também pode ser fornecido espalhando-se pelo canteiro folhas de arroz atacadas por brusone, picadas. Para assegurar obtenção de uma epidemia, os canteiros devem ser irrigados duas ou mais vezes ao dia e, durante à noite, devem ser cobertos com lona plástica.

Nos viveiros de brusone, a avaliação de plantas para resistência é feita utilizando-se uma escala de 0 a 9, padronizada, baseando-se no tipo de reação e porcentagem de área foliar infectada (Standard..., 1988).

Na escala de 0 a 9, para avaliação da resistência à brusone nas folhas, as notas 0, 1 e 2 representam reação de resistência, a nota 3 representa uma reação intermediária, baseando-se no tipo de infecção, e as notas de 4 a 9 indicam diferentes graus de suscetibilidade, baseando-se na porcentagem da área foliar infectada (Fig. 15.6). Alguns autores consideram a nota 3 como uma reação de resistência (Leung et al., 1988).



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 15.6.** Tipo de reação nas folhas. (A=notas 0, 1, e 2; B= 3, 4 e 5).

Escala de avaliação para brusone nas folhas:

<i>Nota</i>	<i>Descrição</i>
0	Sem lesão;
1	Pequenas pontuações de cor marrom, com tamanho de cabeça de alfinete;
2	Grandes pontuações de cor marrom, com 1 a 2 mm, necróticas, sem centro esporulativo;
3	Pequenas lesões, arredondadas, ou ligeiramente alongadas, com centro cinzento, borda marrom, com número significativo de lesões nas folhas superiores;
4	Lesões típicas da brusone, elípticas, com 3 mm ou mais de comprimento;
5	Lesões típicas da brusone, apresentando de 2 a 10% da área foliar infectada;
6	Lesões típicas da brusone, afetando 11-25% da área foliar;
7	Lesões típicas da brusone, afetando 26-50% da área foliar;
8	Lesões típicas da brusone, afetando 51-74% da área foliar;
9	Mais que 75% da área foliar afetada.



Nas panículas, a avaliação da brusone é feita entre 20 a 25 dias após a emissão. A brusone no pescoço da panícula é avaliada conforme a porcentagem de infecção da panícula. Recomenda-se uma amostragem de 50 a 100 panículas por genótipo. Nos ensaios, a avaliação da incidência nas panículas é feita utilizando-se uma escala de 0 a 9 (Standard..., 1988).

Escala de avaliação de brusone nas panículas:

<i>Nota</i>	<i>Descrição</i>
0	Sem incidência;
1	Menos que 5% de panículas infectadas;
3	5-10% de panículas infectadas;
5	11-25% de panículas infectadas;
7	26-50% de panículas infectadas;
9	Mais que 50% de panículas infectadas.

A resistência das folhas a patótipos ou raças específicas de *P. grisea* é avaliada por meio de inoculações artificiais, em plantas com 25 a 30 dias de idade, e em condições controladas de casa de vegetação. As plantas são semeadas em bandejas ou vasos e inoculadas com uma suspensão de esporos, incubadas por 24 horas, em câmara úmida, e transferidas para casa de vegetação, com temperatura controlada, de 25 a 30°C. As avaliações das reações nas folhas são feitas entre sete e nove dias após a inoculação, utilizando-se, geralmente, uma escala qualitativa com base no tipo de lesão. São utilizadas diversas escalas combinando tipo de lesão e porcentagem de área foliar afetada (Kiyosawa, 1970; Leung et al., 1988).

Os conceitos de resistência vertical e horizontal, de acordo com Plank (1963), fundamentam-se em dois sistemas genéticos bem distintos, que correspondem à resistência qualitativa e quantitativa. O tipo de resistência mais utilizado no melhoramento é o vertical, porque se baseia nas avaliações dos viveiros, utilizando o tipo de reação como critério de seleção. Tem sido observada alta correlação entre resistência à brusone nas folhas, em plântulas nos viveiros, e resistência no pescoço (Ou & Nuque, 1963). Em geral, nos testes conduzidos em viveiros, nota superior a 4 para linhagens com brusone nas folhas, correlaciona-se com a severidade da brusone nas panículas, em condições de campo. Entretanto, diversas linhagens, que apresentam tipo de reação 4 em viveiros, mostram, em condições de campo, graus de severidade de



brusone nas panículas variando de 2 a 9, sendo maior nas linhagens com severidade de brusone nas folhas intermediárias. Estes resultados indicam a necessidade de avaliar a brusone nas folhas, nos viveiros, e nas panículas no campo (Prabhu & Ferreira, 1991). Mesmo que genes verticais confirmem resistência efetiva contra algumas raças do patógeno, não são efetivos contra outras (Plank, 1963; Robinson, 1976; Nelson, 1978).

Cultivares que possuem grandes diferenças quanto à resistência quantitativa ou horizontal são representadas pela presença de poucas lesões suscetíveis ou por um baixo nível de brusone. O lento progresso da doença foi considerado como o principal atributo da resistência horizontal (Plank, 1963). Assim, diferentes cultivares apresentam diferenças na taxa de aumento da brusone (Bidaux, 1978; Villareal et al., 1980; Prabhu & Bedendo, 1991). Utilizam-se diversos delineamentos e métodos para identificar a resistência horizontal em germoplasma de arroz, sob condições de campo.

A lenta disseminação da doença no espaço, em gradientes, assim como o lento progresso da brusone, em arroz, foram utilizados como parâmetros de avaliação da resistência horizontal (Amin & Buddenhagen, 1972 citados por Bidaux, 1978; Notteghem & Andriatempo, 1977; Ahn, 1981; Ribeiro, 1981b).

Estudos realizados em Goiânia, com cultivares de arroz de terras altas, mostraram o limitado uso do método de gradientes para identificar a resistência horizontal (Prabhu & Bedendo, 1991). Ademais, a quantificação de resistência horizontal por meio da taxa de infecção no campo é aplicável somente em locais em que se realizam os testes (Prabhu & Ferreira, 1991).

A resistência parcial tem sido comumente utilizada como sinônimo de resistência horizontal. Resistência parcial, segundo Parlevliet & Kuiper (1985), é uma resistência quantitativa determinada por genes menores, cujos efeitos são pequenos e não podem ser separados individualmente. Este tipo de resistência é considerado durável. Alguns investigadores referem-se a esse tipo de resistência como residual.

O nível de resistência parcial em cultivares ou linhas fixadas, pode ser determinado após a quebra do gene vertical com uma raça virulenta, sob condições artificiais de inoculação em casa de vegetação, medindo-se, posteriormente, os componentes da resistência, como a eficiência da infecção, o tamanho da lesão, o número de lesões, a capacidade de esporulação, o período latente e a extensão da lesão (Villareal et al., 1980; Yeh & Bonman, 1986; Roumen et al., 1992). Em estudos realizados sob



condições controladas de laboratório, Yorinori & Thurston (1975) mostraram que a resistência generalizada, ou parcial, à *P. oryzae* expressou-se através da redução do número e do tamanho das lesões, da esporulação tardia, do número reduzido de esporos e da cor da lesão. Os mesmos autores observaram, contudo, grande variação para esse tipo de lesão na mesma cultivar inoculada com um isolado. Nos testes conduzidos em viveiros de brusone, sob alta pressão de infecção, não foram observadas as mesmas diferenças entre as cultivares obtidas em testes com inoculações artificiais com uma raça específica (Prabhu et al., 1989).

A cultura de tecidos é utilizada como uma das ferramentas para seleção de mutantes resistentes à brusone nas cultivares suscetíveis, altamente produtivas, de boa qualidade de grãos e bem adaptadas às condições locais. A variabilidade genética observada entre plantas regeneradas de cultura de tecidos é conhecida como variação somaclonal (Larkin & Scowcroft, 1981). No Brasil foram desenvolvidos somaclones com resistência vertical e parcial à brusone a partir de cultivares suscetíveis de arroz, como IAC 47 (Araújo et al., 1997; Araujo & Prabhu, 2001), Araguaia (Araújo et al., 2000), Bluebelle (Araújo et al., 2001), Basmati-370 (Araújo & Prabhu, 2002a) e Metica-1 (Araújo & Prabhu, 2002b). Esses somaclones podem ser utilizados como novas fontes de resistência à brusone no programa de melhoramento.

### Genética da resistência

A resistência à brusone pode ser conferida por um, dois ou, ocasionalmente, três genes, que podem ser dominantes (Kiyosawa, 1981; Mackill et al., 1985; Yu et al., 1987; Mackill & Bonman, 1992; Silva, 1993), dominantes incompletos ou recessivos (Oka & Lin, 1957).

No Japão, foram identificados 13 genes em oito *loci*, utilizando-se oito isolados de *P. grisea* (Kiyosawa, 1981). Porém, as informações quanto à identificação e as ligações entre genes, nas condições tropicais, são limitadas (Mackill & Bonman, 1992).

A análise genética da resistência à brusone mostrou que muitas cultivares possuem genes múltiplos de resistência. Em 51 combinações entre cultivares e isolados estudados, a resistência foi condicionada por dois genes dominantes em 30 combinações, e por um gene dominante em 15 combinações. Genes recessivos foram identificados em poucos casos (Mackill et al., 1985). Em estudos realizados em Goiânia, mostrou-se que a resistência, na maioria das cultivares, é controlada por dois ou três genes (Silva, 1993).





A avaliação de linhas isogênicas da cultivar CO-39 sugeriu que a resistência na cultivar Tetep é controlada por quatro genes, na cultivar Pai-Kan-Tão, por três e na Lac 23, por dois genes (Mackill & Bonman, 1992). A complexidade da genética da resistência dificulta a identificação e a análise de genes individualmente. Utilizando-se marcadores moleculares foram localizados, no mapa genômico do arroz, 80 genes que controlam caracteres herdados monogenicamente e 30 *loci* associados a caracteres quantitativos. Nesta relação estão incluídos 15 genes de resistência à brusone (McCouch et al., 1994). As posições nos cromossomos, localizadas através de ligações à marcadores moleculares, foram definidas para 15 *loci*, que conferem resistência completa, e para dez *loci* quantitativos (QTL). A utilização de marcadores moleculares para o mapeamento de genes maiores e QTL possibilita a análise de fatores genéticos que controlam caracteres herdados quantitativamente, como a resistência parcial. Uma vez quantificados, os QTL podem ser tratados como caracteres herdados de maneira mendeliana (McCouch et al., 1994).

### **Estratégia de melhoramento**

Considerando a ausência de estabilidade na expressão da resistência vertical, o lançamento seqüencial de cultivares com genes de resistência diversificados é a estratégia mais indicada, tanto para arroz de terras altas como para arroz irrigado. A metodologia consiste em cruzamentos simples e múltiplos, utilizando-se doadores que demonstraram alto espectro de resistência, testados nas diversas condições brasileiras no Viveiro Nacional de Brusone (VNB). A seleção nas progênies destes cruzamentos deve ser feita desde as gerações iniciais, F2 até F5, sob alta pressão de brusone em condições de canteiro ou campo. O método "pedigree" é o mais aconselhável. Uma outra estratégia consiste na incorporação de genes de resistência nas cultivares comercialmente adotadas, com boa qualidade de grãos, através de retrocruzamento.

Para desenvolver cultivares com resistência parcial, pode ser aplicada a estratégia da seleção recorrente. A seleção recorrente consiste na inoculação de uma população com uma raça virulenta, seleção de plantas com resistência parcial e recombinação das plantas selecionadas, em condições de campo. A população inicial deve ser constituída pela recombinação de cultivares previamente selecionadas, baseando-se em critérios como: qualidade agrônômica; resistência à brusone; e qualidade de grãos. Para a recombinação, incorpora-se o gene de macho esterilidade, identificado em um mutante da cultivar IR



36. Um isolado de *P. grisea* deve ser selecionado após testes de inoculação artificial, nos progenitores selecionados para constituição da população inicial, em condições controladas de casa de vegetação. A população deve ser inoculada para a seleção das plantas com resistência parcial. Estas plantas devem ser recombinadas sucessivamente para constituir um novo ciclo até a obtenção de uma população melhorada, com níveis desejáveis de resistência parcial (Filippi et al., 1994).

### Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

As epidemias ocorrem em larga escala quando:

- a) O patógeno encontra um novo ambiente em um novo território.
- b) Ocorre intensificação do cultivo em uma mesma área.
- c) Cultivar introduzida e infectada por uma raça virulenta do patógeno.
- d) Cultivo extensivo em áreas imensas, produzindo grande quantidade de massa verde para o patógeno.
- e) São feitos plantios escalonados na mesma área e na mesma estação agrícola.

### Inóculo inicial

A origem do inóculo inicial em diferentes ecossistemas é ainda complexa (Teng, 1994). Diversos estudos têm mostrado que as sementes infectadas por *P. grisea* podem constituir a fonte de inóculo primário (Lamey, 1970; Bidaux, 1978; Chung & Lee, 1983). As epidemias de brusone no Egito, em 1987, foram atribuídas à introdução de sementes infectadas ou a restos culturais (Reddy & Bastawasi, 1989). Segundo Lee (1994), o grande número de conídios associados às sementes favoreceu mais a iniciação da brusone nas plântulas, em Arkansas, Estados Unidos. Segundo Teng (1994), a sobrevivência dos conídios nas sementes é baixa em arroz inundado e não existem evidências conclusivas quanto ao papel da infecção das sementes no início da epidemia. No Brasil, embora as sementes infectadas por *P. grisea* transmitam a doença e constituam uma das fontes de inóculo primário, raramente causam epidemia sob condições de arroz de terras altas, em plantios com profundidade uniforme (Prabhu, 1989).

Somente em determinadas situações, quando os plantios são seguidos por chuvas contínuas, as sementes infectadas, contaminadas com esporos e caídas na superfície do solo, germinarão e poderão constituir um foco de infecção primária para epidemias locais em arroz



de terras altas (Prabhu, 1989, comunicação pessoal, citado por Agrawal et al., 1989); (Filippi & Prabhu, 1997).

Nos Estados Unidos, na palha de arroz infectada e deixada no campo após a colheita, o micélio sobrevive entre três e seis anos (Kingsolver et al., 1984). No Brasil, no segundo e terceiro ano de plantio consecutivo de arroz de terras altas, uma das principais fontes de inóculo é a presença de conídios de *P. grisea* provenientes dos restos culturais do ano anterior. Os esporos produzidos nas lavouras vizinhas ou distantes, plantadas mais cedo, constituem outras fontes importantes de inóculo primário (Prabhu & Morais, 1986).

A importância do inóculo proveniente das plantas daninhas não é bem definida. Os isolados de *P. oryzae*, oriundos da maioria das gramíneas encontradas nos campos de arroz de terras altas, não são patogênicos em arroz (Bordin, 1986).

### Infecção secundária

As lesões esporulativas nas folhas infectadas contribuem com o inóculo para a infecção secundária. Aproximadamente oito milhões de esporos/cm<sup>2</sup> podem ser produzidos na superfície das folhas infectadas. Os conídios da brusone são comumente disseminados num raio de 230 m da fonte de inóculo (Kingsolver et al., 1984). Os gradientes de disseminação dos conídios são relacionados com a direção e a velocidade do vento. Em arroz de terras altas, os gradientes primários iniciam-se na fonte de inóculo e acentuam-se até 2 m e são sequencialmente nivelados até 20 m (Prabhu, 1983).

### Fatores climáticos, água e solo

Todas as fases do ciclo da doença, como germinação dos conídios, formação de apressório, penetração, colonização e desenvolvimento da lesão, são grandemente influenciadas pela alteração dos fatores climáticos. A quantificação dos fatores específicos é essencial para o conhecimento em relação à ocorrência de epidemias e para o manejo da brusone.

A deposição de orvalho ou de gotas de chuva nas folhas é essencial para a germinação dos conídios e o início da infecção. O aumento do período de contato com a água de 12 para 15 horas resulta em 30% de aumento na infecção (Kato, 1974). O período de contato com a água, necessário para a infecção, é influenciado pela temperatura (Ou, 1985).



A temperatura ideal para a germinação de esporos varia entre 25 e 20°C. A formação de apressório inicia-se quatro horas após a inoculação e atinge 60 - 80% 15 horas após a inoculação a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  (Kim, 1994). As temperaturas ótimas para a formação do apressório variam de 15 à 25°C (Kato et al., 1994). É necessário um período mínimo de seis a oito horas de orvalho, com temperatura de 25°C, para iniciar a infecção (Kato, 1974). A infecção ocorre entre 15 e 35°C nas plântulas expostas ao orvalho, em câmara úmida, durante 16 - 20 horas, e a variação da temperatura ideal é entre 27 e 25°C (Kahn & Libby, 1958). As temperaturas mínimas para o desenvolvimento de sintomas variam entre 14 e 18°C e as ótimas, entre 20 e 26°C (Kim, 1994).

Os períodos latentes variam de 13 a 18 dias à 9 - 11°C, até quatro a seis dias com temperaturas entre 26 e 28°C (Teng et al., 1991). O tamanho da lesão é afetado pela temperatura, e a oscilação entre 20 e 30°C promove seu rápido desenvolvimento (Bonman et al., 1988).

O esporulação aumenta quando a umidade relativa é superior a 93% e não ocorre abaixo de 89%, sendo que a temperatura ideal varia entre 25 e 28°C. A alta taxa de produção de esporos ocorre três a oito dias após o aparecimento da lesão e estende-se por mais de 20 dias (Kim, 1994). As lesões mantêm sua capacidade de esporulação por períodos mais prolongados, quando a temperatura varia entre 16 - 24°C, do que com temperatura constante de 28°C. A produção de esporos e a liberação atinge o máximo entre meia-noite e seis horas (Webster & Gunell, 1992).

Em dias chuvosos, a disseminação de esporos é menor, pois as chuvas lavam os esporos das plantas, reduzindo a quantidade de inóculo. Precipitações com intensidade superior a  $3,5 \text{ mm h}^{-1}$  são importantes na redução da doença (Kim, 1994). A incidência de brusone em arroz de terras altas, em anos chuvosos, tem sido menor que em anos com deficiência hídrica. No Brasil Central, alta severidade de brusone é favorecida por oscilações da temperatura entre o dia e a noite, resultando em períodos prolongados de orvalho (Prabhu & Morais, 1986). Em arroz irrigado, com lâmina de água irregular, a deposição de orvalho é maior em áreas não-inundadas, constituindo um foco de inóculo para a disseminação do fungo para o restante da lavoura.

O vento transporta o inóculo por longas distâncias, reduz o período de orvalho e a deposição de esporos. Em dias nublados, sob chuva fina, umidade relativa de 100% e pouca luminosidade, há aumento da esporulação do fungo (Kingsolver et al., 1984).



A água de irrigação com temperatura abaixo de 20°C aumenta a suscetibilidade das folhas à infecção, e temperaturas do solo entre 18 e 24°C aumentam a suscetibilidade das panículas à brusone (Kozaka, 1965). Os conídios não sobrevivem em água de irrigação por mais de 24 horas (Andersen et al., 1947).

A baixa umidade do solo aumenta a suscetibilidade do arroz à brusone devido à menor absorção de ácido silício do solo e ao aumento do teor de nitrogênio solúvel no interior dos tecidos da planta. Por outro lado, a incidência da brusone nas folhas intensifica os efeitos causados por deficiência hídrica, resultando em morte rápida das folhas lesionadas de cultivares suscetíveis. Cultivares moderadamente resistentes à brusone são menos afetadas pela deficiência hídrica. Em arroz de terras altas, a suscetibilidade das plantas à brusone nas panículas aumenta sob condições de estresse hídrico devido ao acúmulo de nutrientes nas ramificações das panículas, o que explica parcialmente a maior severidade da brusone em arroz de terras altas que em arroz irrigado (Prabhu & Morais, 1986). Em plantas com sintomas de deficiência hídrica, as lesões produzem 3,5 vezes mais conídios que em plantas não sujeitas ao mesmo estresse (Gill & Bonman, 1988).

### Estádio fenológico da planta

A brusone nas folhas ou nas panículas pode ser considerada como dois subpatossistemas (Teng, 1994). O período mais suscetível à brusone nas folhas ocorre na fase vegetativa, entre 20 e 55 dias após a emergência das plântulas. Sua incidência e severidade são significativamente reduzidas com o aumento da idade da planta (Andersen et al., 1947; Kahn & Libby, 1958; Koh et al., 1987). A resistência das folhas novas aumenta com o tempo. Essa relação entre a brusone nas folhas e a idade da planta é exponencial. O aumento da resistência com a idade da planta de 52 a 60 dias reduz a severidade da brusone, variando de 33 a 60%, nas três folhas superiores, respectivamente (Prabhu & Filippi, 1995). O equilíbrio existente entre o crescimento da planta e o desenvolvimento da brusone é alterado por condições climáticas e práticas culturais adotadas, favorecendo o hospedeiro ou o patógeno. Durante a fase vegetativa e em tempo chuvoso, a planta cresce mais rápido que o desenvolvimento da brusone (Prabhu, 1992). Em arroz irrigado, a falta de água nessa fase provoca alta severidade da doença, podendo causar a morte das plantas (Ribeiro, 1984).

Durante o enchimento dos grãos, o período compreendido entre as fases de grãos leitosos e pastosos (dez a 20 dias após a emissão das



panículas) é o mais suscetível à brusone. A ocorrência de chuva durante o enchimento dos grãos reduz a severidade da brusone nas panículas. Em geral, a incidência de brusone nas panículas é menor em lavouras irrigadas por aspersão que naquelas sujeitas à deficiência hídrica (Prabhu & Morais, 1986).

### Fatores nutricionais

Desequilíbrios nutricionais aumentam a severidade da brusone. Doses excessivas de N são causadoras desse aumento (Hashioka, 1950; Atkins, 1956; Volk et al., 1958; Kozaka, 1965; Soave et al., 1977). Tanto a brusone nas folhas, como nas panículas, aumenta com a elevação dos níveis de N de 15 para 60 kg ha<sup>-1</sup>, diminuindo a produtividade do arroz de terras altas (Faria et al., 1982). Da mesma forma, a aplicação de N no sulco por ocasião do plantio, aumenta significativamente a severidade da brusone, comparada com a aplicação parcelada desse elemento (Santos et al., 1986). O controle da brusone nas folhas das cultivares melhoradas foi maior, em relação as cultivares suscetíveis, com a aplicação de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N do que com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicados no sulco, na ocasião de plantio (Prabhu et al., 1996).

A influência do N sobre a brusone varia de acordo com a forma disponível e a suscetibilidade da planta é maior quando o N é aplicado na forma de nitrato (NO<sub>3</sub>) que na forma amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Isso explica, em parte, a maior suscetibilidade da cultura de terras altas, cuja principal fonte de N inorgânico é o nitrato, comparado com o arroz irrigado, para o qual a fonte de N é o amônio (Webster & Gunell, 1992).

A germinação de esporos e a formação de apressórios são estimuladas em plantas adubadas com elevados níveis de N (Kawamura & Ono, 1948). Altas doses de N diminuem o conteúdo de sílica na parede celular (Marschner, 1986). O N é um elemento essencial para a síntese de aminoácidos, proteínas, fenóis e fitoalexinas. Essas substâncias estão envolvidas em diversos mecanismos de resistência das plantas (Huber, 1978). A quantidade elevada de N causa redução de toxicidade de compostos fenólicos aos fungos, acelerando a quebra da resistência (Sridhar & Ou, 1974). A influência do N é maior em solos arenosos, com baixa capacidade de retenção, que em solos argilosos, possivelmente devido à rápida disponibilidade do elemento.

Composto e esterco de curral são efetivos no aumento da resistência à brusone, através do fornecimento de ácido sílico (Matsuo, 1954, citado por Gupta & O'Toole, 1986). No Japão, o composto é comumente utilizado como fonte de sílica (Kozaka, 1965). A taxa de



penetração do fungo na planta é baixa nas plantas com altos níveis de sílica, possivelmente devido a barreiras mecânicas atribuídas ao acúmulo de sílica na epiderme (Ou, 1985). Estudos recentes mostram que a adubação com silicato de cálcio aumenta a resistência do arroz à brusone (Datnoff et al., 1991). No experimento de campo realizado no solo de cerrado, Prabhu et al. (2001) mostraram que a severidade de brusone nas folhas e nas panículas foi reduzida com a aplicação de  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$ . A severidade de brusone nas panículas diminuiu em função de doses crescentes de silicato de cálcio em solo de cerrado mesmo com alta adubação nitrogenada (Barbosa Filho & Prabhu, 2002). A brusone nas folhas diminuiu significativamente com aumento de doses de silício na cultivar Metica 1 (Berni & Prabhu, 2003). A aplicação de Si ( $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ ) reduziu a brusone nas panículas efetivamente ou foi melhor do que a pulverização de fungicida tricyclazole, quando as severidades foram baixas, nos experimentos realizados na Colômbia (Seebold et al., 2004).

A brusone nas panículas aumenta linearmente com o aumento de doses de P em arroz de terras altas (Prabhu & Morais, 1986). Os resultados com K são conflitantes. Este elemento pode diminuir a incidência da brusone em solos deficientes e tem pouco efeito, ou pode até aumentar a incidência da doença, quando se encontra em quantidade suficiente para o desenvolvimento da planta (Ou, 1985). A brusone nas panículas, em quatro genótipos, foi relacionada com a concentração de nutrientes nos tecidos da panícula, em arroz de terras altas. Os teores de N, P e Mg nos tecidos foram positivamente correlacionados com a brusone nas panículas. Por outro lado, o K e o Ca foram negativamente correlacionados (Filippi & Prabhu, 1998).

O efeito de K está diretamente correlacionado com o nível de N. O fator crítico que afeta a brusone é a razão N:K. A fertilização com K na ausência de N diminuiu significativamente a brusone nas panículas em arroz de terras altas. Por outro lado, a aplicação de K na dose de  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  não diminuiu a severidade de brusone (Prabhu et al., 1999).

A época e a quantidade de aplicação de N e K influenciam a severidade da brusone nas panículas. A aplicação de cobertura com N ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), K ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e NK ( $50+80 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aos 55, 65 e 75 dias após o plantio aumentaram a severidade da brusone nas panículas e não proporcionaram aumento na produtividade e massa de grãos em experimentos conduzidos em terras altas com a cultivar Primavera. A adubação de cobertura com N e K não é aconselhável, a partir dos 55 dias do plantio, em cultivar de ciclo precoce e suscetível à brusone (Silva & Prabhu, 2003).



## Controle

### Arroz de terras altas

Os danos causados pela brusone em arroz de terras altas podem ser reduzidos significativamente por: práticas culturais; uso de fungicidas no tratamento de sementes e aplicação na parte aérea; e uso de cultivares moderadamente resistentes. São recomendadas uma série de medidas, desde o plantio até a colheita (Prabhu et al., 2002).

O bom preparo do solo, com aração profunda, permite o enraizamento do arroz em camadas mais profundas e reduz a severidade da brusone pela diminuição do efeito de estresse hídrico. Uniformidade de plantio, a 2 cm de profundidade, é importante para evitar focos de infecção por meio da transmissão do fungo por sementes infectadas. Em plantios seguidos por período chuvoso, as sementes caídas na superfície do solo constituem foco de infecção para a disseminação secundária.

A utilização de sementes sadias é desejável para evitar a introdução de novos patótipos em áreas de abertura nos Cerrados. O tratamento de sementes com fungicidas sistêmicos, como carboxin + thiram, pyroquilon e thiabendazole, pode dar proteção efetiva na fase vegetativa contra a infecção primária oriunda de inóculo proveniente de lavouras vizinhas ou de plantios anteriores na mesma área. O efeito residual varia entre os fungicidas e depende da pressão da doença. O Pyroquilon apresenta efeito residual de 25 a 50 dias após a semeadura, dependendo do grau de resistência da cultivar utilizada (Prabhu & Filippi, 1993). A transmissão da brusone por sementes infectadas da cultivar IAC 25 foi observada, independentemente da temperatura e da profundidade, em condições controladas de semeadura feita em vasos (Faiad et al., 1994). Em condições de campo, embora a transmissão da brusone por sementes infectadas seja comumente observada, raramente induz epidemias.

Para prevenir a disseminação do patógeno de um plantio para o subsequente, na mesma área, a semeadura deve ser procedida no menor tempo possível. Nos primeiros anos após a abertura da área, o plantio deve ser feito no mês de outubro, coincidindo com o início das chuvas, para evitar o inóculo primário trazido pelo vento, proveniente de lavouras vizinhas ou de lavouras plantadas mais cedo. Em geral, a incidência de brusone é baixa em lavouras plantadas no início da estação chuvosa, mesmo no segundo e terceiro anos seguintes.





Não se recomenda a pulverização com fungicidas na fase vegetativa. A planta é mais suscetível à brusone entre 30 e 60 dias após a semeadura. Após esse período, as folhas adquirem resistência e a brusone não causa danos significativos.

A proteção contra a brusone nas panículas é mais importante nas cultivares suscetíveis ou moderadamente suscetíveis. Sugere-se o uso de fungicidas com atividade sistêmica e efeito residual. O efeito residual indica que os fungicidas são resistentes à degeneração biológica e química, e fornecem controle por aproximadamente 15 dias após a aplicação (Froyd & Froeliger, 1994). A viabilidade econômica, o número e a época das aplicações dependem do grau de suscetibilidade da cultivar, das condições climáticas e das práticas culturais adotadas (Tanaka & Souza, 1981; Brignani Neto et al., 1982; Prabhu et al., 1983). Uma aplicação com Triciclazole reduziu a severidade da brusone na cultivar IAC 47 em experimentos realizados durante três anos consecutivos. Entretanto, a produtividade e o lucro aumentaram em apenas dois anos, em resposta ao tratamento (Prabhu et al., 1990). A resposta de cultivares de arroz de terras altas à aplicação de fungicidas foliares foi variável, em relação ao controle da brusone nas panículas, produtividade e sustentabilidade (Prabhu et al., 2003).

Ainda não existe um método de previsão de ocorrência de brusone nas panículas com base na incidência de brusone nas folhas. No futuro, o blasticida ideal deverá possuir ação erradicante, preventiva, efeito residual prolongado e controlar outras doenças do arroz (Inove, 1990).

### Arroz irrigado

Em arroz irrigado, o controle adequado da brusone pode ser obtido com o uso de cultivares resistentes. Na Região Sul do país, cultivares modernas apresentam maior grau de resistência de campo que as tradicionais. A base genética da maioria dessas cultivares é estreita e derivada da cultivar IR 665, exceto Embrapa-7-Taim e IRGA 417.

Nas lavouras de arroz irrigado da Região Sul, o uso de fungicidas é muito reduzido, atingindo 1 a 2% da área total, e restringe-se praticamente a aplicações em grandes lavouras, no Estado do Rio Grande do Sul. Em Santa Catarina, devido ao tamanho reduzido das áreas de cultivo e ao sistema de plantio com sementes pré-germinadas, praticamente não são usados fungicidas. São recomendadas uma a



duas pulverizações: a primeira no emborrachamento tardio e outra entre dez e 15 dias após a floração. Os resultados, contudo, nem sempre são satisfatórios, salvo quando o fungicida é utilizado de forma integrada com práticas de manejo da cultura.

O tratamento de sementes com Pyroquilon não é satisfatório, porque seu efeito residual não se prolonga até o estágio de emborrachamento ou floração. No Estado de Santa Catarina está sendo usada, em caráter experimental, a aplicação de fungicida na água de irrigação, pelo método denominado benzedura (Miura, 1995).

No Estado do Tocantins, o tratamento de sementes com fungicidas é uma prática comumente utilizada para prevenir altas severidades da doença que normalmente ocorrem na fase vegetativa, quando falta água. O controle da brusone nas panículas é feito com uma ou duas aplicações preventivas com fungicidas.

As práticas culturais, como inundação, queima dos restos culturais, plantio intercalado, terraceamento, densidade e época de plantio têm sido utilizadas por produtores, por vários séculos, em diferentes países (Thurston, 1990). Práticas semelhantes são utilizadas no Brasil, mas o impacto dessas medidas não foi quantificado. Segundo as recomendações técnicas da pesquisa para o sul do país (Embrapa, 1993), recomenda-se: a) aplainamento e/ou sistematização do solo para facilitar a irrigação adequada numa lâmina uniforme de água; b) dimensionamento adequado dos sistemas de irrigação e drenagem para facilitar a entrada e a retirada da água de forma correta e em tempo hábil; c) bom preparo do solo antes da semeadura, o que permite o crescimento normal da planta; d) adubação equilibrada, evitando crescimento vegetativo exagerado da planta; e) uso de sementes de boa qualidade fisiológica e fitossanitária; f) semeadura na época normal, entre 15 de outubro e 15 de novembro, evitando plantio tardio; g) controle das plantas daninhas; h) destruição de plantas voluntárias e doentes; i) troca de cultivares semeadas a cada três ou quatro anos; j) escalonamento da época de semeadura; e k) semeadura com densidade entre 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> e com espaçamento não muito reduzido (17 cm), para evitar população excessiva de plantas e o auto-sombreamento.

No Estado do Tocantins, a falta de água na fase vegetativa resulta na alta severidade da brusone, causando até a morte das folhas. Segundo as recomendações técnicas (Santos et al., 2002) a inundação da lavoura por 24 horas, seguida por drenagem e manutenção da lâmina de água com profundidade adequada durante o resto do ciclo, contribuem para



o controle da brusone nas folhas e conseqüente recuperação e desenvolvimento das plantas. A dose de N recomendada situa-se entre 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, aplicada em duas vezes, metade na semeadura e o restante no perfilhamento ativo (aproximadamente 45 dias após a semeadura, dependendo da cultivar plantada). Nesta situação, o tratamento de sementes é indispensável, pois a ocorrência de brusone nas folhas pode ser favorecida. Nas lavouras em que há falta de água para formação de lâmina no estágio inicial do perfilhamento, o tratamento de sementes com os fungicidas sistêmicos com efeito residual prolongado, como pyroquilon (400g i.a./100 kg de sementes) é indispensável. Outros fungicidas sistêmicos disponíveis no mercado são: carboxin + thiram (300g i.a./100 kg de sementes) e tiabendazol (300g i.a./100 kg de sementes). A adoção de práticas culturais, combinada com o uso de cultivares resistentes, reduz o uso de produtos químicos e, conseqüentemente, os danos ambientais e o custo de produção.

## MANCHA-PARDA

A mancha-parda, causada pelo fungo *Drechslera oryzae* (Breda de Haan) Subramaniam & Jain, é uma doença comum no Brasil e assume grande importância econômica em arroz irrigado, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste. No Estado do Tocantins, a doença é a mais prevalente, devido à alta suscetibilidade das cultivares mais plantadas. Na Região Sul, a mancha-parda ocorre nas áreas das lavouras semeadas continuamente com o arroz e que apresentam problemas de fertilidade.

Essa doença é a principal causa das manchas dos grãos, tanto em arroz irrigado como em terras altas. Afeta a emergência das plântulas nas lavouras semeadas mais cedo, em outubro, e as plantas adultas próximas da maturação, porém não causa danos significativos na produção das grandes lavouras no Rio Grande do Sul (Ribeiro, 1984). Em arroz irrigado, a morte de plantas jovens, causando a redução do estande, foi relatada por Kempf (1983). Dependendo da suscetibilidade da cultivar, as manchas nos grãos podem causar perdas de massa de 12 a 30% e reduzir em 18 a 22% o número de grãos por panícula (Prabhu et al., 1980). Em Pindamonhangaba, no Estado de São Paulo, Soave et al. (1984), utilizando 36 progênies de arroz irrigado, obteve correlação positiva entre a porcentagem da perda de massa de grãos e o número de sementes infectadas. As sementes infectadas por *D. oryzae* causam redução significativa na germinação (Prabhu & Vieira, 1989) e, em geral, os grãos manchados geram, também, perdas significativas no rendimento de grãos no beneficiamento.



## Patógeno

O agente causador da mancha-parda, anteriormente referido como *Helminthosporium oryzae* var. Breda de Haan, é atualmente considerado sinônimo de *Bipolares oryzae* (Breda de Haan) Shoem. Outro nome aceitável é *Drechslera oryzae* (Breda de Haan) Subramaniam & Jain. Shoemaker (1959) diferenciou *Bipolares* de *Drechslera* baseando-se, principalmente, na germinação polar, no modelo de germinação semiaxial, nos conídios fusóides e mais escuros e no hilo excluído da célula basal. O patógeno pertence à classe dos Deuteromicetos, subclasse Hyphomycetiaceae, ordem Moniliales e família Dematiaceae. Os conídios, em geral, são curvados, mais largos no meio, apresentando um leve afunilamento nas extremidades, de cor marrom, com seis a 14 septos, medindo 63 - 153 mm x 14 - 22 mm e freqüentemente com hilo (Ou, 1985). A fase perfeita, descrita como *Cochliobolus miyabeanus* (Ito & Kuribayashi) Drechsler & Dastur, pertence à divisão Eumicota, subdivisão Ascomicotina, classe Pyrenomicetos, ordem Sphaeriales e família Sphaeriaceae.

A especialização patogênica do fungo ainda não foi bem definida, embora tenha sido observada, entre isolados, a variação em características culturais, morfológicas e quanto à agressividade (Ou, 1985). No Brasil, o estudo de variabilidade do fungo *H. oryzae* mostrou ausência de interações diferenciais entre isolados e cultivares (Sousa et al., 1984).

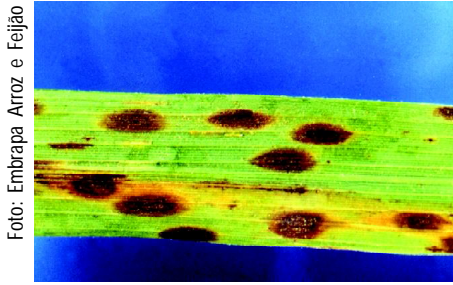
A produção de peritécios foi obtida por meio de cruzamentos interespecíficos entre *H. oryzae* e *H. maydes*. As progênies dos ascósporos apresentaram diferenças quanto à patogenicidade ao milho e ao arroz (Nelson, 1960). Frequentemente são encontrados isolados não-esporulativos em culturas. A exposição das culturas à irradiação ultravioleta somente produz conidióforos se for seguida por períodos escuros de quatro horas. A alternância de períodos de uma hora na luz e no escuro é mais indicada para a esporulação.

## Sintomas

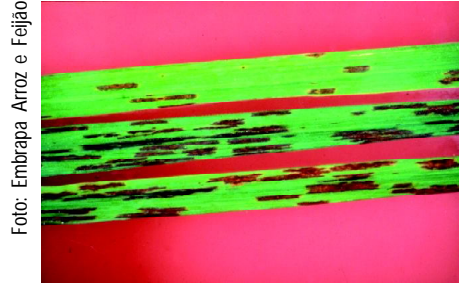
A doença afeta o coleoptilo, as folhas, bainhas, ramificações das panículas, glumelas e os grãos. O fungo causa lesões marrons, circulares ou ovais no coleoptilo, durante a emergência das plântulas. Os sintomas geralmente manifestam-se nas folhas logo após a floração e, mais tarde, nas glumelas e nos grãos. Os sintomas típicos da mancha-parda nas folhas são lesões circulares ou ovais de coloração marrom, com centro acinzentado ou esbranquiçado, rodeado de margem parda ou avermelhada (Fig. 15.7). Lesões atípicas, observadas em algumas cultivares que possuem o



pigmento antocianina, apresentam coloração púrpura, formato alongado e são restritas entre as nervuras (Fig. 15.8). As lesões nas bainhas são semelhantes às lesões típicas nas folhas. Nos grãos, as glumas apresentam manchas marrom-escuras que, muitas vezes, coalescem cobrindo o grão inteiro (Fig. 15.9). A infecção das espiguetas provoca a esterilidade, quando se manifesta logo após a emissão das panículas.



**Fig. 15.7.** Mancha-parda nas folhas.



**Fig. 15.8.** Lesões atípicas de mancha-parda em algumas cultivares.



**Fig. 15.9.** Mancha-parda (lesões nas espiguetas).

## Hospedeiros

O arroz selvagem (*Zizania aquatica*) foi relatado como um dos hospedeiros da mancha-parda em condições naturais (Ou, 1985). Na Amazônia, foi constatada a infecção natural, nas folhas, nas espécies de arroz selvagem *Oryza glumepatula* e *Oryza grandeglumis*. Diversas gramíneas presentes em lavouras de arroz apresentam sintomas causados por *D. oryzae*. O papel dessas gramíneas como hospedeiros colaterais ou alternativos ainda não foi estudado. Entretanto, a patogenicidade de *D. oryzae* foi comprovada em espécies pertencentes a 22 gêneros de gramíneas, em condições de inoculação artificial (Nelson & Kline, 1961). Em outros estudos, os mesmos autores demonstraram a suscetibilidade de *O. sativa* em 65 dos 78 isolados de *Helminthosporium*



coletados de outros hospedeiros (Nelson & Kline, 1964). No Brasil, Bedendo & Prabhu (1981) demonstraram a suscetibilidade de diversas gramíneas e de espécies do gênero *Oryza*, em condições artificiais de inoculação com suspensão de esporos de *D. oryzae*.

### Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

Sementes infectadas constituem uma das fontes de inóculo primário. O fungo localiza-se internamente e causa descoloração e enrugamento do grão descascado.

A presença de micélios de *D. oryzae* em diversas partes da semente, inclusive no endosperma, foi demonstrada através de inoculações artificiais na cultivar Bluebonnet (Fazli & Shroeder, 1966). A invasão do fungo na pálea e na lema ocorre pela parte basal dos tricomas e através dos espaços intercelulares da epiderme externa, alcançando os tecidos parenquimatosos e a epiderme interna na época do florescimento (Watanabe et al., 1976). O fungo sobrevive nas sementes infectadas de um a quatro anos, dependendo das condições de armazenamento (Agrawal et al., 1989).

Em experimentos conduzidos, utilizando-se sementes artificialmente infectadas por *D. oryzae*, a porcentagem de transmissão variou de 72 a 90% para seis cultivares de arroz de terras altas, em tubos de ensaio contendo areia esterilizada.

Segundo Ou (1985), a infecção primária pela semente é muito comum, embora nem sempre sementes infectadas resultem em plântulas com sintomas. Os coleótilos e as raízes podem ser infectados, mas as lesões não se desenvolvem rapidamente nas plântulas em condições de campo. As plântulas apresentam sintomas típicos nas folhas cotiledonares, nas folhas primárias e nas raízes (Prabhu & Vieira, 1989).

Os restos culturais constituem outra fonte importante de inóculo. O solo não oferece condições favoráveis à sobrevivência do patógeno (Hiramath & Hegde, 1985). A disseminação de esporos na área é responsável pela infecção secundária (Ou, 1985).

O principal fator que influencia a incidência da mancha-parda no cultivo irrigado é a baixa fertilidade do solo, com baixos níveis de adubação, especialmente em K, Mn, Mg, Si, Fe e Ca (Webster & Gunell, 1992). As plantas tornam-se mais sensíveis à *D. oryzae* tanto em níveis de N muito altos ou muito baixos (Chattopadhyay & Dickson, 1960). Resultados semelhantes foram obtidos em estudos realizados em solos



de Cerrados, com arroz de terras altas (Faria & Prabhu, 1983). O conteúdo de sílica nas folhas é negativamente correlacionado com a incidência da mancha-parda nas folhas. A adubação com silicato de cálcio reduziu significativamente a incidência da mancha-parda nos Estados Unidos (Datnoff et al., 1991). A mancha-de-grãos, considerando a média de 48 genótipos, foi reduzida em 17%, resultando em 20% de aumento da massa de grãos, com a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub>, em experimento conduzido em solos dos Cerrados (Prabhu et al., 2001).

A temperatura ótima para infecção varia entre 20 e 30°C (Sherf et al., 1947). A mancha-parda ocorre em condições de umidade relativa superior a 89%, embora a infecção seja favorecida pelo molhamento das folhas (Webster & Gunell, 1992). A suscetibilidade do arroz à mancha-parda aumenta com o avanço da idade da planta. As espiguetas são mais suscetíveis à infecção desde o período de floração até a fase leitosa (Bedendo & Prabhu, 1982). O estresse de água aumenta a suscetibilidade da planta. No ecossistema de várzeas, a planta torna-se mais suscetível à doença nos cultivos em várzea úmida ou sob condições de falta de água, em arroz irrigado. No Arkansas, Estados Unidos, a incidência da mancha-parda aumentou com o uso de herbicidas do grupo fenoxil (Smith Jr. & Templeton, 1968).

### Resistência varietal

As cultivares comerciais de arroz de terras altas, no Brasil, apresentam reações, variando de moderadamente resistentes a suscetíveis. As cultivares Guarani, Rio Paranaíba e Caiapó são moderadamente resistentes, tanto nas folhas como nos grãos. Entre as cultivares de arroz irrigado, a Metica 1 apresenta-se altamente suscetível, no Estado do Tocantins. Entre as cultivares plantadas no Rio Grande do Sul, a BR IRGA 417 tem se mostrado moderadamente resistente nas folhas e nos grãos.

A avaliação da mancha-parda é feita, geralmente, mediante a aplicação de notas, utilizando-se a seguinte escala visual padronizada (Standard..., 1988):

1=1 a 5% de infecção;

3=6 a 12% de infecção;

5=13 a 25% de infecção;

7=26 a 50% de infecção;

9=51 a 100% de infecção.



As avaliações devem ser feitas pelo menos duas a três vezes ao ano, preferivelmente utilizando repetições e padrões suscetíveis e resistentes, intercalados.

O conceito de resistência relativa proposto por Zadoks (1972) pode ser utilizado para eliminar a influência do ambiente em condições de campo. A resistência relativa (RESR) varia entre 0 e 1 e é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{RESR} = 1 - \text{SD(G)}/\text{SD(T)}$$

onde:

SD(G)= severidade da mancha-parda nos genótipos em teste;

SD(T)= severidade da mancha-parda na testemunha.

O grau de resistência à mancha-parda pode também ser determinado utilizando-se uma escala diagramática desenvolvida pelo CIAT (notas 1, 3, 5, 7, e 9), que se baseia na intensidade da descoloração nos grãos. A correlação entre os resultados da avaliação das manchas dos grãos feita com a escala diagramática do CIAT e pela RESR mostrou-se positiva (Prabhu & Ferreira, 1991).

Diversos genótipos com alto grau de resistência têm sido identificados (Sousa et al., 1984; Prabhu, 1989). Em geral, o germoplasma nativo de arroz de terras altas apresenta maior grau de resistência que as cultivares de arroz irrigado introduzidas. Entre essas introduções, os genótipos Basmati 370, CIAT ICA5, Colômbia 1, Dawn, H 136-68-1, IR 342 e SR 3055-129-3-2-2 apresentaram alto grau de resistência, tanto nas folhas como nas panículas (Prabhu & Ferreira, 1991).

## Controle

O tratamento de sementes com fungicidas reduz o inóculo inicial. Atualmente, os fungicidas registrados para tratamento de sementes infectadas por *D. oryzae* incluem thiram, thiabendazole, carboxin + thiram, quintozene e captan.

A aplicação foliar com fungicida para o controle da mancha-nos-grãos não tem sido muito eficaz, utilizando-se fungicidas foliares com ação protetora. Prabhu & Santos (1988) , em três aplicações, utilizando quatro diferentes fungicidas, thiram, tiofenatometil+clorotalonil, maneb e captafol, não obtiveram controle satisfatório da mancha-nos-grãos. Entretanto, Brignani Neto et al. (1982) obtiveram controle através de três





aplicações com clorotalonil, até a floração. A maioria dos fungicidas registrados nos Estados Unidos não é muito eficaz no controle da mancha-parda (Groth et al., 1990). No Rio Grande do Sul, devido aos baixos níveis de incidência da mancha-parda, não se justifica a recomendação do uso de fungicidas para o controle da doença. Há necessidade de investigações para a obtenção de um produto sistêmico, com efeito residual prolongado, para viabilizar o controle químico da mancha-parda, em associação com um manejo adequado de água.

## ESCALDADURA

Entre as principais doenças de arroz, a escaldadura, causada pelo fungo *Monographella albescens* (Thume) Parkinson et al., vem se manifestando em níveis significativos em todas as regiões brasileiras, principalmente nas Regiões Norte e Centro Oeste, tanto em ambientes de várzeas como em terras altas. Na Região Sul, não são encontradas lavouras sem incidência de escaldadura, embora essa doença não cause danos notáveis na área foliar (Ribeiro, 1984). Em Itajaí, no Estado de Santa Catarina, em 1979, a doença atingiu proporções sérias, em arroz inundado, nos campos de multiplicação de sementes (Prabhu & Bedendo, 1982), indicando o potencial do patógeno em causar danos em determinados ambientes. Em arroz de terras altas, a escaldadura tem importância econômica nos primeiros anos de plantio do arroz, logo após o desmatamento do cerrado, nos plantios feitos em rotação com soja e em lavouras conduzidas com irrigação suplementar. Esta enfermidade paralisa o crescimento da planta no início do emborrachamento, principalmente nos anos de alta precipitação (Prabhu & Bedendo, 1990). Em geral, a escaldadura é uma doença importante do arroz em ambientes com alta precipitação pluvial (Bonman et al., 1990). No Estado do Tocantins, a escaldadura causa preocupação para os produtores de arroz irrigado.

### Patógeno

O estágio imperfeito, *Macrodochium oryzae*, produz esporodochios, esporadicamente, com coloração variando de púrpura a salmão com conídios. Outros nomes descritos anteriormente, como *Rhynchosporium oryzae* Hashioka & Yokogi e *Gerlachia oryzae* (Hashioka & Yokogi) W. Gams, são sinônimos. Os conídios são falcatos, hialinos, comumente septados na parte central, e podem apresentar duas células desiguais que medem 9,0 - 14,0  $\mu\text{m}$  x 3,0 - 4,5  $\mu\text{m}$ . Os conídios imaturos são não-septados e dois a três septos são raros (Ou, 1985).



O telomorfo, *Monographella albescens* (Thume) Parkinson et al. (Syn. *Metasphaera albescens* Thume), pertence à classe dos Ascomicetos e à ordem Sphaerialis. As peritécias são globosas, marrons e imersas em tecido, exceto o ostiole. Os ascos são cilíndricos, clavados e unitunicados. Os ascóporos são fusóides, estreitos ou curvados, com três a cinco septos, com 14 - 23  $\mu\text{m}$  x 3,5 - 4,5  $\mu\text{m}$  (Webster & Gunnell, 1992).

## Sintomas

Os sintomas típicos da doença iniciam-se pelas extremidades apicais das folhas ou pelas bordas das lâminas foliares. As manchas não apresentam margens bem definidas e são inicialmente de coloração verde-oliva. Mais tarde, as áreas afetadas apresentam sucessões de faixas concêntricas (Fig. 15.10). As lesões coalescem, causando secamento e morte da folha afetada. As lavouras afetadas apresentam amarelecimento geral, com as pontas das folhas secas. Em condições não favoráveis para o desenvolvimento da doença, os esporos produzem inúmeras pontuações pequenas, marrom-claras e, geralmente, são confundidos com outras doenças. Sintomas semelhantes são produzidos também nas bainhas. O patógeno infecta os grãos, causando pequenas manchas do tamanho da cabeça de alfinete e, em casos severos, provoca descoloração das glumelas, tornando-as marrom-avermelhadas.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 15.10. Escaldadura nas folhas.



## Hospedeiro

O patógeno *P. grisea* tem sido encontrado no capim *Echinochloa crusgalli*, que pode constituir uma das fontes primárias de inóculo (Singh & Gupta, 1980). No Brasil, o papel do hospedeiro na perpetuação da doença é desconhecido. Embora, sob condições naturais, a ocorrência do fungo ainda não tenha sido constatada em gramíneas presentes em lavouras de arroz de terras altas e irrigado, *P. grisea* mostrou-se altamente patogênico em condições de inoculações artificiais em sete das 32 gramíneas, pertencentes a 18 gêneros. Os capins pé-de-galinha (*Eleusine indica*), capim-favorito (*Rhynchelytrum roseum*), capim-de-Rhodes (*Chloris gayana*), capim-flechinha (*Echinochloa inflexa*), capim-gordura (*Melinis minutiflor*) e kazungula (*Setaria anceps*) foram suscetíveis. Também todas as 11 espécies de *Oryza*, incluindo *O. sativa*, *O. glaberrima*, *O. longistaminata*, *O. barthii*, *O. officinalis*, *O. ridleyi*, *O. brachiantha*, *O. echingeri*, *O. latifolia*, *O. stapfi* e *O. australiensis*, apresentaram reações suscetíveis. Dentro do mesmo gênero, todas as espécies exibiram reações suscetíveis ou diversos graus de resistência, indicando somente a existência de diferenças intergenéricas (Prabhu & Bedendo, 1982). A ocorrência de altas severidades de escaudadura foi observada em condições naturais na Amazônia, nas espécies de arroz selvagem *O. glumepatula* e *O. grandeglumis*.

## Resistência varietal

Os genótipos que apresentam folhas mais largas geralmente são mais suscetíveis à escaudadura que os que apresentam folhas eretas e estreitas (Thomas & Raymundo, 1983; Bonman et al., 1990). As inoculações da cultivar Labelle e Dourado Precoce, com dois isolados de *P. oryzae*, mostraram evidências preliminares quanto à existência de especialização patogênica, sendo necessárias, contudo, investigações mais detalhadas (Bonman et al., 1990). Faria & Prabhu (1980) desenvolveram, em condições controladas, um método de inoculação para a avaliação da resistência varietal, utilizando discos de meio de cultura contendo micélios do patógeno colocados sobre a superfície foliar de plantas com 30 dias de idade. O grau da resistência entre as cultivares foi medido, tomando-se por base o desenvolvimento da lesão. Bonman et al. (1990) utilizaram a inoculação de folhas destacadas com micélios do patógeno para avaliar a resistência varietal. Essas folhas foram mantidas em placas de Petri contendo ágar simples. Os autores encontraram uma alta correlação positiva quanto às medidas do comprimento das lesões. De 200 cultivares/linhagens de arroz avaliadas, observou-se que, entre as nativas, somente Rexoro, Três Potes, Baixada e Prata Preta foram resistentes e, entre as



introduzidas, apenas COL 14 e Colômbia 1. As cultivares de terras altas, classificadas em ordem decrescente quanto à severidade da escaaldadura, foram: Araguaia, Cuiabana, IAC 165, Rio Paranaíba, Cabaçu, Guarani e Centro América (Prabhu & Bedendo, 1990).

A variabilidade genética para resistência à escaaldadura em germoplasmas de arroz foi constatada em estudos realizados em condições de campo (Prabhu et al., 1996). Nas avaliações de somaclones derivados de panículas imaturas de IAC 47 quanto à resistência genética à escaaldadura, em condições de infecção natural de campo e de inoculações artificiais em casa de vegetação, 19 somaclones apresentaram resistência maior que a cultivar IAC 47 (Araújo et al., 2001) e poderão ser utilizadas como fontes de resistência à escaaldadura.

### **Fatores que afetam o desenvolvimento da doença**

As sementes infectadas e os restos culturais constituem as principais fontes de inóculo primário. A transmissão do fungo pelas sementes infectadas provoca uma descoloração nas plântulas, tornando-as marrom-escuras (Bedendo, 1983). O desenvolvimento da doença é favorecido pelo umedecimento das folhas pela água da chuva ou por períodos prolongados de orvalho, durante as fases de perfilhamento máximo e emborrachamento. Altas populações de plantas aumentam a severidade da escaaldadura e o aumento da adubação nitrogenada favorece o rápido desenvolvimento da doença (Ou, 1985).

### **Controle**

As medidas preventivas incluem o uso de sementes sadias ou tratadas com fungicidas. O tratamento de sementes com Benomyl mais Mancozeb (3% de cada), em forma de "slurry", erradicou a infecção das sementes (Mew & Misra, 1994). Swain et al. (1990) demonstraram a eficiência do tiofanato metálico nas pulverizações visando o controle da escaaldadura. No Brasil, ainda não há informações quanto à viabilidade econômica do controle químico.

### **MANCHA-NOS-GRÃOS**

As manchas-nos-grãos estão associadas com mais de um patógeno fúngico ou bacteriano e podem ser consideradas como um dos principais problemas da cultura do arroz, tanto no ecossistema de várzeas como no de terras altas. Em arroz de terras altas, a queima das glumelas é um dos principais componentes das manchas-nos-grãos e, além de depreciar a aparência dos grãos, reduz também sua qualidade. As perdas de massa,



avaliadas em 100 panículas, variaram de 22 a 45%, e no rendimento industrial de 0 a 14% em ano de epidemias, na cultivar IAC 25 (Prabhu & Bedendo, 1988). Em arroz irrigado, no Rio Grande do Sul, os grãos manchados causaram redução no rendimento dos grãos inteiros. Os danos causados por agentes patogênicos têm importância maior quando ocorrem associados com temperaturas baixas (15-17°C), umidade elevada e danos causados por percevejos-dos-grãos (*Oeabalus poecillus*). Normalmente, o frio e os insetos causam os danos físicos iniciais, que favorecem a entrada dos microrganismos manchadores de grãos (Ribeiro, 1980, 1984).

### Sintomas

As manchas aparecem desde o início da emissão das panículas até o seu amadurecimento. Os sintomas são muito variáveis, dependendo do patógeno predominante, do estágio de infecção e das condições climáticas. A queima das glumelas em arroz de terras altas manifesta-se durante a emissão das panículas, com manchas de coloração marrom-avermelhada nas espiguetas, idênticas às manchas causadas por *D. oryzae*. As manchas em forma de lente, com centro esbranquiçado e borda marrom, aparecem quando a infecção com *P. sorghina* ocorre na fase leitosa e pastosa, após a emissão das panículas. As glumelas dos grãos infectados com *M. oryzae* apresentam grande número de pontuações avermelhadas do tamanho de cabeça de alfinete (Bedendo, 1983). Em arroz irrigado é difícil identificar os patógenos envolvidos com o aparecimento de manchas-nos-grãos apenas pelo sintoma.

### Patógenos

Os principais patógenos causadores de manchas-nos-grãos incluem *Drechslera oryzae* (Breda de Haan) Subram & Jain, *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema, Dorenbosch & Van Kesteren, *Alternaria padwickii* (Ganguly) Ellis, *Pyricularia grisea* (Sacc.) Cooke, *Microdochium oryzae* (Hashioka Yokogi) Samuels and Hallet, *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams, além de diferentes espécies de *Drechslera*, *Curvularia* spp., *Nigrospora* sp., *Fusarium* spp., *Coniothyrium* sp., *Epicoceum* sp., *Phythomyces* sp. e *Chetomium* sp. No Estado do Mato Grosso, os fungos predominantemente associados com manchas-nos-grãos, em arroz de terras altas, são *Phoma sorghina* e *Drechslera oryzae* (Soave et al., 1984; Souza et al., 1991). Além de *Drechslera oryzae*, as espécies *D. halodes* e *D. rostratum* são também comumente causadoras de mancha-nos-grãos, embora sua frequência seja muito baixa (Prabhu & Ferreira, 1991). Segundo Costa (1991), no Estado do Tocantins, os principais fungos manchadores de grãos em arroz irrigado são *A. padwickii* e



*C. lunata*, além de *D. oryzae*. As bactérias que causam descoloração de grãos incluem *Pseudomonas fiscovagina* Tanuu, Miyajima & Akita e *Erwinia* spp. (Faria & Prabhu, 1984; Frosi et al., 1986; Zeigler & Alvarez, 1987, 1990).

### **Fatores que afetam o desenvolvimento da doença**

Chuva e alta umidade durante a formação dos grãos favorecem a ocorrência das manchas. O acamamento, por provocar o contato das panículas com o solo úmido, contribui também para aumentar a descoloração dos grãos. Danos causados por insetos no campo, principalmente o percevejo, predispõem os grãos à infecção por microrganismos. Adicionalmente, a severidade da queima das glumelas na lavoura é maior quando a emissão das panículas do arroz coincide com períodos chuvosos.

### **Resistência varietal**

As cultivares comerciais apresentam diversos graus de resistência à mancha-nos-grãos. A existência de diferenças varietais quanto à resistência à queima das glumelas foi demonstrada sob condições de infecção artificial (Souza & Zambolim, 1987). Entre as cultivares modernas plantadas no Estado do Rio Grande do Sul, a BR Irga 417 tem se mostrado moderadamente resistente. As cultivares de terras altas, Guarani e Rio Paranaíba, podem ser consideradas resistentes à mancha-nos-grãos, em condições de campo. Uma linhagem CNA<sub>x</sub> 7412 apresentou alto grau de resistência à manchas-nos-grãos nos testes realizados em diversos locais em terras altas e poderá ser utilizado como fonte de resistência à brusone e mancha-nos-grãos no melhoramento.

### **Controle**

O tratamento de sementes com fungicida é um pré-requisito para aumentar o vigor e o estande, além de diminuir o inóculo inicial. As práticas culturais indicadas para outros patógenos podem minimizar a incidência de manchas-nos-grãos. Essa incidência foi significativamente baixa quando a semeadura foi realizada após a segunda quinzena de dezembro. Os fungicidas testados não mostraram eficiência adequada no controle da doença (Souza et al., 1993). No Rio Grande do Sul, a aplicação de fungicidas protetores mostrou redução dos sintomas e melhoria da qualidade dos grãos sem, contudo, indicar diferenças na produtividade.

## **QUEIMA-DA-BAINHA E MANCHA-DA-BAINHA**

A queima-da-bainha e mancha-da-bainha são componentes importantes do complexo de doenças fúngicas do colmo e da bainha em



arroz irrigado em diferentes países, tanto em climas temperados como tropicais (Webster & Gunell, 1992). No Brasil, a queima-da-bainha tem grande potencial para causar danos significativos na produtividade de arroz irrigado. No Rio Grande do Sul, o aumento da incidência da queima-da-bainha foi observado nos últimos anos, devido ao plantio do arroz em rotação ou sucessão com a cultura da soja e com pastagens de trevo e azevém. A maioria das cultivares de arroz e de soja são suscetíveis a *Rhizoctonia solani*; conseqüentemente, a densidade de inóculo no solo aumenta ao longo dos anos com a rotação de arroz-soja (Groth et al., 1992). Atualmente, a queima-da-bainha ocorre em todas as lavouras, em maior ou menor grau de severidade, em arroz irrigado no Estado do Tocantins onde, aproximadamente, 20.000 ha de arroz são plantados em rotação com soja.

No Estado do Tocantins, a mancha-da-bainha, causada por *R.oryzae* Ryker Gooch, que manifesta sintomas semelhantes à queima-da-bainha, ocorre em todas as lavouras, mas os prejuízos não são significativos.

### Patógeno

A queima-da-bainha é causada pelo estágio imperfeito *Rhizoctonia solani* Kiihn e teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk. O fungo pertence ao grupo anastomose AG-1 e ao grupo intraespecífico 1-A de *R. solani*.

Os esclerócios são irregularmente hemi-esféricos, brancos quando formados, tornando-se marrom-escuros em cultura. Na planta, são formados na superfície da bainha e das folhas, atingindo 6 mm ou mais. O micélio de *R. solani* ramifica em ângulo de 45 a 90°, apresenta constricção no ponto de origem e é septado. O micélio de *R. oryzae* é idêntico ao de *R. solani*, mas os esclerócios são amorfos, com coloração variando de salmão a laranja. Nos hospedeiros, os esclerócios são cilíndricos, e na cultura são submersos ao longo das ramificações das hifas em forma de pé-de-pássaro. O teleomorfo de *R. oryzae* é *Waitea circinata* Warcup & Talbot.

### Sintomas

A doença ocorre geralmente nas bainhas e nos colmos e é caracterizada por manchas ovaladas, elípticas ou arredondadas, de coloração branco-acinzentada e bordas marrons bem definidas. Em ataques severos, observam-se manchas semelhantes nas folhas, porém com aspecto irregular (Fig. 15.11). A incidência da queima-da-bainha resulta em seca parcial ou total das folhas e provoca acamamento da planta.

Em contraste aos sintomas da queima-da-bainha, os sintomas da mancha-da-bainha são caracterizados por manchas ovais, levemente



verdes, creme ou brancas, com bordas marrom-avermelhadas nos colmos. As lesões são isoladas e não formam as áreas contínuas de infecção típicas da queima-da-bainha (Webster & Gunnell, 1992). As folhas não são infectadas por *R. oryzae* (Prabhu et al., 2002)



Fig. 15.11. Sintomas de queima-da-bainha nas folhas (A) e nos colmos (B).

### Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

O patógeno, que sobrevive no solo em forma de esclerócios e de micélio em restos culturais, constitui o inóculo primário. O patógeno infecta diversas gramíneas comuns, como plantas daninhas nas lavouras de arroz irrigado e diversas leguminosas, inclusive a soja.

O fungo é disseminado rapidamente pela água de irrigação e pelo movimento do solo durante a aração. Os esclerócios sobrevivem até dois anos e aumentam no solo com o tempo, flutuam na água, acumulam-se ao redor da planta de arroz causando infecção inicial nos colmos, no nível da água. A doença dissemina-se rapidamente, através da infecção por hifas, para as partes superiores, incluindo as folhas e as plantas adjacentes sob condições de baixa luminosidade, umidade em torno de 95% e altas temperaturas, de 28 a 32°C. A infecção causada por basidiosporos de *T. cucumeris* é relativamente menos importante na epidemiologia.

A doença desenvolve-se rapidamente durante a emissão das panículas e a formação dos grãos. Os elevados percentuais de matéria orgânica (3 - 4%), níveis de N, P e altas densidades de sementes (250 - 350 kg ha<sup>-1</sup>) contribuem para aumentar a severidade da doença. Os danos





causados por insetos, como broca-do-colmo e percevejo, predispõem a planta à infecção por *R. solani* e outros fungos de solo, como *Sclerotium oryzae*, *Sclerotium rolfsii* e *Fusarium* sp.

### Resistência varietal

As cultivares que apresentam moderado ou alto grau de resistência têm sido identificadas com base na disseminação vertical na planta. Nenhuma cultivar é imune a esta enfermidade. A variação somaclonal para resistência à queima-da-bainha foi observada em plantas regeneradas da cultivar Labelle. A resistência foi controlada com um ou dois genes recessivos em somaclones (Xie et al., 1990). As cultivares Tetep, CICA 8 e Metica 1 foram superiores a *R. solani*, quando comparadas com BRS Formoso, Aliança, Epagri 108 e Epagri 109, considerando a taxa de crescimento da lesão na bainha nas condições de casa de vegetação (Prabhu et al., 2002). A resistência no campo pode ser avaliada, utilizando-se a seguinte escala:

- 0 - infecção não observada;
- 1 - lesões se limitam a 20% da área da planta;
- 3 - de 20 - 30%;
- 5 - de 31 - 45%;
- 7 - de 46 - 65%;
- 9 - mais de 65%.

### Controle

O manejo adequado das áreas afetadas pela doença, com boa drenagem na entressafra, adubação equilibrada, densidade de semeadura recomendada (120 - 150 kg ha<sup>-1</sup>) e uso racional de herbicidas, tem se mostrado eficiente, aumentando a ação do controle biológico natural (*Trichoderma* sp.) no Rio Grande do Sul. A rotação do arroz com outras gramíneas (milho e sorgo) pode reduzir a incidência da doença. O tratamento de sementes com fungicidas e agentes biológicos, como *Trichoderma* sp., *Gliocladium* sp. e *Bacillus* sp., foi eficiente no controle da queima-da-bainha e de outras doenças causadas por fungos de solo, em nível experimental no Rio Grande do Sul. Nos Estados Unidos, a queima-da-bainha é controlada pelo uso de fungicidas em duas aplicações: a primeira, entre as fases de alongação dos entre-nós do colmo e iniciação da panícula, variando de 2,5 a 5,0 cm na bainha; e a segunda, na fase de 80 a 90% de emissão da panícula (Groth et al., 1990). A fertilização com Si é um método promissor de controle de queima-da-bainha (Rodrigues et al., 2003). Nas regiões brasileiras que cultivam arroz irrigado, a mancha-da-bainha não tem sido registrada como problema sério e não necessita de nenhuma medida de controle.



## MAL-DO-PÉ

A ocorrência da doença do arroz denominada mal-do-pé e causada por *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) von Arx & D. Oliver var. *graminis* foi registrada nos EUA, Japão, Filipinas e Índia (Datnoff et al., 1993). No Brasil, a doença foi constatada em lavouras de terras altas nos municípios de Unaí (MG), Palmeiras (GO), Itaberaí (GO), Humaitá (AM) e em lavouras irrigadas nos Estados de Goiás, Tocantins e Rio Grande de Sul (Prabhu & Filippi, 2002). Este é o primeiro registro desta enfermidade na cultura do arroz no Brasil. Atualmente o mal-do-pé é uma nova doença que tem grande potencial de causar danos, tanto em arroz de terras altas com e sem irrigação suplementar, como em irrigado.

### Patógeno

O agente causal do mal-do-pé (*G. graminis* var. *graminis*) é identificado com base nos hifopódios lobados e ascas unitunicadas. Os hifopódios produzidos abundantemente no micélio, na superfície do tecido da planta infectada, são achatados, hialinos ou pardos claros e lobados. As macro-hifas são septadas e crescem longitudinalmente sobre as regiões dos colmos e raízes afetadas. Os peritécios são escuros, esféricos formados nas bainhas das plantas e produzidos abundantemente em grãos de milho autoclavados. As ascas, que contêm oito ascósporos, são alongadas e clavadas, apresentando um anel apical distinto. Os ascósporos são hialinos, filiformes com três a cinco septos (Walker, 1975). Os ascósporos são liberados dos peritécios com molhamento de tecido de planta na presença de gotas de água. O patógeno de arroz difere de *G. graminis* var. *tritici* J. Walker na característica morfológica de hifopódio lobado.

### Sintomas

O sintoma característico da doença é uma coloração marrom escura ou preta na bainha, na base do colmo, no primeiro e segundo nós e entre-nós (Fig. 15.12). A doença pode causar morte de folhas e dos colmos infectados. Micélio grossos e escuros podem ser observados dentro das bainhas afetadas e nos colmos. Os peritécios formados são visíveis nas bainhas infectadas. As raízes das plantas afetadas são associadas com o fungo *G. graminis* var. *graminis* e apresentam uma coloração preta resultando, em alguns casos, na morte da planta. Nas lavouras de arroz afetadas, a doença causa o amadurecimento rápido dos grãos e até morte dos perfilhos, dependendo da época de seu aparecimento durante a fase de crescimento e desenvolvimento da planta. Os sintomas são muitas vezes confundidos com podridão-do-colmo.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 15.12. Sintomas típicos de mal-do-pé no campo.

### Hospedeiros

O agente causal do mal-do-pé afeta diversas gramíneas, como *Pennisetum* spp., *Stenotaphrum* spp., *Triticum* spp., *Axonopus* sp., *Chloris* sp. e *Cynodon* spp. que podem constituir-se em hospedeiros secundários para a sobrevivência do patógeno em arroz (Walker, 1975; Datnoff et al., 1997).

### Resistência varietal

Nos estudos iniciais em casa de vegetação de 12 genótipos de arroz para resistência ao mal-do-pé, utilizando a extensão da lesão (o comprimento do colmo com lesão marrom-escura) como o parâmetro de avaliação, todos os testados apresentaram reação de suscetibilidade (Prabhu & Filippi, 2002).



## Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

Os fatores que favorecem o mal-do-pé, na cultura do trigo, cujo agente causal é o fungo *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, no Rio Grande de Sul e Paraná, consistem em solos com pH 5,5 ou superior, associado ao excesso de chuvas (Prestes, 1972; Reis et al., 1982, 1983). O patógeno de arroz persiste em restos culturais e é disseminado pela chuva e vento.

## Controle

As cultivares variam em suscetibilidade e deve ser evitado o plantio de cultivares altamente suscetíveis.

## MANCHA-ESTREITA

A ocorrência de *Sphaerulina oryzina* em plantas de arroz atualmente, tem sido registrada em diversos países, inclusive no Brasil. Perdas de até 40% foram relatadas em algumas regiões do mundo. Nas condições brasileiras a doença tem pouca importância, porque a mancha-estreita geralmente ocorre na fase final do ciclo da planta. Quando a doença se manifesta mais cedo, pode reduzir a área foliar fotossintetizante, provocar redução de massa e rápida maturação dos grãos, além de diminuir o rendimento durante o processo de beneficiamento. Nas cultivares altamente suscetíveis à doença pode causar a senescência prematura, resultando em prejuízos na produtividade e qualidade de grãos.

## Patógeno

O agente causal é o fungo *Sphaerulina oryzina* K. Hara (*Cercospora oryzae* Miyake; syn. *C. janseana* (Racib) O. const.) a fase perfeita de *C. oryzae* que pertence à classe ascomiceto, apresenta peritécios globosos e escuros, imersos na epiderme da planta. Os ascos têm forma cilíndrica a clavada, sendo os ascósporos fusiformes retos ou levemente curvos, hialinos, com três septos, pertencem à classe dos deuteromicetos. Os conídios de *C. oryzae* são cilíndricos a clavados, normalmente apresentando de 3 a 10 septos, hialinos ou levemente oliváceos. Os conidióforos são escuros, com 3 ou mais septos, e emergem pelos estômatos isoladamente ou em grupos de dois ou três.

## Sintomas

As manchas típicas aparecem mais freqüentemente nas folhas. As lesões características nas cultivares suscetíveis são estreitas, finas, necróticas, alongadas no sentido das nervuras, apresentando coloração marrom-



avermelhada de tamanho 210 x 11, 5 mm (Fig. 15.13). Nas cultivares resistentes, as lesões tendem a ser mais curtas, estreitas e escuras. Sintomas semelhantes podem ocorrer nas bainhas, pedicelos e glumelas.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 15.13.** Sintomas de mancha-estreita nas folhas.

## Hospedeiros

O arroz vermelho é o hospedeiro mais importante para a perpetuação da doença em arroz irrigado. Tem sido relatado que o fungo infecta também *Panicum repens* L. (Sridhar, 1970).

## Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

O fungo se desenvolve dentro de uma ampla faixa de temperatura. O crescimento ótimo é conseguido entre 25 - 28°C. A sobrevivência ocorre nos restos de cultura. Uma vez na superfície da folha, trazidos principalmente pelo vento, os conídios germinam e penetram pelos estômatos. A colonização dos tecidos é feita pelo crescimento intracelular das hifas, que emergem através dos estômatos, produzindo conidióforos e conídios, os quais são novamente disseminados pelo vento. Condições de umidade alta e temperatura elevada (28°C) são favoráveis ao desenvolvimento da doença.



## Resistência varietal

As fontes de resistência identificadas para maioria das raças em Arkansas, nos Estados Unidos, incluem, Magnolia, Blue Rose 41, Prelude, Arkansas Fortuna, Nira 43, Bluebonnet e Rexark. Sunbonnet, lançada como nova cultivar, apresentou maior grau de resistência que Bluebonnet. A existência de raças fisiológicas tem sido relatadas no sul dos Estados Unidos (Sah & Rush, 1988). A resistência nas condições de campo pode ser avaliada utilizando a seguinte escala padronizada (Standard..., 1988):

- 0 - sem infecção
- 1 - menos que 1% de área foliar infectada;
- 3 - 1-5% de área foliar infectada;
- 5 - 6-25% de área foliar infectada;
- 7 - 26-50% de área foliar infectada;
- 9 - 51-100% de área foliar infectada.

As avaliações devem ser feitas na folha bandeira e na penúltima, dez dias antes da colheita.

## Controle

O uso de variedades resistentes é a medida mais indicada para evitar ou diminuir as perdas. Dentre os fungicidas testados para o controle da brusone, edifenphos, benomyl, benomyl + maneb apresentaram resultados superiores na redução da mancha-estreita (Prabhu et al., 1983).

## PODRIDÃO-DA-BAINHA

A ocorrência de podridão-da-bainha tem sido relatada em diversos países, inclusive no Brasil. Esta enfermidade tem alto potencial de causa de perdas em produtividade e qualidade de grãos. As perdas em produtividade estão entre 20 a 85% e foram estimadas na Índia (Chakravarty & Biswas, 1978). No Brasil, a incidência dessa doença vem aumentando tanto em arroz irrigado nas varzeas tropicais, como em arroz de terras altas, na Região Centro-Oeste.

## Patógeno

Podridão-da-bainha é causada por *Sarocladium oryzae* (Sawada) Gams & Hawksworth (syn. *Acrocyllidium oryzae* Sawada). O fungo produz conidioforos verticilados com uma ou mais ramificações. A última ramificação são as fiáldes as quais produzem conídios cilíndricos a



ligeiramente fusiformes, geralmente curvados, hialinos, unicelulares e de tamanho variando de 3,5 - 9 mm x 1 - 2,5 mm. As células conidiogênicas fialídicas podem surgir diretamente da hifa. Conidioforos e conídios geralmente formam uma camada branca no local infectado das bainhas.

### Sintomas

Sintomas típicos aparecem na última bainha, abaixo de folha bandeira. As lesões são oblongas, com centro cinza ou levemente marrom, com margens de coloração vermelho a marron (Fig. 15.14). Nas fases avançadas da doença, as lesões coalescem e cobrem a bainha inteira, dificultando a emissão de panícula. Nos casos severos, as panículas não são emergidas e as espiguetas apodrecem dentro da bainha. As panículas emergidas apresentam espiguetas com coloração marrom a vermelha. A doença afeta o desenvolvimento de grãos e causa esterilidade.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 15.14.** Sintomas de podridão-da-bainha.

### Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

O patógeno sobrevive em forma de micélio nos restos culturais e sementes. Os danos causados por insetos, principalmente broca-do-



colmo contribuem para o desenvolvimento da doença através do retardamento da emissão de panículas e injúrias para penetração do fungo. A maioria das plantas afetadas apresentam associação de alguns insetos na bainha. As altas populações de plantas e baixo nível de N favorecem a incidência da doença.

## Controle

Algumas cultivares apresentam menor grau de suscetibilidade. Não há informação quanto à eficiência do controle químico.

## PODRIDÃO-DO-COLMO

A podridão-do-colmo é uma das doenças mais importantes do arroz irrigado nos E.U.A e causa prejuízos na produtividade e qualidade de grãos. No Brasil, essa doença é comumente encontrada nas lavouras de arroz irrigado em todo o território. Não existe informação quanto aos danos causados.

## Patógeno

Podridão-do-colmo é causada por *Magnaporthe salvinii* (Cattaneo) R. Krause & R.K. Webster (syn. *Leptosphaeria salvinii* Cattaneo). O patógeno, no campo, é normalmente encontrado em forma esclerodial, *Sclerotium oryzae* Cattaneo. O fungo também produz o estado conidial, *Nakataea sigmoidea* (Cavara) K. Hara (syns. *Vakrabeeja sigmoidea* (Cavara) Subramaniam; *Helminthosporium sigmoideum* Cav. Os peritécios são escuros, esféricos, imersos em tecido de bainha. As ascas são cilíndricas, unitunicadas, e contêm oito ascósporos. Os ascósporos são fusiformes, curvados com três septos. Os escleródios são escuros, globosos com superfície lisa. Os conídios são fusiformes, curvados, com três septos e produzem um esterigmata.

## Sintomas

Os sintomas primários são observados no campo após o estágio de perfilhamento. Inicialmente, as lesões manifestam-se na bainha, como lesões escuras, na altura da lâmina de água; posteriormente, a lesão atinge o colmo, circundando-o e provocando o acamamento da planta e o chochamento das espiguetas. Nos colmos afetados, o fungo desenvolve numerosos escleródios negros (Fig. 15.15).





Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 15.15.** Sintomas de podridão-do-colmo mostrando escleródios.

## Hopedeiros

A gramínea *Echinochloa crusgalli* e o arroz selvagem *Zizaniopsis miliacea* são registrados como hospedeiros, e o estágio esclerodial é comumente encontrado.

## Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

O fungo sobrevive na entressafra em forma de escleródios, nos restos culturais. Os escleródios flutuam na superfície da água de irrigação e infectam as bainhas. A severidade da doença aumenta com altos níveis de adubação nitrogenada.

## Controle

As práticas que reduzem a quantidade de escleródios são a queima ou decomposição rápida de restos culturais e a rotação de culturas. Aração do solo reduz o número de escleródios. Embora nenhuma cultivar seja resistente à doença, diferem em grau de susceptibilidade. O controle com fungicidas é efetivo mas não é comumente utilizado.



## CARVÃO-DA-FOLHA

Carvão-da-folha é uma doença fúngica prevalente no sul dos E.U.A., principalmente nas cultivares americanas. Essa enfermidade foi registrada em diversos países, inclusive no Brasil. É uma das doenças que ocorre nas folhas, na fase final da lavoura e raramente causa prejuízos significativos na produtividade. No Estado de Arkansas, a perda estimada, em um ano, foi de 1%.

### Patógeno

O carvão-da-folha é causado por *Entyloma oryzae* Syd. & P. Syd. (syns. *E. lineatum* (Cooke) J. J. Davis and *E. dactylidis* (Pass.) Cif.). O fungo produz teliosporos de forma globoso-angular, levemente marrom, isolados e massas pretas de 7 - 11 µm de diâmetro. Os esporídios secundários são produzidos no ápice do esporídio primário em forma de estrutura 'Y'.

### Sintomas

Os sintomas característicos são pequenas lesões lineares ou retangulares em forma de pústulas entre as nervuras nas folhas superiores (Fig. 15.16). Os mesmos tipos de lesões podem ser encontradas nas bainhas e nos colmos. Nas infecções severas, as folhas apresentam coloração amarela e secamento nas extremidades das folhas.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 15.16. Sintomas de carvão-da-folha.



## Hopedeiros

A doença foi constatada em arroz selvagem *Zizania aquatica* L.

## Fatores que afetam o desenvolvimento da doença

O fungo sobrevive entre safras como teliosporos nos restos culturais. Os esporídios são disseminados pelo vento para infecção das folhas. O desenvolvimento da doença ocorre nas folhas maduras na fase final do ciclo de arroz e é favorecido por altas doses de N, especialmente nas aplicações tardias.

## Controle

Não requer nenhuma medida específica de controle.

## FALSO-CARVÃO

Falso-carvão, também conhecido como carvão-verde, chama a atenção do agricultor em razão da sintomatologia exibida pela planta afetada. Sua ocorrência é esporádica e afeta poucas panículas dentro da lavoura. No Brasil, ocorre principalmente em terras férteis, no primeiro ano de abertura de cerrado e no cultivo intensivo de arroz irrigado.

## Patógeno

O agente causal da doença é o fungo *Ustilaginoidea virens* (Cooke) Takah. Os clamidósporos ou conídios maduros são esféricos a elípticos, equinulados, verde-oliváceos; quando jovens são hialinos e quase lisos. Esses esporos originam-se das hifas que compõem a massa estromática presente nos grãos. Na fase ascógena, ainda não relatada nas condições brasileiras, o fungo produz peritécios gregários, ascos cilíndricos com oito esporos. Os ascósporos são hialinos e filiformes.

## Sintomas

A doença manifesta-se na fase de maturação, afetando poucos grãos nas panículas. O falso-carvão é observado tipicamente nos grãos, na forma de uma massa arredondada de coloração verde-olivácea e aspecto pulverulento, com tamanho variável de 4 - 10 mm de diâmetro; pode também se manifestar como uma massa de tamanho reduzido contida pelas glumelas (Fig. 15. 17). O tipo de sintoma depende da época



de infecção dos grãos ter ocorrido mais cedo ou mais tarde. Quando a infecção ocorre no início do florescimento, a panícula exibe massas de esporos de cor verde, que representam o sintoma típico da doença; na infecção tardia (estádio de grão maduro), os esporos acumulam-se nas glumas, incham, separam a pálea da lema e, finalmente, todo o grão é substituído e recoberto pelo fungo.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 15.17. Sintomas de falso-carvão.

### Fatores que afetam o desenvolvimento

O patógeno sobrevive em restos de cultura, sendo disseminado pelo vento e pela água; as sementes também podem veicular estruturas fúngicas. A infecção pode ocorrer desde os primeiros estádios de desenvolvimento da planta e as hifas são geralmente encontradas nas regiões de crescimento dos perfilhos. A infecção da panícula pode ocorrer durante um curto período que precede a emissão da mesma, ou seja, ainda no estágio de emborrachamento da planta. Os esporos presentes nas plantas infectadas são novamente dispersos pela água e pelo vento. A alta umidade, chuvas contínuas durante a emissão das panículas, altas temperaturas e excesso de adubação nitrogenada favorecem a incidência da doença.

### Controle

Nas lavouras destinadas à produção de sementes, a coleta e a detruição de panículas afetadas imersas em querosene é recomendada. Não há necessidade de nenhum controle químico.



## OUTRAS DOENÇAS

Outras doenças de menor importância econômica são esporádicas e podem causar prejuízos sob condições ecológicas especiais. Diversas doenças foram relatadas em diferentes estádios de crescimento do arroz.

**Fase Vegetativa:** da germinação até a diferenciação do primórdio floral.

Doença	Patógeno	Ecossistema	
		Terras altas	Várzeas
Podridão-de-plântulas	<i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Sclerotium</i> sp. <i>Ophiobolus</i> sp.	-	+

+ Presença; - ausência.

**Fase Reprodutiva:** da diferenciação do primórdio floral até a emissão das panículas.

Doença	Patógeno	Terras Altas	Várzeas
Mancha-circular	<i>Alternaria padwickii</i> (Ganguly) Ellis (syn. <i>Trichoconis padwickii</i> Ganguly)	+	-
Bakanae	<i>Giberella fujikuroi</i> (Sawada) Wollenweb var. <i>fujikuroi</i> ( <i>Fusarium moniliforme</i> J. Sheld)	-	+
Mildio	<i>Sclerophthora macrospora</i> (Sacc.) Thirumalachar, C.G. Shaw & Narasimhan	-	+
Ponta-branca	<i>Aphelenchoides besseyi</i> Christie	-	+
Nematóide- formador-de-galhas	<i>Meloidogyne javanica</i> (Treub) Chitwood	+	-
Lista-parda	<i>Erwinia</i> sp.	+	-
Podridão-marrom- da-bainha	<i>Pseudomonas fuscovaginae</i> Tanii, Miyajimaz	+	-

+ Presença; - ausência.

## Doenças dos grãos

Doença	Patógeno	Terras Altas	Várzeas
Carvão	<i>Tilletia barclayana</i> (Bref.) Sacc. & Syd.	+	+

+ Presença; - ausência.



## REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, P. C.; MORTENSEN, C. N.; MATHUR, S. B. **Seed borne disease and seed health testing**. Kew: CMI, 1989. p. 7-14.
- AHN, S. W. The slow blasting resistance. In: SYMPOSIUM ON RICE RESISTANCE TO BLAST, 1981, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier: IRAT-GERDAT, 1981. p. 343-370.
- AMARAL, R. E. de M.; RIBEIRO, A. S. Informe sobre as doenças de arroz no Brasil. In: REUNIÃO DO COMITÊ DE ARROZ PARA AS AMÉRICAS, 2., 1971, Pelotas. **Contribuições técnicas da delegação brasileira**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1972. p. 133-147.
- ANDERSEN, A. L.; HENRY, B. W.; TULLIS, E. C. Factors affecting infectivity, spread, and persistence of *Piricularia oryzae* Cav. **Phytopathology**, St. Paul, v. 37, n. 2, p. 94-110, Feb. 1947.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Somaclones da cultivar de arroz aromático Basmati-370 resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1127-1135, ago. 2002a.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Indução de variabilidade na cultivar de arroz Metica-1 para resistência a *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1689-1695, dez. 2002b.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Progresso da brusone nas folhas e características agronômicas nas gerações avançadas de somaclones aromáticos da cultivar de arroz IAC 47. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 3, p. 606-613, set. 2001.
- ARAÚJO, L. G., PRABHU, A. S., FREIRE, A. B. Variação somaclonal na cultivar de arroz IAC-47 para resistência parcial à brusone. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 125-130, jun. 1997.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; SILVA, G. B. Resistência de somaclones da cultivar de arroz IAC 47 a *Monographella albescens*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 165-169, jun. 2001.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S.; FREIRE, A. B. Development of blast resistant somaclones of the upland rice cultivar Araguaia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 357-367, fev. 2000.
- ATKINS, J. G. An outbreak of *Piricularia* on rice in 1995. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 40, n. 5, p. 372-373, May 1956.
- BAILEY, A. G.; EIJNATTEN, C. van. Corn gray spot caused by *Piricularia grisea*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 51, n. 3, p. 197-198, Mar. 1961.
- BARBOSA FILHO, M. P.; PRABHU, A. S. **Aplicação de silicato de cálcio na cultura do arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 51).
- BEDENDO, I. P. Transmissibilidade de *Rhynchosporium oryzae* através de sementes de arroz. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 574, out. 1983. Ref. 066. Edição de Resumos do XVII Congresso da Sociedade Brasileira de Fitopatologia, São Paulo, jul. 1983.



- BEDENDO, I. P.; PRABHU, A. S. Reação de algumas gramíneas a *Helminthosporium oryzae*, agente causal da mancha parda do arroz. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 7, n. 3/4, p. 34-38, jul./dez. 1981.
- BEDENDO, I. P.; PRABHU, A. S. Um método de avaliação da mancha parda nos grãos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 7, n. 3, p. 512, out. 1982. Ref. 095. Edição de Resumos do XV Congresso da Sociedade Brasileira de Fitopatologia, São Paulo, jul. 1982.
- BERNI, R. F.; PRABHU, A. S. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 195-201, fev. 2003.
- BIDAUX, J. M. Screening for horizontal resistance to rice blast (*Pyricularia oryzae*) in Africa. In: BUDDENHAGEN, I. W.; PERSLEY, G. J. (Ed.). **Rice in Africa**. New York: Academic Press, 1978. p. 159-174.
- BONMAN, J. M.; MACKILL, A. O.; GLASZMAN, J. C. Resistance to *Gerlachia oryzae* in rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 74, n. 4, p. 306-309, Apr. 1990.
- BONMAN, J. M.; SANCHEZ, L. M.; MACKILL, A. O. Effects of water deficit on rice blast. II. Disease development in the field. **Journal of Plant Protection in the Tropics**, Tumbuhan, v. 5, n. 2, p. 67-73, Dec. 1988.
- BONMAN, J. M.; VERGEL DE DIOS, T. I.; BANDONG, J. M.; LEE, E. J. Pathogenic variability of monoconidial isolates of *Pyricularia oryzae* in Korea and in the Philippines. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 2, p. 127-130, Feb. 1987.
- BORDIN, A. P. A. **Estudo da variabilidade genética e patogênica de *Pyricularia* spp. em arroz (*Oryza sativa* L.) e outras gramíneas**. 1986. 125 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BRIGNANI NETO, F.; LEITE, N.; AMARAL, R. E. A.; ROLIM, P. R. R.; OLIVEIRA, D. A. Efeito de pulverizações com fungicidas sobre a *Helminthosporiose* do arroz. **O Biológico**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 33-38, fev. 1982.
- CHAKRAVARTY, D. K.; BISWAS, S. Estimation of yield loss in rice affected by sheath rot. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 62, n. 3, p. 226-227, Mar. 1978.
- CHATTOPADHYAY, S. B.; DICKSON, J. G. Relation of nitrogen to disease development in rice seedlings infected with *Helminthosporium oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 50, n. 6, p. 434-438, June 1960.
- CHEN, D. H.; ZEIGLER, R. S.; LEUNG, H.; NELSON, R. J. Population structure of *Pyricularia grisea* at two screening sites in the Philippines. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 9, p. 1011-1020, Sept. 1995.
- CHUNG, H. S.; LEE, C. U. Detection and transmission of *Pyricularia oryzae* in germination rice seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 11, n. 3, p. 625-637, 1983.
- CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S.; LEVY, M. Virulence characteristics of genetic families of *Pyricularia grisea* in Colombia. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 211-230.
- COSTA, J. L. da S. *Alternaria padwickii* e *Curvularia lunata*: patogenicidade e transmissão por sementes de arroz irrigado. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 15-18, mar. 1991.



- CRAWFORD, M. S.; CHUMLEY, F. G.; WEAVER, C. G.; VALENT, B. Characterization of the heterokaryotic and vegetative diploid phases of *Magnaporthe grisea*. **Genetics**, Bethesda, v. 114, n. 4, p. 1111-1129, Dec. 1986.
- DATNOFF, L. E.; ELLIOT, M. L.; KRAUSZ, J. P. Cross pathogenicity of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* from bermudagrass, St. Augustine grass, and rice in Florida and Texas. **Plant Disease**, St. Paul, v. 81, n. 10, p. 1127-1131, Oct. 1997.
- DATNOFF, L. E.; ELLIOT, M. L.; JONES, D. B. Black sheath rot caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* on rice in Florida. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 2, p. 210, Feb. 1993.
- DATNOFF, L. E.; RAID, R. N.; SNYDER, G. H.; JONES, B. D. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yield of rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, n. 7, p. 729-732, Jul. 1991.
- DON, L. D.; KASUBA, M.; URASHIMA, A. S.; TOSA, Y.; NAKAYASHIKI, H.; MAYAMA, S. Population structure of the rice blast fungus in Japan examined by DNA fingerprinting. **Annals of Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 65, n. 1, p. 15-24, Feb. 1999.
- ELLIS, M. B. **Dematiaceus hyphomycetes**. Kew: CMI, 1971. 608 p.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do país**. Pelotas, 1993. 78 p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 3).
- FAIAD, M. G. R.; MACHADO, J. da C.; VIEIRA, M. das G. G. C.; CORNÉLIO, V. M. de O. Efeitos e transmissibilidade de *Pyricularia oryzae* Cav. em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) sob condições controladas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, 45-49, 1994.
- FARIA, J. C.; PRABHU, A. S. Brown stripe a new bacterial disease of rice. **International Rice Research Newsletter**, Los Baños, v. 9, n. 3, p. 12, June 1984.
- FARIA, J. C.; PRABHU, A. S. Relação entre fertilização nitrogenada e mancha-parda do arroz em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 1377-1379, dez. 1983.
- FARIA, J. C.; PRABHU, A. S. A screening technique to evaluate resistance of rice to *Rhynchosporium oryzae*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 64, n. 9, p. 845-846, Sept. 1980.
- FARIA, J. C.; PRABHU, A. S.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito da fertilização com fungicida sobre a brusone e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 6, p. 847-852, jun. 1982.
- FAZLI, S. F. I.; SHROEDER, H. W. Kernel infection of Bluebonnet 50 rice by *Helminthosporium oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 56, n. 5, p. 507-509, May 1966.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Relationship between panicle blast severity and mineral nutrient content of plant tissue in upland rice. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 8, p. 1577-1587, 1998.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Effect of leaf blast control by Pyroquilon seed treatment on panicle blast progress and grain yield. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 164-170, jun. 1997.





- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; ARAÚJO, L. G.; FARIA, J. C. Genetic diversity and virulence pattern in field populations of *Pyricularia grisea* from rice cultivar Metica-1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1681-1688, dez. 2002.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, E. M. Differential compatibility of *Pyricularia grisea* isolates with some Brazilian irrigated rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 3, p. 447-450, set. 1999.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; LEVY, M. Espectro de virulência de isolados e linhagens de *Pyricularia grisea* em arroz. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, p. 398, ago. 1996. Suplemento, ref. 383. Edição de Resumos do XXIX Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Campo Grande, ago. 1996.
- FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; NEVES, P. C. F.; NOTTEGHEM, J. L. Eficiência da seleção recorrente sobre a resistência parcial à brusone em arroz de sequeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, p. 279, ago. 1994. Suplemento, ref. 074. Edição de Resumos do XXVII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Itajaí, ago. 1994.
- FRATTINI, J. de A.; SOAVE, J. Tentativa de avaliação de perdas causadas pela brusone nas culturas de arroz no Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 49, n. 2/3, p. 101-108, nov. 1974.
- FROSI, J. F.; ZIEGLER, R.; PULVER, E. Identificação de *Pseudomonas fuscovaginae* no Brasil e sua possível influência na mancha de grãos de arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 15., 1986, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1986. p. 331-336.
- FROYD, J. D.; FROELIGER, E. H. Strategies for discovery of rice blast fungicides. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 501-520.
- GIATONG, P.; FREDERIKSEN, R. A. Pathogenic variability and cytology of monoconidial subcultures of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 59, n. 8, p. 1152-1157, Aug. 1969.
- GILL, M. A.; BONMAN, J. M. Effects of water deficit on rice blast. I. Influence of water deficit on components of resistance. **Journal of Plant Protection in the Tropics**, Tumbuhan, v. 5, n. 2, p. 61-66, Dec. 1988.
- GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. A.; MESQUITA, A. N. Ocorrência da brusone do trigo (*Pyricularia oryzae* Cav.) no Estado do Mato Grosso do Sul. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 15, n. 1, p.9, jan./mar. 1989. Ref. 5. Edição de Resumos do XII Congresso Paulista de Fitopatologia, Araras, 1989.
- GROTH, D. E.; RUSH, M. C.; HOLLIER, C. A. Prediction of rice sheath blight severity and yield loss based on early season infection. **Louisiana Agriculture**, Louisiana, v. 35, n. 5, p. 20-23, 1992 .
- GROTH, D. E.; RUSH, M. C.; LINDBERG, G. D. Foliar fungicides for control of rice disease in the United States. In: GRAYSON, B. T.; GREEN, M. G.; COPPING, L. G. (Ed.). **Pest management in rice**. London: Elsevier, 1990. p. 31-52.
- GUPTA, P. C.; O'TOOLE, J. C. **Upland rice**: a global perspective. Los Baños: IRRI, 1986. 360 p.
- HAMER, J. E. Molecular probes for rice blast disease. **Science**, Washington, v. 252, n. 5006, p. 632-633, May 1991.



- HAMER, J. E.; HOWARD, R. J.; CHUMLEY, F. G.; VALENT, B. A mechanism for surface attachment in spores of plant pathogenic fungus. **Science**, Washington, v. 239, n. 4837, p. 288-290, Jan. 1988.
- HAMER, J.E.; FARRALL, L.; ORBACH, M.J.; VALENT, B.; CHUMLEY, F.G. Host species specific conservation of a family of repeated DNA sequences in the genome of a fungal plant pathogen. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 86, n. 24, p. 9981-9985, Dec. 1989.
- HAN, S. S.; RA, D. S.; NELSON, R. Comparison of RFLP-based phylogenetic trees and pathotypes of *Pyricularia oryzae* in Korea. **Journal of Agricultural Science**, Tokyo, v. 35, n. 1, p. 315-323, June 1993.
- HASHIOKA, Y. **Studies on the mechanism of prevalence of the rice blast disease in the tropics**. Taiwan: Agriculture Research Institute, 1950. 237 p. (Technical Bulletin, 8).
- HEBERT, T. T. The perfect stage of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 61, n. 1, p. 83-87, Jan. 1971.
- HIRAMATH, P. C.; HEGDE, R. A. Saprophytic activity of *Drechslera oryzae* in soil. **Journal of Soil Biology and Ecology**, Bangalore, v. 5, n. 1, p. 1-6, 1985.
- HOWARD, R. J. Cell biology of pathogenesis. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 3-22.
- HUBER, D. M. Disturbed mineral nutrition. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **An advanced treatise**. New York: Academic Press, 1978. v. 3, p. 163-181.
- IGARASHI, S. Análise da ocorrência de brusone do trigo no Paraná. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 15., 1988, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1988. 19 p.
- INOVE, S. Trends in the chemical control of rice disease in Japan. **Pesticide Outlook**, Cambridge, v. 1, p. 31-37, 1990.
- KAHN, R. P.; LIBBY, J. L. The effect of environmental factors and plant age on the infection of rice by the blast fungus, *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 48, n. 1, p. 25-30, Jan. 1958.
- KATO, H. Epidemiology of rice blast disease. **Review of Plant Protection**, London, v. 7, p. 1-20, 1974.
- KATO, H.; YAMAGUCHI, T. Host ranges and interrelations of *Pyricularia* species from various cereals and grasses. **Proceedings Kanton Tosan Plant Protection Society**, v. 27, p. 5-14, 1980.
- KATO, H.; YAMAGUCHI, T. The perfect state of *Pyricularia oryzae* cav. From rice plants in culture. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 48, n. 5, p. 607-612, Dec. 1982.
- KATO, H.; MAYAMA, S.; SEKINE, R.; KANZAWA, E.; IZUTANI, Y.; URASHIMA, A. S.; KUNOH, H. Microconidium formation in *Magnaporthe grisea*. **Annals of Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 60, p. 177-185, 1994.
- KATO, H.; YAMAGUCHI, T.; NISHIHARA, N. Seed transmission, pathogenicity and control of ragi blast fungus and susceptibility of ragi to *Pyricularia* spp. from grasses, cereal and mioga. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 43, p. 392-401, 1977.



KAWAMURA, E.; ONO, K. Studies on the relation between the preinfection behavior of the rice blast fungus, *Pyricularia oryzae*, and water droplets on rice plant leaves. **Bulletin of the National Agriculture Experiment Station**, v. 4, p. 1-12, 1948.

KEMPF, D. Controle de moléstias. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 37, n. 347, p.28-32, dez. 1983.

KIM, C. K. Blast management in high input, high yield potential, temperate rice ecosystems. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 451-464.

KINGSOLVER, C. H.; BARKSDALE, T. H.; MARCHETTI, M. A. **Rice blast epidemiology**. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 1984. 33 p. (Bulletin, 853).

KIYOSAWA, S. Gene analysis for blast resistance. **Oryza**, Cuttack, v. 18, p. 196-203, 1981.

KIYOSAWA, S. Genetics of blast resistance. In: IRRI. **Rice breeding**. Los Baños, 1972. p. 203-225.

KIYOSAWA, S. Inheritance of blast-resistance in West Pakistani rice variety "Pusur". Japanese Journal of Breeding, Tokyo, v. 19, p. 121-128, 1969. Apud: **Plant Breeding Abstracts**, Farnham Royal, v. 40, n. 2, p. 401, Feb. 1970.

KOH, Y. J.; HWANG, B. K.; CHUNG, H. S. Adult plant resistance of rice to leaf blast. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, n. 2, p. 232-236, Feb. 1987.

KOZAKA, T. Control of rice blast by cultivation practices in Japan. In: THE RICE blast disease. Baltimore: John Hopkins, 1965. p. 421-428.

KUMAR, J.; NELSON, R. J.; ZEIGLER, R. S. Population structure and dynamics of *Magnaporthe grisea* in the Indian Himalayas. **Genetics**, Bethesda, v. 152, n. 3, p. 971-984, Jul. 1999.

LAMEY, H. A. *Pyricularia oryzae* on rice seed in the United States. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 54, n. 11, p. 931-935, Nov. 1970.

LARKIN, P. J. SCOWCROFT, W. R. Somaclonal variation a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 60, n. 4, n. p. 197-214, Oct. 1981.

LATTERELL, F. M.; ROSSI, A. E. Longevity and pathogenic stability of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 76, n. 2, p. 231-235, Feb. 1986.

LEE, F. N. Rice breeding programs, blast epidemics and blast management in the United States. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 489-500.

LEE, Y. H.; DEAN, R. A. Camp regulates infection structure formation in the plant pathogenic fungus *Magnaporthe grisea*. **The Plant Cell**, Berlin, v. 5, n. 6, p. 693-700, Jun. 1993.

LEUNG, H.; BORROMEO, E. S.; BERNARDO, M. A.; NOTTENGHEN, J. L. Genetic analysis of virulence in the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 78, n. 9, p. 1227-1233, Sept. 1988.

LEVY, M.; CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S.; XU, S.; HAMER, J. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 12, p. 1427-1433, Dec. 1993.



- LEVY, M.; ROMÃO, J.; MARCHETTI, M. A.; HAMER, J. E. DNA fingerprinting with a dispersed repeated sequence resolves pathotype diversity in the rice blast fungus. **Plant Cell**, Baltimore, v. 3, n. 1, p. 95-102, Jan. 1991.
- LING, K. C.; OU, S. H. Standardization of the international race numbers of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 59, n. 3, p. 339-342, Mar. 1969.
- MACKILL, D. J.; BONMAN, J. M. Inheritance of blast resistance in near-isogenic lines of rice. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 7, p. 746-749, July 1992.
- MACKILL, A. O.; BONMAN, J. M. New hosts of *Pyricularia oryzae*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 70, n. 2, p. 125-127, Feb. 1986.
- MACKILL, D.J.; BONMAN, J.M.; SUH, H.S.; SRILINGAM, R. Genes for resistance to Philippine isolates of the rice blast pathogen. **Rice Genetic Newsletter**, Manila, v. 2, p. 80-81, Dec. 1985.
- MALIK, S. A.; KHAN, M. A. Parasitic fungi on the north-west frontier province. **Indian Journal of Agricultural Science**, Jodhpur, v. 13, p. 522-527, 1943.
- MARCHETTI, M. A.; RUSH, M. C.; HUNTER, W. C. Current status of rice blast in Southern United States. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 60, n. 9, p. 721-725, Sept. 1976.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 649 p.
- McCOUCH, S. R.; NELSON, R. J.; TOHME, J.; ZEIGLER, R. S. Mapping of blast resistance genes in rice. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 167-186.
- MEKWATANAKARAN, P.; KOSITRATANA, W.; LEVY, M.; ZEIGLER, R. S. Pathotype and avirulence gene diversity of *Pyricularia grisea* in Thailand as determined by rice lines near-isogenic for major resistance genes. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 1, p. 60-70, Jan. 2000.
- MEW, T. W.; MISRA, J. K. **A manual of rice seed health testing**. Manila: IRRI, 1994. 113 p.
- MIURA, L. Controle da brusone através do uso de fungicidas na água de irrigação em uma única aplicação. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 197-198.
- MIURA, L.; MOREL, D. A.; NOLDIN, J. A. **Brusone na cultura do arroz irrigado**. Itajaí: EMPASC, 1989. 9 p. (EMBRAPA. PNP de Arroz. Projeto 001.88.024/04). Relatório final.
- MORAES, M. G.; CORREA, A. S.; SCHEUERMANN, K. K. Alterações genéticas e de virulência de isolados de *Magnaporthe grisea* provenientes de Santa Catarina que apresentam compatibilidade vegetativa. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. s138-139, ago. 2002. Suplemento. Edição de Resumos do XXXV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Recife, ago. 2002.
- NELSON, R. R. Evolution of sexuality and pathogenicity. I. Interspecific crosses in the genus *Helminthosporium*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 50, n. 5, p. p.375-377, May 1960.
- NELSON, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, p. 359-378, 1978.



NELSON, R. R.; KLINE, D. M. Evolution of sexuality and pathogenicity. IV. Effects of geographic origin and host association on the pathogenicity of isolates of *Helminthosporium* with similar conidial morphology. **Phytopathology**, St. Paul, v. 54, n. 10, p.1207-1209, Oct. 1964.

NELSON, R. R.; KLINE, D. M. The pathogenicity of certain species of *Helminthosporium* to species of the gramineae. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 45, n. 8, p. 644-648, Aug. 1961.

NOTTEGHEM, J. L.; ANDRIATOMPO, G. M. Mesure au champ de la resistance horizontale du riz a *Pyricularia oryzae*. **L' Agronomie Tropicale**, Paris, v. 32, n. 4, p. 400-412, oct./déc. 1977.

NOTTEGHEM, J. L.; SILUÉ, D. Distribution of the mating types alleles in *Magnaporthe grisea* populations pathogenic on rice. **Phytopathology**, St. Paul, v. 82, n. 4, p. 421-424, Apr. 1992.

OKA, H. I.; LIN, K. I. Genetic analysis of resistance to the blast disease in rice (by biometrical genetic control). **Japanese Journal of Genetics**, Yata, v. 32, p. 20-27, 1957.

OU, S. H. **Rice disease**. 2. ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1985. 380 p.

OU, S. H.; AYAD, M. R. Pathogenic races of *Pyricularia oryzae* originating from single lesions and monoconidial cultures. **Phytopathology**, St. Paul, v. 58, n. 2, p. 179-182, Feb. 1968.

OU, S. H.; NUQUE, F. L. The relation between leaf and neck resistance to the rice blast disease. **International Rice Commission Newsletter**, Lanham, v. 12, n. 4, p. 30-35, 1963.

PARK, S. Y.; MILGROOM, M. G.; HAN, S. S.; KANG, S.; LEE, Y. H. Diversity of pathotypes and DNA fingerprint haplotypes in populations of *Magnaporthe grisea* in Korea over two decades. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, n. 11, p. 1378-1385, Nov. 2003.

PARLEVLIT, J. E.; KUIPER, H. J. Accumulating polygenes for partial resistance in barley leaf rust, *Puccinia hordei*. I. Selection for increased latent period. **Euphytica**, Wagenigen, v. 34, n. 1, p. 7-13, 1985.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Ocorrência da brusone (*Pyricularia oryzae*) em lavouras comerciais de trigo (*Triticum aestivum*) no Estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 2, p. 126, jul. 1989. Ref. 084. Edição de Resumos do XXII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Recife, jul. 1989.

PLANK, J. E. van der. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. 349 p.

PRABHU, A. S. Controle das principais doenças de arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 58-63, 1989.

PRABHU, A. S. Epidemiologia e controle das principais doenças. In: CURSO SOBRE MANEJO DE ÁREAS DE VÁRZEA NO MATO GROSSO DO SUL, 1., 1992, Dourados. **Anais...** Dourados: EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1992. 14 p. (EMBRAPA-UEPAE Dourados. Documentos, 56).



PRABHU, A. S. Manejo da cultura do arroz de terras altas: brusone. In: FERREIRA, M. E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Cultura do arroz de terras altas**: fatores afetando a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1983. p. 303-321.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P. Avaliação de resistência horizontal à brusone em cultivares de arroz. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 34-39, mar. 1991.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P. Avaliação de germoplasma de arroz para resistência a *Gerlachia oryzae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p.1093-1100, 1990.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P. Glume blight of rice in Brazil: etiology, varietal reaction and loss estimates. **Tropical Pest Management**, London, v. 34, n. 1, p. 85-88, Jan./Mar. 1988.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P. Reações de diversos gêneros e espécies de gramíneas à infecção por *Rhynchosporium oryzae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 5, p. 703-708, maio 1982.

PRABHU, A. S.; FERREIRA, R. de P. Avaliação e seleção no melhoramento de arroz visando resistência à brusone e mancha parda. In: REUNIÓN SOBRE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN EL CONO SUR, 1989, Goiânia. **Mejoramiento de arroz**. Montevideo: IICA, 1991. p. 75-85. (PROCISUR. Diálogo, 33).

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Ocorrência do mal-do-pé causado por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, uma nova enfermidade em arroz no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 4, p. 417-419, jul./ago. 2002.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Age mediated resistance and fungicide application for leaf blast control for upland rice. **International Journal of Pest Management**, Hampshire, v. 41, n. 1, p. 8-13, Jan./Mar. 1995.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Seed treatment with pyroquilon for the control of leaf blast in Brazilian upland rice. **International Journal of Pest Management**, Hampshire, v. 39, n. 3, p. 347-353, July/Sept. 1993.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. As raças fisiológicas de *Pyricularia oryzae* virulentas nas cultivares melhoradas de arroz de sequeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 2, p. 140, jul. 1989. Ref. 168. Edição de Resumos do XXII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Recife, jul. 1989.

PRABHU, A. S.; MORAIS, O. P. Blast disease management in upland rice in Brazil. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta, Indonesia. **Progress in upland rice research**: proceedings. Manila: IRRI, 1986. p. 382-394.

PRABHU, A. S.; SANTOS, A. B. Four fungicides for control of grain infection caused by *Helminthosporium oryzae*. **International Rice Research Newsletter**, Los Baños, v. 13, n. 2, p. 19-20, Apr. 1988.

PRABHU, A. S.; VIEIRA, N. R. de A. **Sementes de arroz infectadas por *Dreschlera oryzae***: germinação, transmissão e controle. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 39 p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim de Pesquisa, 7).

PRABHU, A. S.; ARAUJO, L. G.; SILVA, G. B. Virulence and molecular characterization of *Magnaporthe grisea* isolates from two upland rice cultivars in Brazil. **Phytopathology**, St. Paul, v. 95, p. S84, 2005. Resumo.



- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Cultivar response to fungicide application in relation to rice blast control, productivity and sustainability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 1, p. 11-17, jan. 2003.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; SILVA, G. B.; SANTOS, G. R. Resistência de cultivares de arroz a *Rhizoctonia solani* e *Rhizoctonia oryzae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 5, p. 589-595, maio 2002.
- PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon from rice disease control perspective in Brazil. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Org.). **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. v. 8, p. 293-311.
- PRABHU, A. S.; BARBOSA FILHO, M. P.; FILIPPI, M. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Relationship between potassium fertilization and panicle blast severity in upland rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1729-1732, set. 1999.
- PRABHU, A. S.; SOAVE, J.; ZIMMERMAN, F. J. P.; FILIPPI, M. C.; SOUZA, N. R. G.; CURVO, R. C. V.; SOBRAL, C. A. M.; LOPES, A. M.; FERREIRA, M. P.; KOBAYASHI, T.; GALVÃO, E. U. P. Genetic variability for disease resistance in brazilian upland rice native germplasm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 6, p. 413-424, jun. 1996.
- PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P.; FILIPPI, M. C. **Principais doenças do arroz no Brasil**. 3. ed. rev. atual. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 43 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 2).
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; CASTRO, N. Pathogenic variation among isolates of *Pyricularia oryzae* affecting rice, wheat and grasses in Brazil. **Tropical Pest Management**, London, v. 38, n. 4, p. 367-371, Oct./Dec. 1992.
- PRABHU, A. S.; TEIXEIRA, S. M.; ZIMMERMANN, F. J. P. Eficiência e economicidade no controle da brusone com uma aplicação de fungicida em arroz de sequeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 3, p. 214-220, set. 1990.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Comparative yield loss estimates due to blast in some upland rice cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 3/4, p. 227-232, out./dez. 1989.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; CARVALHO, J. R. P. Efeito da brusone sobre a matéria seca, produção de grãos e seus componentes, em arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 5, p. 495-500, maio 1986.
- PRABHU, A. S.; FARIA, J. C.; CONTO, A. J.; CARVALHO, J. R. P. Resposta do arroz de sequeiro à aplicação de fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 12, p. 1333-1340, dez. 1983.
- PRABHU, A. S.; LOPES, A. M.; ZIMMERMANN, F. J. P. Infecção de folha e de grão de arroz por *Helminthosporium oryzae* e seus efeitos sobre os componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, p. 183-189, 1980.
- PRESTES, A. M. Acerca do 'mal do pé do trigo' (*Ophiobolus graminis*) no Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, Fortaleza, v. 5, p. 169-170, jan. 1972.



- REDDY, A.P.K.; BASTAWASI, O.A. Survival of the rice blast pathogen in the Nile Delta of Egypt. **Phytopatology**, St. Paul, v. 79, n. 10, p.1217, Oct. 1989. Ref. 651. Edição de Resumos do Annual Meeting of the American Phytopathological Society, Richmond, Virginia, Ago. 1989.
- REIS, E. M.; COOK, R. J.; MCNEAL, B. L. Elevated pH and reduced nutrient availability as factors contributing to take-all of wheat upon soil liming. **Phytopatology**, St. Paul, v. 73, n. 3, p. 411-413, Mar. 1983.
- REIS, E. M.; COOK, R. J.; MCNEAL, B. L. Effect of mineral nutrition on take-all of wheat. **Phytopatology**, St. Paul, v. 72, n. 2, p. 224-229, Feb. 1982.
- RIBEIRO, A. S. **Doenças de arroz irrigado**. 2. ed. Pelotas: EMBRAPA-UEPAE Pelotas, 1984. 56 p. (EMBRAPA-UEPAE Pelotas. Circular Técnica, 19).
- RIBEIRO, A. S. Compatibilidade do arroz com *Pyricularia* de outras gramíneas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 2, p. 209-212, mar. 1981a.
- RIBEIRO, A. S. Resistência do arroz sob nível decrescente de inóculo de *Pyricularia oryzae* cav. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n. 3, p. 323-332, out. 1981b.
- RIBEIRO, A. S. Fungos encontrados em sementes de arroz no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 5, n. 1, p. 59-65, fev. 1980.
- RIBEIRO, A. S. Resistência do arroz sob nível decrescente de inóculo de *Pyricularia oryzae* cav. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n. 3, p. 323-332, out. 1981.
- ROBINSON, R. A. **Plant pathosystems**. Berlin: Springer Verlag, 1976. 184 p.
- RODRIGUES, F. A.; VALE, F. X. R.; KORNDÖRFER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; OLIVEIRA, A. M. A.; ZAMBOLIM, L. Influence of silicon on sheath blight of rice in Brazil. **Crop Protection**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 23-29, Feb. 2003.
- ROSSMAN, A. Y.; HOWARD, R. J.; VALENT, B. *Pyricularia grisea*, the correct name for the rice blast disease fungus. **Mycologia**, New York, v. 82, n. 4, p. 509-512, Jul./Aug. 1990.
- ROUMEN, E.; LEVY, M.; NOTTEGHEM, J. L. Characterisation of the European pathogen population of *Magnaporthe grisea* by DNA fingerprinting and pathotype analysis. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 103, n. 4, p. 363-371, May 1997.
- ROUMEN, E. C.; BONMAN, J. M.; PARLEVLIT, J. E. Leaf age related partial resistance to *Pyricularia oryzae* in tropical lowland rice cultivars as measured by the number of sporulating lesions. **Phytopatology**, St. Paul, v. 82, n. 12, p. 1414-1417, Dec. 1992.
- ROW, K. V. S. R. K.; AIST, J. R.; CRILL, J. P. Mitosis in the rice blast fungus and its possible implications for pathogenic variability. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 63, n. 6, p. 1129-1134, June 1985.
- SAH, D. N.; RUSH, M. C. Physiological races of *Cercospora oryzae* in the southern United States. **Plant Disease**, St. Paul, v. 72, n. 3, p. 262-264, Mar. 1988.





SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S.; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; FONSECA, J. R.; BARRIGOSI, J. A. F.; SILVA, J. G. da; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K.; RANGEL, P. H. N.; RABELO, R. R.; SILVA, S. C. da; COBUCCI, T.; CUTRIM, V. dos A. **Arroz irrigado: recomendações técnicas para Estado do Tocantins**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 57).

SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S.; AQUINO, A. R. L. de; CARVALHO, J. R. P. de. Épocas, modos de aplicação e níveis de nitrogênio sobre brusone e produtividade de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 7, p. 697-707, jul. 1986.

SCHEUERMANN, K. K. **Análise da variabilidade de *Magnaporthe grisea* no Estado de Santa Catarina**. 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SEEBOLD, K. W.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; KUCHAREK, T. A. ; SNYDER, G. H. Effects of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast in upland rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 3, p. 253-258, Mar. 2004.

SHERF, A. F.; PAGE, R. M.; TULLIS, E. C.; MORGAN, T. L. Studies on factors affecting the infectivity of *Helminthosporium oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 37, n. 5, p. 281-290, May 1947.

SHOEMAKER, R. A. Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolares*, grass parasites from *Helminthosporium*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 37, p. 879-887, 1959.

SHULL, V.; HAMER, J. E. Genomic structure and variability in *Pyricularia grisea*. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 65-86.

SILVA, M. C. C. de F. e. **Estudo da herança da resistência do arroz (*Oryza sativa*) a *Pyricularia oryzae***. 1993. 74 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SILVA, G. B.; PRABHU, A. S. Severidade da brusone nas panículas em relação à época de adubação de cobertura de nitrogênio e potássio em arroz de terras altas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. s389, ago. 2003. Suplemento. Edição de Resumos do XXXVI Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Uberlândia, ago. 2003.

SINGH, S. A.; GUPTA, P. K. S. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.: a new host for *Rhynchosporium oryzae* Hashioka and Yokogi. **International Rice Research Newsletter**, Los Baños, v. 5, n. 5, p. 17, Oct. 1980.

SIVARAJ, R.; GNANAMANICKAM, S. S.; LEVY, M. Lineage-exclusion tests for blast resistance in Southern India. In: THARREAU, D.; LEBRUN, M. H.; TALBOT, N. J.; NOTTEGHEM, J. L. (Ed.). **Advances in rice blast research**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 154-161.

SMITH JR, R. J.; TEMPLETON, G. E. Response of rice to phenoxy herbicides and incidence of brown leaf spot. **Arkansas Farm Research**, Stuttgart, v. 17, n. 3, p. 4, 1968.

SOAVE, J.; FURLANI, P. R.; AZZINI, L. E. Relação entre o estado nutricional do arroz (*Oryza sativa* L.) e a suscetibilidade à *Pyricularia oryzae* Cav., agente causal da brusone. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 3, n. 2, p. 117-123, abr./jun. 1977.



- SOAVE, J.; PIZZINATTO, M. A.; USBERTI JUNIOR, J. A.; CAMARGO, O. B. A.; VILLELA, O. V. Selection of rice pathogen using seed health testing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 4, p. 449-453, abr. 1984.
- SOUZA, N. R. G.; RIBEIRO, A. S.; GALLI, J. Variabilidade do fungo *Helminthosporium oryzae*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 11, p. 1335-1343, nov. 1984.
- SOUZA, N. R. G.; CURVO, R. V. C.; PRABHU, A. S.; BARROS, L. G. de. Ocorrência e severidade de doenças do arroz de sequeiro no Estado do Mato Grosso. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. p. 483-509. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 25).
- SOUZA, N. S. de; ZAMBOLIM, L. Resistência varietal do arroz (*Oryza sativa*) à queima das glumelas (*Phoma sorghina*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 50-52, abr. 1987.
- SOUZA, N. S. de; BARROS, L. G. de; PRABHU, A. S. **Incidência da mancha de grãos em relação à época de plantio e aplicação de fungicidas**. Cuiabá: EMPAER-MT, 1993. 20 p. (EMPAER-MT. Boletim de Pesquisa, 4).
- SRIDHAR, R. A new collateral host of *Cercospora oryzae*. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 54, n. 3, p. 272, Mar. 1970.
- SRIDHAR, R.; OU, S.H. Biochemical changes associated with the development of resistant and susceptible type of rice blast lesions. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 79, p. 222-230, 1974.
- STANDARD Evaluation system for rice. 3.ed. Los Baños: IRRI, 1988. 54 p.
- SUNDARAM, N. V.; PALMER, L. T.; NAGARAJAN, K.; PRESCOTT, J. M. Disease survey of sorghum and millet in India. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 56, n. 9, p. 740-743, Sept. 1972.
- SWAIN, N. C.; BEHERA, B.; NARAIN, A.; CHHOTRAY, P. K. Evaluating fungicides to control rice leaf scald (Lsc) in the field. **International Rice Research Newsletter**, Los Baños, v. 15, n. 1, p. 28, Feb. 1990.
- TALBOT, N. J.; SALCH, Y. P.; MARGERY, M. A.; HAMMER, J. E. Karyotypic variations within clonal lineages of the rice blast fungus, *Magnaporthe grisea*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 59, n. 2, p. 585-593, Feb. 1993.
- TANAKA, S. M. A.; SOUZA, A. F. Misturas de fungicidas para o controle da brusone do arroz de sequeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n. 2, p. 245-249, jun. 1981.
- TANAKA, Y. Gene analysis for major resistance genes to rice blast in some Brazilian upland varieties. In: INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2., 1985, Jakarta, Indonesia. **Progress in upland rice research: proceedings**. Manila: IRRI, 1986. p. 295-304.
- TENG, P. S. The epidemiological basis for blast management. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 409-433.
- TENG, P. S.; KLEIN-GEFFINCK, H.; PINNSCHMIDT, H. An analysis of the blast pathosystem to guide modeling and forecasting. In: IRRI. **Rice blast modeling and forecasting**. Los Baños, 1991. p. 1-30.



THOMAS, M. D.; RAYMUNDO, S. A. Response of two rice varieties to *Rhynchosporium oryzae* infection. **International Rice Research Newsletter**, Los Baños, v. 8, n. 4, p. 11-12, Aug. 1983.

THURSTON, H. D. Plant disease management practices of traditional farmers. **Plant Disease**, St. Paul, v. 74, n. 2, p. 96-102, Feb. 1990.

URASHIMA, A. S.; IGARASHI, S.; KATO, H. Host range, mating type and fertility of *Pyricularia grisea* from wheat in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 12, p. 1211-1216, Dec. 1993.

VALENT, B. Rice blast as a model system for plant pathology. **Phytopathology**, St. Paul, v. 80, n. 1, p. 33-36, Jan. 1990.

VALENT, B.; CHUMLEY, F. G. Molecular genetic analysis of the rice blast fungus *Magnaporthea grisea*. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 29, p. 443-467, 1991.

VALENT, B.; FARRELL, L.; CHUMLEY, F. G. *Magnaporthea grisea* genes for pathogenicity and virulence identified through a series of backcrosses. **Genetics**, Bethesda, v. 127, n. 1, p. 87-101, Jan. 1991.

VILLAREAL, R. L.; MACKENZIE, D. R.; NELSON, R. R.; COFFMAN, W. R. Apparent infection rates of *Pyricularia oryzae* on different rice cultivars. **Phytopathology**, St. Paul, v. 70, n. 12, p. 1224-1226, Dec. 1980.

VOLK, R. J.; KAHN, R. P.; WEINTRAUB, R. L. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 48, n. 4, p. 179-184, Apr. 1958.

WALKER, J. Take-all diseases of gramineae: a review of recent work. **Review of Plant Pathology**, Slough, v. 54, n. 3, p. 113-144, Mar. 1975.

WATANABE, Y.; HORINO, O.; FUJII, H.; EZUCA, A. Ecological studies on panicle blight of rice plant caused by *Cochiobolus miyabeanus*. **Bulletin Jakai-kinki National Agriculture Experiment Station**, Japan, v. 29, p. 80-105, 1976.

WEBSTER, R. K.; GUNELL, P. S. **Compendium of rice disease**. Minnesota: APS Press, 1992. 62 p.

WU, B. C.; LATTERELL, F. M. Pathogenic variation in single-conidial isolates of *Pyricularia oryzae*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 76, n. 10, p. 1093, Oct. 1986. Ref. 287. Resumo.

XIA, J. Q.; CORRELL, J. C.; LEE, F. N.; ROSS, W. J.; RHOADS, D. D. Regional population diversity of *Pyricularia grisea* in Arkansas and the influence of host selection. **Plant Disease**, St. Paul, v. 84, n. 8, p. 877-884, Aug. 2000.

XIA, J. Q.; CORRELL, J. C.; LEE, F. N.; MARCHETTI, M. A.; RHOADS, D. D. DNA fingerprinting to examine microgeographic variation in the *Magnaporthea grisea* (*Pyricularia grisea*) population in two rice fields in Arkansas. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 10, p. 1029-1035, Oct. 1993.

XIE, Q. J.; RUSH, M. C.; CAO, J. Somaclonal variation for disease resistance in rice (*Oryza sativa* L.). In: GRAYSON, B. T.; GREEN, M. B.; COPPING, L. G. (Ed.). **Pest management on rice**. London: Elsevier, 1990. p. 491-509.

YAEGASHI, H.; ASAGA, K. Further studies on the pathogenicity in crosses of *Pyricularia oryzae* with *Pyricularia* spp. from finger millet. **Annals of the Phytopathological Society of Japan**, Tokyo, v. 47, p. 677-679, 1981.



YEH, W. H.; BONMAN, M. J. Assessment of partial resistance to *Pyricularia oryzae* in size rice cultivars. **Plant Pathology**, London, v. 35, n. 3, p. 319-323, Sept. 1986.

YORINORI, J. T.; THURSTON, H. D. Factors which may express general resistance in rice to *Pyricularia oryzae* Cav. In: CIAT. **Horizontal resistance to the blast disease of rice**. Cali, 1975. p. 117-136.

YU, H. Z.; MACKILL, D. J.; BONMAN, J. M. Inheritance of resistance to blast in some traditional and improved rice cultivars. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, n. 2, p. 323-326, Feb. 1987.

ZADOKS, J.C. Modern concepts of disease resistance in cereals. In: THE WAY AHEAD IN PLANT BREEDING CONGRESS, 6., 1971, Cambridge. **Proceedings...** Cambridge: Cambridge Press, 1972. p. 88-89.

ZEIGLER, R. S. Recombination in *Magnaporthe grisea*. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, p. 249-276, 1998.

ZEIGLER, R. S.; ALVAREZ, E. Bacterial sheath brown rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in Latin America. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 7, p. 592-597, July 1987.

ZEIGLER, R. S.; ALVAREZ, E. Characteristics of *Pseudomonas* spp. causing grain discoloration and sheath rot of rice, and associated *pseudomonas epiphytes*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 74, n. 11, p. 917-922, Nov. 1990.

ZEIGLER, R. S.; CUOC, L. X.; SCOTT, R. P.; BERNARDO, M. A.; CHEN, D. H.; VALENT, B.; NELSON, R. J. The relationship between lineage and virulence in *Pyricularia grisea* in the Philippines. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 4, p. 443-451, Apr. 1995.

ZEIGLER, R. S.; TOHME, J.; NELSON, R.; LEVY, M.; CORREA-VICTORIA, F. J. Linhagem exclusion: a proposal for linking blast population analysis to resistance breeding. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 267-292.





# Plantas Daninhas e seu Manejo

Tarcísio Cobucci; José Alberto Noldin

**RESUMO** - As plantas daninhas, por meio da competição por água, luz e nutrientes e de ações indiretas como hospedeira de doenças e pragas e interações alelopáticas, podem ocasionar perdas significativas na produtividade do arroz. O seu manejo tem como objetivo diminuir essas perdas, propiciar melhores condições de colheita e prevenir o aumento de infestações nas áreas cultivadas. O controle preventivo consiste no uso de práticas que visam prevenir a introdução, estabelecimento e/ou disseminação de determinadas espécies em áreas ainda não infestadas. O controle cultural consiste no uso de práticas agrícolas que proporcionam competitividade da cultura com as plantas daninhas. O controle mecânico consiste no uso de práticas de eliminação de plantas daninhas por efeito físico-mecânico. O controle químico, pelo emprego de herbicidas, tem sido um dos métodos mais utilizados, devido sua praticidade e à grande eficiência.

## INTRODUÇÃO

Dentre os vários fatores limitantes da produtividade do arroz, destaca-se como um dos principais, aquele representado pelas plantas daninhas. Por meio da competição por água, luz e nutrientes minerais, de ações indiretas como hospedeira de pragas e doenças e, muitas vezes, de ações alelopáticas, as plantas daninhas ocasionam perdas significativas na produtividade do arroz. Os efeitos negativos sobre a produtividade são diversos, pois dependem de vários fatores como a cultivar de arroz, fertilidade do solo e adubação, como também de aspectos fitotécnicos, ou seja espaçamento e densidade de semeadura, e principalmente da população e espécie daninha. Kwon et al. (1991) verificaram que o aumento de uma planta de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) por m<sup>2</sup> corresponde a uma perda de 178 e 272 kg ha<sup>-1</sup> nas cultivares Newbonnet e Lemont, respectivamente. Segundo McGregor et al. (1988), a produtividade de arroz diminui em uma taxa de 18 kg ha<sup>-1</sup> para cada aumento de uma planta de *Brachiaria platyphylla* por m<sup>2</sup>. Na Tabela 16.1 são apresentados outros exemplos que evidenciam decréscimos na produtividade do arroz devido à competição com plantas daninhas em função da espécie e populações das espécies.



**Tabela 16.1.** Redução na produtividade do arroz de sequeiro e irrigado, em relação à testemunha capinada, em função da espécie e população de plantas daninhas.

Planta daninha	População de plantas daninhas (plantas m <sup>-2</sup> )	Redução (%)	Fonte
<i>Echinochloa crusgalli</i>	10	18	Azmi et al. (1992)
<i>Echinochloa crusgalli</i>	19	50	Stauber et al. (1991)
Complexo de plantas	-	71	Shelke et al. (1985)
<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	5	22	Diarra et al. (1985)
<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	108	77	Diarra et al. (1985)
<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	215	82	Diarra et al. (1985)
<i>Echinochloa crusgalli</i>	20	75	Kruijf & Pons (1985)
<i>Fimbristylis littoralis</i>	1200	50	Kruijf & Pons (1985)
<i>Brachiaria platyphylla</i>	180	48	McGregor et al. (1988)
<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	5	40	Fischer & Ramirez (1993)
<i>Oryza sativa</i> (arroz-vermelho)	20	60	Fischer & Ramirez (1993)
<i>Paspalum acuminatum</i> e <i>Brachiaria plantaginea</i>	40 e 20	61	Melhorança et al. (1995)
<i>Echinochloa crusgalli</i> e <i>Fimbristylis diphilla</i>	45 e 120	40	Melhorança et al. (1995)
<i>Echinochloa crusgalli</i> e <i>Fimbristylis diphilla</i>	40 e 280	65	Constantin et al. (1995)
<i>Echinochloa crusgalli</i> , <i>Fimbristylis miliacea</i> e <i>Heteranthera reniformis</i>	97, 250 e 270	31	Noldin (1991)
<i>Echinochloa crusgalli</i>	370	80	Andrade (1982)
<i>Echinochloa crusgalli</i>	476	81	Noldin (1989)
<i>Echinochloa crusgalli</i>	456	94	Noldin (1989)
<i>Sagittaria montevidensis</i> e <i>Echinochloa</i> spp	33 e 114	23	Noldin (1989)
<i>Echinochloa</i> spp	438	25	Machado et al. (1989)
<i>Cyperus iria</i> e <i>Aeschynomene rudis</i>	52 e 12	23	Abud (1993)
<i>Echinochloa crusgalli</i>	25	54	Machado & Bizzi (1993)

O arroz é uma planta C<sub>3</sub> que apresenta baixo ponto de compensação luminoso e baixa eficiência de uso de água em comparação com plantas C<sub>4</sub> (Bouhache & Bayer, 1993). Essa característica é de grande importância para o controle de plantas daninhas, pois, na época de plantio, podem ocorrer altas temperaturas e alta luminosidade que favorecem o desenvolvimento de plantas C<sub>4</sub>. Além disso, o arroz é mais sensível à deficiência hídrica (veranico) que as plantas C<sub>4</sub>, tornando-se obrigatório iniciar o controle das plantas daninhas mais cedo, principalmente em áreas com alta infestação.

634



Vários autores têm estudado o período crítico de competição que é o período em que a cultura do arroz deve ser mantida livre da presença das plantas daninhas. Esse período depende principalmente da composição específica da comunidade infestante, cultivar de arroz, espaçamento e densidade de sementeira. De maneira geral, os valores encontrados se situam entre 15 a 45 dias e, na Tabela 16.2, estão especificados dados reportados por diversos autores. Do ponto de vista prático, esse é o período em que a cultura deve ser mantida livre de competição de plantas daninhas para não haver prejuízos na produtividade.

**Tabela 16.2.** Período crítico de competição de plantas daninhas na cultura do arroz.

Período crítico (dia)	Planta daninha	Fonte
15-30	<i>Echinochloa crusgalli</i>	Azmi et al. (1992)
21-42	<i>Paspalum distichum</i> e <i>Cyperus difformis</i>	Rahman (1992)
16-45	População mista gramíneas e folhas largas	Prusty et al. (1993)
15-30	População mista gramíneas e folhas largas	Shelke et al. (1985)
20-40	População mista gramíneas e folhas largas	Varshney (1985)
15-30	População mista gramíneas e folhas largas	Shelke et al. (1985)
15-45	População mista gramíneas e folhas largas	Singh & Ram (1982)

## PRINCIPAIS PLANTAS DANINHAS

Entre as espécies de plantas daninhas que ocorrem com mais frequência na cultura do arroz destacam-se as relacionadas na Tabela 16.3.

O capim-arroz, *E. crusgalli* e *E. colona*, está extensamente difundido nas áreas de arroz em todo mundo e classificado como as espécies daninhas número 3 e 4, respectivamente, entre as piores plantas daninhas em nível mundial (Holm et al., 1977). Por exigirem temperaturas relativamente altas para a germinação de suas sementes, são fundamentalmente importantes em cultivos tropicais, iniciando a germinação com a elevação da temperatura no início da primavera e verão (Xavier & Andrade, 1985).

Para o gênero *Cyperus*, predominam em solos úmidos as espécies *C. ferax*, *C. iria*, *C. difformis*, popularmente denominadas por junquinho, e *Fimbristylis miliacea*, denominado cuminho. Em lavouras de arroz irrigado, as ciperáceas são bastante competitivas na fase inicial da cultura, sendo a competitividade diminuída posteriormente, em especial se a cultivar de arroz for de ciclo longo, o que permite alguma recuperação. A reprodução dessas espécies é sexuada, diferentemente da espécie *C. rotundus* (tiririca), que se multiplica vegetativamente, a partir de turbéculos e bulbos subterrâneos. Em *C. rotundus*, há alguma reprodução por sementes, mas proporcionalmente pouco significativa, pois menos de 5% das sementes formadas são viáveis.

635







A capacidade de sobrevivência dessa espécie em condições adversas é enorme. Períodos longos de seca ou de inundação do terreno são suportados. A parte aérea das plantas é sensível a sombreamentos, podendo até ser eliminada com sombreamento prolongados. Da parte subterrânea, todavia, ocorre rebrotamento quando o sombreamento da superfície é interrompido. Além da sua grande capacidade competitiva, exerce efeito inibidor (alelopatia) sobre outras plantas.

**Tabela 16.3.** Principais plantas daninhas ocorrentes em lavouras de arroz irrigado, de terras altas, e várzeas úmidas no Brasil.

Nome científico	Nome comum	Sistema de cultivo		
		Irrigado	Terras altas	Várzeas
<i>Digitaria horizontalis</i>	Capim-colchão	X	X	X
<i>Echinochloa</i> spp.	Capim-arroz	X		
<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha		X	X
<i>Brachiaria plantaginea</i>	Capim-marmelada	X	X	X
<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim-carrapicho		X	X
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma-seda		X	X
<i>Oryza sativa</i>	Arroz-vermelho	X		X
<i>Pennisetum setosum</i>	Capim-custódio		X	
<i>Brachiaria decumbens</i>	Capim-braquiária		X	X
<i>Amaranthus</i> spp.	Caruru		X	X
<i>Commelina</i> spp.	Trapoeaba		X	X
<i>Acanthospermum australe</i>	Carrapicho-rasteiro		X	X
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho-de-carneiro		X	X
<i>Aeschynomene</i> spp.	Angiquinho	X		X
<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentrasito		X	X
<i>Emilia sonchifolia</i>	Falsa-serralha		X	X
<i>Fimbristylis miliacea</i>	Cuminho	X		
<i>Ipomoea</i> spp.	Corda-de-viola	X	X	X
<i>Heteranthera reniformis</i>	Aguapé	X		
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteiro		X	X
<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega		X	X
<i>Sagittaria montevidensis</i>	Sagitária	X		
<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia-branca		X	X
<i>Nicandra physaloides</i>	Joá-de-capote		X	X
<i>Ischaemum rugosum</i>	Capim-macho	X		
<i>Cyperus iria</i>	Junquinho	X		
<i>Cyperus ferax</i>	Junquinho	X		
<i>Cyperus difformis</i>	Junquinho	X		
<i>Cyperus esculentus</i>	Tiririca	X		
<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca		X	X
<i>Ludwigia longifolia</i>	Cruz-de-malta	X		X
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Cruz-de-malta	X		X
<i>Hymenachne anflexicanlis</i>	Capim-capivara	X		
<i>Brachiaria platyphylla</i>	Braquiária-do-brejo	X		

No sistema de cultivo de arroz com sementes pré-germinadas predominam espécies daninhas aquáticas, como a *Heteranthera reniformes*, *Sagittaria montevidensis*, e semi-aquáticas, como a *Ludwigia longifolia*, *L. octovalvis* e *Aeschynomene* spp.

As espécies do gênero *Commelina* e *Ipomoea*, além de serem altamente competitivas, dificultam a colheita mecânica e conferem altos teores de umidade aos grãos.

Dentre o gênero *Brachiaria*, destacam-se as espécies *B. decumbens* e *B. plantaginea*. O capim-braquiária, *B. decumbens*, é uma planta perene que se reproduz por semente e de forma vegetativa, a partir de rizomas e estolões. A germinação das sementes é muito irregular, pois muitas apresentam dormência, o que complica as medidas de controle, necessitando herbicidas de efeito residual longo. *B. plantaginea*, capim-marmelada, planta anual com reprodução sexuada, também é muito agressiva, com ocorrência em todo território nacional, principalmente na Região Sul, onde recebe o nome de papuã.

O gênero *Cenchrus* é constituído por 23 espécies, sendo a mais importante a *C. echinatus*, timbete, com maior ocorrência na região dos Cerrados. Essa espécie é altamente competitiva na cultura do arroz e, quando estabelecida, torna muito difícil os trabalhos manuais, inclusive colheita, pois os espinhos ferem os trabalhadores.

Dentre o gênero *Digitaria* destacam-se, no Brasil, as espécies *D. horinzontalis*, *D. insularis* e *D. sanguinalis*. A diferenciação das espécies em campo é bastante difícil, sendo popularmente chamadas de milhã ou capim-colchão, exceto *D. insularis*, que é o capim-amargoso.

O arroz-daninho, também conhecido como arroz-vermelho e arroz-preto, pertence a mesma espécie do arroz cultivado, *Oryza sativa*, e será abordado separadamente neste capítulo.

## MÉTODOS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

O controle de plantas daninhas consiste na adoção de certas práticas que resultam na redução da infestação, mas não necessariamente, na sua completa eliminação. Tem como objetivos evitar perdas de produção devido à competição, beneficiar as condições de colheita e evitar o aumento da infestação das plantas daninhas na área. A associação de métodos de controle deve ser utilizada sempre que possível, porém é conveniente que a estratégia de controle, melhor

637



método no momento oportuno, esteja adaptada às condições locais de infra-estrutura, disponibilidade de mão-de-obra e implementos e análise de custos.

### **Controle preventivo**

O controle preventivo consiste no uso de práticas que visam prevenir a introdução, o estabelecimento e/ou a disseminação de determinadas espécies em áreas ainda não infestadas. A legislação nacional estabelece limites para a presença de sementes de espécies daninhas toleradas e determina as proibidas nas sementes comerciais. Isso evita que se contaminem novas áreas mediante a utilização de sementes das espécies cultivadas com sementes de plantas daninhas, especialmente aquelas de difícil controle. Além de utilizar sementes livres de sementes e propágulos de plantas daninhas, outros cuidados são necessários, tais como: uso de estrume, palha ou compostos isentos de propágulos de plantas daninhas proibidas; limpeza completa dos equipamentos agrícolas antes de entrar na lavoura ou em talhões onde existam espécies-problema; e controle destas plantas daninhas próximo a canais de irrigação e margens de carreadores.

### **Controle cultural**

O controle cultural consiste no uso de práticas agrícolas que proporcionam maior competitividade da cultura com as plantas daninhas. Diversas são as práticas recomendadas para esta finalidade.

#### **Rotação de culturas**

A rotação de culturas, além de muitas outras utilidades, é praticada como meio de prevenir o surgimento de altas populações de certas espécies de plantas daninhas mais adaptada a determinada cultura ou ambiente. A monocultura por vários anos e a aplicação dos mesmos herbicidas ano após ano, na mesma área, favorecem o estabelecimento de espécies daninhas tolerantes ou resistentes aos herbicidas, que aumentam sua interferência sobre a cultura, refletindo negativamente na produção e qualidade do produto final. A escolha da cultura a ser incluída em uma rotação, quando o controle de plantas daninhas é o principal objetivo, deve recair sobre aquelas cujas características sejam bem contrastantes com o arroz. Em algumas áreas, a rotação com feijoeiro, milho, sorgo, trigo e forrageiras, associada ao uso de herbicidas, assume importante papel no controle do arroz-vermelho (Fischer, 1993).

638



## Cultivares

As cultivares de arroz de porte baixo são menos competitivas com as plantas daninhas na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Garrity et al. (1992), em experimentos de campo, avaliaram a capacidade de 25 cultivares de arroz de terras altas na supressão das plantas daninhas. Os autores concluíram que a altura de planta do arroz foi a característica mais importante e que a altura mínima de plantas no florescimento, para um adequado controle, foi de 1,0 m. O índice de área foliar teve menor importância, comparado com a altura de planta. Para Fischer & Ramirez (1993), a altura mínima de plantas de arroz irrigado aos 70 dias após a emergência, foi de 50 cm. Kwon et al. (1991) relataram que a interferência de arroz-vermelho na cultivar Lemont foi maior que na cultivar Newbonnet, pois, a primeira, apresentava menor porte, 92 cm, no florescimento, em comparação aos 113 cm na cultivar Newbonnet. Conclui-se que cultivares de arroz com maior estatura, desenvolvimento inicial rápido, grande capacidade de perfilhamento e de ciclo médio ou longo, são mais competitivas com as plantas daninhas do que cultivares de ciclo curto, porte baixo e pouco perfilhadoras (Diarra et al., 1984; Menezes et al., 1995). Estudos recentes (Fleck et al., 2003) foram conduzidos no Rio Grande do Sul para avaliar as características de oito cultivares de arroz irrigado associadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. Os resultados revelaram que, ao contrário dos trabalhos acima citados, cultivares de porte baixo (Ligeirinho e a cultivar híbrida XL6) foram mais competitivas que as de porte médio (Bluebelle e Formosa) resultado das elevadas velocidades de crescimento de área foliar, estatura e massa aérea no período de 15 a 60 dias após semeadura. Os dados sugerem que cultivares de arroz com desenvolvimento inicial rápido, grande capacidade de perfilhamento e que proporcionam maior cobertura de solo, são mais competitivas.

## Espaçamento entre linhas e densidade de semeadura

O emprego de menor espaçamento entre linhas e o aumento da densidade de semeadura são procedimentos importantes para que a cultura exerça maior competitividade com as plantas daninhas, pois influencia na precocidade e intensidade do sombreamento promovido pela cultura. Segundo Hardwood & Bantilan (1974), o efeito do sombreamento sobre as plantas daninhas depende muito da composição específica da comunidade infestante, pois, em geral, as

639



plantas daninhas apresentam grande variação em termos de suscetibilidade à restrição de luz. Fischer & Ramirez (1993), verificaram que o aumento da densidade de arroz, o qual resultou em alto número de colmos  $m^{-2}$ , dispensou o uso de herbicidas no controle de *Echinochloa* spp. mesmo a altas infestações da planta daninha ( $>100$  plantas  $m^{-2}$ ). No entanto, deve ser levado em consideração que o arroz de terras altas é bastante exigente em condições de umidade e as alterações de espaçamento entre linhas devem ser acompanhadas de correspondentes alterações nas densidades de semeadura, pois um grande incremento no número de indivíduos por unidade de área pode aumentar a suscetibilidade da cultura à deficiência hídrica, prejudicando os propósitos originais em termos de controle de plantas daninhas.

### Sistema de semeadura e manejo de água

O sistema de semeadura em solo inundado com sementes pré-germinadas consiste numa alternativa importante para o controle de plantas daninhas em arroz irrigado. Nesse sistema, utilizado há quase 100 anos em algumas áreas de Santa Catarina, a água já é introduzida nos quadros na fase de preparo de solo. Após a semeadura em lâmina de água o solo é mantido saturado. Essa condição de umidade elevada desfavorece a germinação das sementes de algumas espécies de plantas daninhas, especialmente gramíneas, pois para a germinação é requerido oxigênio, elemento pouco disponível na água. O arroz, semeado com sementes pré-germinadas, se estabelece bem em condições de solo saturado e até mesmo sob lâmina constante de água, dependendo da cultivar utilizada. Nesse sentido, a Estação Experimental de Itajaí, da Epagri, tem identificado e liberado no mercado cultivares como a Epagri 108, Epagri 109, SCS 112, SCSBRS Tio Taka e SCS 114 Andosan, as quais se estabelecem sob condições de inundação contínua. Em áreas bem niveladas, e, dependendo da época de aplicação dos herbicidas, a irrigação definitiva da lavoura deve ser iniciada 8-15 dias após a semeadura (Noldin et al., 2002c; Fleck et al., 2004).

O sistema de semeadura com sementes pré-germinadas e a manutenção de uma lâmina contínua de água na lavoura durante a maior parte do ciclo da cultura, limita o número e a população de algumas espécies daninhas. Por outro lado, a utilização do sistema de irrigação por inundação favorece a proliferação de espécies aquáticas, que em geral são menos competitivas e mais fáceis de serem controladas quimicamente.

640



O sistema de transplante, mecânico ou manual, de mudas de arroz também favorece o controle de plantas daninhas problemáticas como o arroz-vermelho e é especialmente recomendado quando se deseja obter um produto de alta qualidade, como a produção de sementes isentas de arroz-vermelho.

No sistema convencional, no período compreendido entre a semeadura e o início da irrigação definitiva, 10 - 30 dias após emergência, pode ocorrer a infestação por plantas daninhas que devem ser controladas. Estas, uma vez germinadas, desenvolvem-se sob água. A presença da lâmina de água especialmente após a aplicação de herbicidas sem efeito residual, previne a reinfestação da maioria das espécies daninhas.

### Controle mecânico

O controle mecânico consiste no uso de práticas de eliminação de plantas daninhas por efeito físico-mecânico, como a capina manual e o cultivo mecânico.

A capina manual somente é utilizada em pequenas lavouras. Em grandes áreas, o elevado custo e a escassez de mão-de-obra inviabilizam sua prática. A capina deve ser feita superficialmente, movimentando uma camada de 3 a 5 cm de solo, de forma a destruir as plantas daninhas recém emergidas e as que se encontram em germinação, mas sem trazer para a superfície as sementes das camadas mais profundas. A capina deve ser realizada, preferencialmente, em solo pouco úmido.

O cultivo mecânico é feito com cultivadores tipo “bico de pato”, tracionados por animais ou por trator. Uma das limitações desse método é a impossibilidade de atingir as plantas daninhas que crescem na linha de plantio, além de não ser eficiente em épocas chuvosas, devendo, portanto, ser realizado em condições de solo como pouca umidade. É conveniente fazer o controle quando as plantas daninhas ainda estão na fase jovem, pois, na fase adulta, além de dificultar a operação, a presença de um sistema radicular desenvolvido exige que o cultivo se faça a uma maior profundidade, resultando em maior movimentação de solo e com maiores danos à cultura.

Em arroz irrigado, devido ao sistema de semeadura a lanço utilizado em muitas áreas, pré-germinado e sistema misto, à utilização de irrigação por inundação, às altas infestações de plantas daninhas

641



e uso de menor espaçamento entre fileiras na semeadura em linhas, o controle mecânico é pouco viável, sendo empregado apenas em situações particulares. A antecipação do início do preparo do solo, com gradagens periódicas, constitui alternativa eficiente para controlar plantas daninhas emergidas no início da primavera e estimular a germinação das sementes no solo, reduzindo assim sua quantidade.

### Controle químico

O controle químico pelo emprego de herbicidas tem sido um dos métodos mais utilizados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz, principalmente no arroz irrigado, devido à maior praticidade e à grande eficiência. Esse método permite controlar plantas daninhas em épocas chuvosas, ou em áreas encharcadas, quando o controle mecânico e/ou manual são pouco exequíveis e, muitas vezes, ineficientes. Por tratar-se de um método que envolve o uso de produtos químicos, subentende-se a existência de conhecimentos mínimos, principalmente para atender a requisitos fundamentais como máxima eficiência com custo reduzido e mínimo de impacto ambiental. A viabilidade econômica da aplicação de herbicidas depende do nível tecnológico do produtor e da infestação das plantas daninhas. Fischer & Ramirez (1993) analisaram economicamente a aplicação de herbicidas no controle de *Echinochloa* spp. e concluíram que para produtores que obtêm produtividades da ordem de 5.600 kg ha<sup>-1</sup>, somente nas populações acima de 20 plantas daninhas m<sup>-2</sup> justifica-se o emprego de herbicidas pós-emergente. Para produtividades de 3.500 kg ha<sup>-1</sup>, a aplicação somente é econômica nas populações superiores a 30 plantas m<sup>-2</sup>. Por isto, para sistemas de cultivo com baixo nível tecnológico, que resultam em baixa produtividade, o uso de herbicidas muitas vezes não é vantajoso.

### Época e métodos de aplicação dos herbicidas

Os herbicidas registrados para uso nas culturas do arroz irrigado e de terras altas podem ser agrupados segundo a época e métodos de aplicação.

642

**a) Pré-semeadura:** são aplicações realizadas para implantação do sistema de plantio direto e/ou cultivo mínimo. Na pré-semeadura são eliminadas as plantas daninhas e/ou cobertura verde de inverno antes da semeadura do arroz. Essa é uma operação chave, pois substitui



as operações de preparo do solo, na eliminação de espécies daninhas, além da formação da cobertura morta. Essa fase é chamada de manejo ou de dessecação, quando são empregados herbicidas não seletivos de ação total.

b) **Pré-plantio incorporado (PPI):** o herbicida é aplicado antes do plantio e incorporado ao solo com grade de disco ou dentes. Esse método é utilizado na aplicação de herbicidas voláteis ou sensíveis à fotodecomposição. É um método pouco usado em arroz irrigado. Nas áreas de sequeiro pode ser feito no solo seco, podendo-se aguardar umidade ideal do solo para se fazer a semeadura.

c) **Pré-emergência:** a aplicação é feita logo após a semeadura e antes da emergência das plantas daninhas e do arroz. Nesse método, para um bom desempenho dos herbicidas, é importante que o solo esteja úmido ou que ocorram chuvas para a incorporação do herbicida na camada superficial do solo, de onde germinam a maioria das sementes de plantas daninhas.

d) **Pós-emergência:** a aplicação é feita após a emergência da cultura e das plantas daninhas. Os herbicidas usados em pós-emergência devem ser aplicados quando as plantas daninhas encontram-se no estágio inicial de desenvolvimento. Nessa fase, as plantas daninhas ainda não estão competindo com a cultura do arroz e são mais facilmente controladas.

e) **Pós-emergência após inundação (benzedura):** é um método utilizado em arroz irrigado e consiste na aplicação do herbicida sobre a lâmina de água, em pós-emergência. Essa aplicação pode ser feita por avião ou pelo método de benzedura. As aplicações aéreas, não devem ser tardias, quando as plantas daninhas estiverem com mais de 2 perfilhos, pois nesse estágio, a cultura e as plantas daninhas dificultam o contato do produto com a água.

#### Fatores que influenciam a eficiência dos herbicidas

a) **Solo** - para produtos usados em pré-emergência, as condições do solo representam um fator importante. O conhecimento do solo e dos teores de matéria orgânica e de argila são fundamentais para se prever o desempenho dos herbicidas. A matéria orgânica e as partículas de argila tendem a adsorver o herbicida e torná-lo menos disponível para absorção pelas plantas e menos móvel no solo. Esse processo é de alta relevância para a determinação da dose dos

643





herbicidas, que tende a ser maior quanto maior forem os teores de matéria orgânica e argila do solo.

b) **Umidade do solo** - o teor de umidade no solo afeta, principalmente, a eficiência dos herbicidas aplicados diretamente ao solo, em PPI ou pré-emergência.

Para os herbicidas que necessitam serem incorporados ao solo devido à maior volatilização e sensibilidade à luz, como no caso do molinate, no momento da aplicação o solo deve estar seco ou pouco úmido, pois com alto teor de água o produto terá menor adsorção, podendo voltar à superfície e ocorrer a perda por volatilização (Scoyoc & Ahlrichs, 1992).

Na aplicação em pré-emergência, a umidade adequada no solo é essencial, pois é responsável pela dispersão dos produtos, atingindo, desse modo, as sementes das plantas daninhas no momento da germinação e emergência (Blanco, 1979). Normalmente, à medida que aumenta o tempo entre a aplicação e a ocorrência de chuvas ou irrigações, a efetividade do produto diminui. Se as plantas daninhas germinam antes da ocorrência de chuvas, o controle poderá ficar comprometido.

Para os herbicidas usados em pós-emergência, a eficiência de controle é máxima quando aplicados nas plantas com elevada atividade metabólica. Se usados em plantas sob déficit hídrico, tornam-se pouco eficientes, com baixa absorção e translocação, sendo necessárias maiores doses.

c) **Umidade relativa do ar** - a umidade relativa do ar é um dos fatores que mais influenciam a eficiência de herbicidas usados em pós-emergência e, se inferior a 60%, pode comprometer a eficiência dos produtos.

A baixa umidade relativa do ar, durante e logo após a aplicação de herbicidas, causa a desidratação da cutícula, reduzindo a absorção dos compostos. Além disso, a evaporação mais rápida da gotícula de água pode deixar o herbicida cristalizado na superfície foliar, sem condições de ser absorvido. Alta luminosidade aliada à baixa umidade relativa e baixa umidade do solo induz à síntese de cutícula com o aumento da camada lipofílica, dificultando a penetração dos herbicidas (Hess, 1992).

Para herbicidas usados em pré-emergência esse fator é importante quando associado à altas temperaturas, pois pode

644



determinar maior volatilidade do herbicida, principalmente no momento da aplicação (Scoyoc & Ahlrichs, 1992).

d) **Temperatura** - a temperatura, da mesma forma que a umidade, exerce uma influência sobre a eficiência agrônômica de herbicidas usados em pós-emergência. Temperaturas altas aumentam a espessura da cutícula e afetam a atividade metabólica das plantas, além de favorecer a evaporação de gotículas de água e a volatilização dos herbicidas, prejudicando sensivelmente sua absorção. Baixas temperaturas influenciam o comportamento de alguns produtos, bem como as próprias plantas daninhas, que podem apresentar-se com estresse na época de controle.

e) **Ventos** - as gotas de pulverização ao sofrerem ação de ventos, podem não atingir o alvo. Além da deriva, o vento aumenta a perda de herbicidas por volatilização. Isso pode representar menor eficiência do produto e danificar culturas vizinhas, principalmente em aplicações aéreas. Para evitar esse risco, não se recomenda aplicar herbicidas com ventos acima de 8 km h.<sup>-1</sup>.

### Principais Herbicidas Registrados

Na prática, as plantas daninhas são divididas em dois grupos: as monocotiledôneas, conhecidas como plantas daninhas de "folhas estreitas", gramíneas e ciperáceas, e as dicotiledôneas, conhecidas como "folhas largas". As espécies separadas por esse critério e suas respectivas tolerâncias aos principais herbicidas registrados para a cultura do arroz, irrigado e de terras altas, estão apresentadas nas Tabelas 16.4 e 16.5.

Nas Tabelas 16.6 e 16.7, estão incluídos os principais herbicidas registrados para o manejo de áreas no sistema de plantio direto e/ou cultivo mínimo e os seletivos para a cultura do arroz, respectivamente.

Para a escolha do herbicida, devem ser considerados as espécies infestantes na área, a época em que se pretende fazer as aplicações, as características físico-químicas do solo, o preparo de solo, tipo de cultivo, irrigado ou terras altas, a disponibilidade do produto no mercado e o custo.





## Plantas Daninhas e seu Manejo

Tabela 16.4. Suscetibilidade das principais plantas daninhas de folhas estreitas a alguns herbicidas registrados para a cultura do arroz irrigado e de terras altas.

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	PROFANIL		2,4-D		QUINCLORAC		OXADIAZON		MOLNATE		PRAZOSULFURON		TRIFLURALIN		BENTAZON		CLOMAZONE		OXYFLUOREN		PENDIMETHALIN		FENOXAPOP		METSULFURON		BISPYRIBAC		CIFOXYDIM		CYHALOPOP		ETHOXSULFURON		CYCLOSULFAMURON					
		i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t	i	t						
<i>Brachiaria decumbens</i>	capim-braquiária	M	P	T	T	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	S	S	A	A	A	S	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<i>Brachiaria plantaginea</i>	capim-marmelada	S	M	T	T	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Cenchrus echinatus</i>	capim-carrapicho	S	P	T	T	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	S	S	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Cynodon dactylon</i>	grama-seda	P	P	M	T	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	S	S	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyperus difformis</i> <sup>(2)</sup>	junquinho	S	P	M	T	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	S	S	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyperus esculentus</i>	junquinho	S	-	A	S	P	M	S	P	A	A	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
<i>Cyperus terax</i>	junquinho	M	P	A	S	S	M	S	P	A	A	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
<i>Cyperus iria</i>	junquinho	P	P	A	S	S	M	S	P	A	A	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
<i>Cyperus rotundus</i>	junquinho	P	P	A	S	S	M	S	P	A	A	A	A	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
<i>Digitaria horizontalis</i>	tiúca	S	M	T	T	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echinochloa colona</i> <sup>(1)</sup>	capim-arroz	A	M	T	T	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echinochloa crusgalli</i> <sup>(1)</sup>	capim-arroz	A	S	T	T	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echinochloa crusgallis</i> <sup>(1)</sup>	capim-arroz	A	S	T	T	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echinochloa crusgallis</i> <sup>(2)</sup>	capim-arroz	A	S	T	T	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fimbristylis millacea</i> <sup>(2)</sup>	curmicho	S	M	A	S	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ischaemum rugosum</i>	capim-macho	A	S	T	T	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lolium multiflorum</i>	azevém	A	S	T	T	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oryza sativa</i>	arroz-vermelho	T	P	T	T	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Panicum maximum</i>	capim-colômbio	M	P	T	T	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pennisetum setosum</i>	capim-custódio	A	S	T	T	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhynchosyris repens</i>	capim-favoito	-	-	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Setaria geniculata</i>	capim-rabo-de-raposa	S	M	T	T	-	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sorghum halepense</i>	capim-messambirá	M	-	T	T	-	-	P	-	-	-	-	-	-	-	-	T	T	A	A	A	A	A	A	T	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Obs.: A = altamente suscetível (acima de 95% de controle); S = suscetível (de 85 a 95% de controle); M = moderadamente suscetível (de 50 a 85% de controle); P = pouco suscetível (menos de 50% de controle); T = adaptado de (10% de controle); - = sem informação; I = pós-emergência inicial (até 1 período); T = pós-emergência tardia (1 a 4 períodos).

<sup>(1)</sup> Espécies com populações resistentes ao quincorac em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

<sup>(2)</sup> Espécies com populações resistentes aos herbicidas prazosulfuron, bispyribac, ethoxysulfuron e cyclosulfuron em Santa Catarina.

Fonte: Adaptada de Lorenz (2000); Plantas daninhas (2005).

Tabela 16.5. Suscetibilidade das principais plantas daninhas a alguns herbicidas registrados para a cultura do arroz irrigado e de terras altas.

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	PROPAZIFLURON	Z-40	QUINCLOCAC	OXALAZON	ACQUATE	PRAZOSULURON	TRIFLURALIN	BEAZON	CLIMAZONE	OXFLUFENTRIN	PENDIMETALIN	METSULFURON	BISPIRIBAC	CLEFOXIM	CHALCOPF	ETHOXSULURON	CYCLOSULAMURON
<i>Acanthospermum australe</i>	carapicho-rasteiro	P	A	S	T	T	P	P	T	P	P	P	P	T	T	T	T	T
<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carapicho-cç-carneiro	S	M	S	T	P	P	P	T	M	M	M	T	A	S	-	-	-
<i>Aeschynomene</i> spp	angurinho	M	S	S	A	S	P	P	M	P	M	M	P	A	S	T	T	M
<i>Ageratum conyzoides</i>	meastrasto	A	S	A	T	S	M	P	-	P	S	S	M	P	-	-	P	M
<i>Alternanthera tenella</i>	apaga-fogo	A	S	A	T	S	P	T	-	-	M	P	P	T	M	S	M	S
<i>Amaranthus hybridus</i>	canuru	S	M	A	A	T	M	P	P	-	P	S	S	M	A	P	A	S
<i>Bicklex pilosa</i>	picão-preto	S	M	A	A	T	M	P	P	-	P	S	S	M	A	P	A	S
<i>Chenopodium album</i>	ancarinha-branca	S	M	A	A	-	S	P	T	-	S	S	-	A	S	M	M	-
<i>Chenopodium entricoccos</i>	erva-de-santa-maria	S	M	A	A	-	S	M	A	P	-	A	A	S	M	-	-	-
<i>Commisura bergalensis</i>	trapoeraba	M	P	A	A	-	M	P	T	P	T	-	P	S	M	S	T	M
<i>Eriola sonchifolia</i>	falsa-serralha	M	P	A	A	T	S	P	T	P	T	-	P	M	S	P	A	M
<i>Euphorbia heterophylla</i>	leiteiro	P	P	A	A	T	S	P	P	P	-	-	P	P	P	S	M	-
<i>Genroga parviflora</i>	botão-de-ouro	S	M	A	A	P	T	S	M	P	P	-	P	S	M	A	P	A
<i>Hebeantenna reniformis</i>	aquepé	A	S	A	A	T	T	P	S	P	T	A	M	-	A	S	T	T
<i>Hyptis suaveolens</i>	cheirosa	P	P	A	A	T	T	P	P	P	-	-	P	M	P	P	P	M
<i>Ipomoea</i> spp	corda-de-vidua	S	T	A	S	T	P	P	T	-	-	-	P	S	M	P	T	S
<i>Lepidium virginicum</i>	mastrugo	P	-	A	A	T	S	-	M	P	-	-	M	A	S	-	-	-
<i>Ludwigia longifolia</i>	cruz-de-trata	A	S	A	A	T	T	P	S	P	T	A	M	-	A	M	T	T
<i>Ludwigia octovalvis</i>	cruz-de-trata	A	S	A	A	T	T	P	S	P	T	A	M	-	A	M	T	T
<i>Chelis latifolia</i>	trevo	A	S	S	T	S	-	P	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Portulaca oleracea</i>	belitroga	S	S	A	A	T	S	-	P	P	-	-	M	M	-	-	M	P
<i>Rapizanus raphanistrum</i>	nabiça	S	S	A	A	T	M	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ricardia brasiliensis</i>	poala-branca	S	M	S	M	T	M	P	P	-	-	-	S	S	M	A	M	A
<i>Sagittaria montevidensis</i> <sup>(1)</sup>	sagittaria	S	P	M	T	P	P	P	-	-	-	-	M	M	P	P	A	-
<i>Senecio obtusifolia</i>	fedegoso	-	S	S	-	S	M	P	T	A	A	-	A	A	M	T	T	T
<i>Senecio occidentalis</i>	fedegoso	-	S	S	-	S	M	P	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sida cordifolia</i>	guaxuma	P	P	A	A	-	S	M	P	M	-	-	P	P	P	P	P	P
<i>Sida rhombifolia</i>	guaxuma	M	P	S	-	S	P	P	P	-	-	-	P	A	S	A	P	A
<i>Solanum sisymbirifolium</i>	judá	P	P	A	A	T	P	P	P	-	-	-	P	P	P	P	-	-
<i>Spachos oleaceus</i>	serralha	S	M	A	A	T	M	P	P	-	-	-	P	S	M	S	M	-
<i>Valeriana americana</i>	malva valuido	-	A	A	T	P	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs.: A = altamente suscetível (acima de 95% de controle); S = suscetível (de 85 a 95% de controle); M = medianamente suscetível (de 50 a 85% de controle); P = pouco suscetível (menos de 50% de controle); T = adaptado (0% de controle); - = sem informação; r = pré-emergência; l = pós-emergência (2 a 4 folhas); t = pós-emergência tardia (4 a 8 folhas).

(1) Espécie com populações resistentes aos herbicidas prazosulfuron, metsulfuron, bispiribac, ethoxysulfuron e cyclosulfuron, em Santa Catarina.

Fonte: Adaptada de Lorenz (2000); Plantas daninhas (2005).





**Tabela 16.6.** Alternativas para manejo de plantas daninhas em pré-semeadura no sistema de plantio direto e/ou cultivo mínimo para a cultura do arroz irrigado e de terras altas.

Nome Técnico	Nome Comercial	Concent. (g i.a.L <sup>-1</sup> )	Doses		Observações
			(kg i.a.ha <sup>-1</sup> )	(p.c./ha)	
Paraquat <sup>(1)</sup>	Gramoxone 200	200	0,2 - 0,4	1,0 - 2,0	Controle de monocotiledôneas anuais
2,4-D amina/éster <sup>(2)</sup>	Diversos	----	0,7 - 1,1	----	Controle de dicotiledôneas e ciperáceas
Paraquat + diuron <sup>(1)</sup>	Gramocil	200 + 100	0,4-0,6 + 0,2-0,3	2,0 - 3,0	Controle de monocotiledôneas anuais e dicotiledôneas sem a presença de guamxumas, leiteiro, buva ( <i>Coryza bonariensis</i> ), poaia-do-campo ( <i>Spermacoce latifolia</i> ), maria-branca ( <i>Senecio brasiliensis</i> ) e poaia-branca
Glifosate	Zapp Oi	480	0,48 - 1,92	1,0 - 4,0	Controle de monocotiledôneas anuais e/ou perenes, ciperáceas e dicotiledôneas sem a presença de trapoeraba e poaia-do-campo
Glifosate	Roundup e OM <sup>(3)</sup>	480	0,48 - 1,92	1,0 - 4,0	Controle de monocotiledôneas anuais e/ou perenes, ciperáceas e dicotiledôneas sem a presença de trapoeraba e poaia-do-campo
Paraquat + diuron <sup>(1)</sup> com 2,4-D	Gramocil Diversos	200 + 100 ----	0,4-0,6 + 0,2-0,3 0,4 - 0,8	2,0 - 3,0 ----	Controle de monocotiledôneas anuais, dicotiledôneas e ciperáceas
Glifosate com 2,4-D	Zapp Oi Diversos	480 ----	0,48 - 1,92 0,4 - 0,8	1,0 - 4,0 ----	Controle de monocotiledôneas anuais e/ou perenes, dicotiledôneas e ciperáceas
Glifosate com 2,4-D	Roundup Diversos	480 ----	0,48 - 1,92 0,4 - 0,8	1,0 - 4,0 ----	Controle de monocotiledôneas anuais e/ou perenes, dicotiledôneas e ciperáceas

<sup>(1)</sup> Acrescentar 0,1% de surfactante não aniônico.

<sup>(2)</sup> A formulação éster é considerada volátil, por isso cuidado especial na sua aplicação, não utilizando em áreas onde haja culturas que sejam suscetíveis; quando esteja ventando, pois a deriva de vapores podem atingir quilômetros de distância.

<sup>(3)</sup> OM = outras marcas.

Tabela 16.7. Principais herbicidas registrados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz.

Nome Técnico	Nome Comercial	g i.a. L <sup>-1</sup> ou kg	Dose (kg ou l/p.c.ha <sup>1</sup> )	Plantas controladas	Época de aplicação	Observações
Propanil	vários	360 450 480	8,0 - 14,0 6,0 - 8,0 6,5 - 8,5	Gramíneas e folhas largas	Pós Pós Pós	Observar o período, entre a aplicação de inseticidas organo-fosforados e carbamatos
Molinate	Ordran 720E Ordran 200GR	720 200	4,0 - 6,0 8,0 - 20,0	Gramíneas, algumas folhas largas e ciperáceas	Pré/Pós Pós	Para controle de arroz-vermelho, aplicação em PPI de 8 l . ha <sup>1</sup> e aguardar 10 dias para o plantio
Quinclorac <sup>(1)</sup>	Facet PM	500	0,75	Algumas gramíneas e angiquinho	Pós	Aplicar com as gramíneas (capim-arroz) até o estádio de dois perfílios e as dicotiledôneas (angiquinho) de duas a oito folhas. Adicionar adjuvante.
Oxadiazon	Ronstar 250BR Ronsiar SC	250 400	3,0 - 5,0 2,5	Gramíneas e algumas folhas largas	Pré/ Pós-inicial	Aplicar em solo úmido ou irrigar logo após. Não usar em solos muito arenosos.
Pendimethalin	Herbadox 500CE	500	2,5 a 3,5	Gramíneas e algumas folhas largas	Pré	Aplicar em solo úmido ou irrigar logo após.
Oxyfluorfen	Goal BR	240	1,0	Gramíneas e algumas folhas largas	Pré	
2,4-D	vários	Amina 720 Amina 670 Amina 400 Éster 400	0,7 - 1,4 0,75 - 1,5 0,25 - 2,5 0,6 - 1,2	Folhas largas	Pós Pós Pós Pós	Aplicar entre o perfilhamento e o início da diferenciação do primórdio floral do arroz
Bentazon	Basagran	600 480	1,2 - 1,6 1,5 - 2,0	Folhas largas	Pós	Aplicar com as plantas daninhas no início do desenvolvimento.
Butachlor	Machete CE	600	4,0 - 6,0	Gramíneas e algumas folhas largas	Pré	Aplicar em solo úmido ou irrigar logo após
Thiobencarb	Saturn 500CE Saturn GR100	500 100	6,0 - 8,0 30,0	Gramíneas e algumas folhas largas	Pré/ Pós-inicial	Aplicar em solo úmido ou irrigar logo após
Fenoxaprop-p-ethyl	Starice Whip S	69 69	0,8 - 1,0 0,6	Gramíneas	Pós	Aplicar com as plantas daninhas com bom vigor vegetativo

Continua...

## Plantas Daninhas e seu Manejo

649





Tabela 16.7. Continuação

Nome Técnico	Nome Comercial	g i.e. L <sup>-1</sup> ou kg <sup>1</sup>	Dose (kg ou/p.c.ha <sup>1</sup> )	Plantas controladas	Época de aplicação	Observações
Propanil + Molinate	Arrozem	360 + 360	5,0 - 8,0	Gramíneas e folhas largas	Pós	Aplicar com as plantas daninhas no estágio de 2 a 4 folhas
Propanil + Pendimethalin	Pendinil	250 + 170	6,0 - 8,0	Gramíneas e folhas largas	Pós	
Propanil + Thiobencarb	Satanil E Grascarb	200 + 400 470 + 200	6,0 - 8,0 6,0	Gramíneas e folhas largas	Pós	
Propanil + 2,4-D	Herbanil 368	340 + 28	8,0 - 12,0	Gramíneas e folhas largas	Pós	
Trifluralin	Premerlin 600 CE	600	4,0	Gramíneas	Pré	Somente para arroz de terras altas
Clomazone	Gamit 500 CE	500	1,0 - 1,2	Algumas gramíneas e folhas largas	Pré	
Pirazosulfuron-ethyl <sup>(2)</sup>	Sirius 250 SC	250	0,06 - 0,08	Folhas largas e ciperáceas	Pós	Controle de capim-arroz no estágio até 2 folhas
Metsulfuron <sup>(2)</sup>	Ally	600	0,0033	Folhas largas	Pós	
Azimsulfuron <sup>(2)</sup>	Gulliver	500	0,010-0,012	Folhas largas	Pós	
Bispyribac-sodium <sup>(2)</sup>	Nominee	400	1,6	Gramíneas e Folhas largas	Pós	
Clefoxydim	Aura	200	0,6-0,8	Gramíneas	Pós	
Cyclosulfamur <sup>(2)</sup>	Invest	700	0,057	Folhas largas e ciperáceas	Pós	
Cyhalofop-buryl	Clincher	180	1,0-1,75	Gramíneas	Pós	
Ethoxysulfuron <sup>(2)</sup>	Gledium	600	0,1-0,133	Ciperáceas	Pós	

<sup>(1)</sup> Echinochloa spp. com populações resistentes ao quinclorac em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

<sup>(2)</sup> Sagittaria montevidensis, Cyperus difformis e Hymenocallis miliacea resistentes aos herbicidas pirazosulfuron, metsulfuron, azimsulfuron, bispyribac, ethoxysulfuron e cyclosulfamuron, em Santa Catarina.

## ARROZ IRRIGADO EM VÁRZEAS

De maneira geral, as áreas de arroz irrigado caracterizam-se por altas infestações de plantas daninhas, resultado do seu uso intensivo, sem períodos de pousio ou devido às condições favoráveis de umidade e fertilidade da maioria dessas áreas. Outro fator que contribui para o aumento nas infestações de plantas daninhas é a dificuldade de utilização de outras culturas em sucessão ou em rotação, devido à excessiva umidade desses solos, ocasionada pela sistematização em nível e pelo elevado teor de silte e argila. As elevadas infestações, bem como a diversidade de espécies presentes na maioria das áreas, exige que os produtores adotem medidas eficientes de manejo, caso contrário os danos causados à produtividade do arroz podem ser extremamente elevados. No sistema pré-germinado, a manutenção da lâmina de água sobre o solo desfavorece a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas, potencializa o efeito dos herbicidas e favorece a dispersão dos herbicidas até as plantas daninhas. Essas alternativas de manejo são pertinentes unicamente ao arroz irrigado, no sistema de cultivo pré-germinado.

A diversidade de espécies de plantas daninhas infestantes das áreas de arroz irrigado é extremamente elevada, destacando-se o arroz-vermelho e capim-arroz como as que causam maiores perdas na produtividade. Além dessas, ocorrem ainda outras gramíneas anuais ou perenes, ciperáceas e as chamadas plantas de “folhas largas”.

### Arroz-vermelho

O arroz-vermelho (*Oryza sativa*) é uma planta daninha comum em áreas produtoras de arroz irrigado em diversos países do mundo (Noldin, 2000). No Brasil, é problemática principalmente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, e com variáveis níveis de ocorrência nos demais estados produtores de arroz irrigado. Botanicamente, o arroz-vermelho é classificado como pertencente à mesma espécie do arroz cultivado (*Oryza sativa*), apresentando características morfológicas e fisiológicas similares (Hoagland, 1978). No entanto, pesquisas recentes realizadas nos Estados Unidos, utilizando marcadores moleculares, mostram a existência de tipos de arroz-vermelho pertencentes a mais de uma espécie (Vaughan et al., 2001).

651





O nome arroz-vermelho é devido a cor avermelhada do pericarpo do grão descascado, enquanto as glumas (casca) podem ser tanto de cor amarelo palha como nas cultivares comerciais, ou variando de cinza escuro a preto, originando daí a denominação arroz-preto. A denominação de arroz-daninho é usada de forma genérica para todos os tipos de arroz-vermelho e arroz-preto encontrados nas lavouras, incluídos aí também as misturas de cultivares oriundas de cultivos anteriores que, no caso de produção de sementes, são igualmente indesejáveis. As populações de arroz-vermelho normalmente encontradas nas lavouras são altamente variáveis (Noldin et al., 1999a, 1999b; Menezes et al., 2002), resultado da variável taxa de cruzamento natural que ocorre com as cultivares comerciais (Langevin et al., 1990; Noldin et al., 2002a).

O arroz-vermelho é indesejável para produtores, industriais e consumidores. É uma planta daninha problemática na lavoura devido: (a) a competição com o arroz comercial reduz a produtividade; (b) a mistura com o arroz branco reduz a qualidade do produto entregue à indústria; (c) resulta em aumento nos custos de produção devido às práticas adicionais de controle necessárias nas áreas infestadas; (d) sementes de arroz-vermelho podem permanecer viáveis no solo por longo tempo, dificultando a sua erradicação em áreas infestadas (Noldin et al., 2002b).

Os problemas causados às indústrias de beneficiamento são resultado do decréscimo no rendimento de grãos inteiros, principalmente porque o arroz-vermelho comumente encontrado nas lavouras tem grãos médios e espessos, que em mistura com grãos longos e finos, tipo agulhinha, resultam em elevado índice de quebra durante o processo de polimento. Os grãos com pericarpo avermelhado podem ser removidos do arroz beneficiado por de processos físicos (seleção eletrônica por cor), no entanto isto representa custos adicionais à indústria e redução na renda final do produto beneficiado.

O pericarpo avermelhado do arroz-vermelho é difícil de ser eliminado durante o processo de descascamento e polimento. Assim, a maioria dos grãos permanece com estrias longitudinais avermelhadas, prejudicando a aparência e o valor comercial do produto beneficiado. O arroz-vermelho tende a tornar-se mais escuro do que o arroz branco após o cozimento. Apesar do arroz-vermelho apresentar o mesmo valor nutricional que o cultivado

652



(Srinivasa Rao, 1976), a mistura de grãos vermelhos ou com estrias avermelhadas, resulta em produto final menos atrativo para os consumidores.

Populações de plantas daninhas que crescem em diferentes ambientes e com características morfológicas diferentes são também conhecidas como ecótipos ou biótipos. Atualmente, pode ser encontrado nas lavouras um grande número de ecótipos de arroz-vermelho com diferenças significantes quanto ao tipo, estatura e ciclo das plantas, e características das sementes, como massa e tipo de grãos, pubescência das glumas, presença ou ausência de arista, grau de degrane, dormência, longevidade no solo e tolerância aos herbicidas (Noldin et al., 1999a, 1999b).

A maioria dos ecótipos de arroz-vermelho tem fortes características de sobrevivência e proliferação, quais sejam: intenso degrane, com início cerca de 10 a 15 dias após a antese; e dormência de sementes, que lhes permite manterem-se viáveis no solo por longo tempo (Noldin et al., 2002b). Os ecótipos de arroz-vermelho mais comumente encontrados nas lavouras têm plantas de porte médio a alto, mais alto que a maiorias das cultivares de porte baixo, ciclo semi-precoce a médio, e grãos médios e espessos. No entanto, é importante ressaltar que têm sido encontrados ecótipos com características idênticas às cultivares modernas e com grãos tipo agulhinha, em lavouras de arroz irrigado no Brasil (Menezes et al., 2002) e em outros países (Noldin et al., 1999a, 1999b). As características de planta e grãos dos ecótipos predominantes em determinada área dependem basicamente das características da cultivar ou cultivares utilizadas pelo agricultor (Galli et al., 1983), ocorrendo, o que é chamado por alguns autores, de mimetização, ou seja, o aparecimento de ecótipos semelhantes às cultivares comerciais.

### Manejo do arroz-vermelho

A similaridade do arroz-vermelho com o arroz cultivado torna difícil o uso de herbicidas seletivos ao arroz, normalmente utilizados no controle de outras plantas daninhas. Assim, o controle adequado do arroz-vermelho só pode ser obtido com o emprego de um conjunto de práticas integradas.

653





### a) Controle preventivo

O emprego de sementes isentas de arroz-vermelho é indispensável para o êxito no processo de controle. Para tanto, o produtor deve utilizar somente sementes garantidamente livres dessa planta daninha. A presença de apenas um grão de arroz-vermelho em cada amostra de 500 gramas ou dois grãos  $\text{kg}^{-1}$  de semente, representa um potencial de infestação de pelo menos 60 grãos de arroz-vermelho por metro quadrado após a segunda safra, considerando, nesse cálculo, uma densidade de semeadura de 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de sementes e que 50% das sementes de arroz-vermelho produzidas serão colhidas com a lavoura ou não germinarão no solo. Em alguns estados, como Santa Catarina, a presença de arroz-vermelho é proibida em todas as classes de semente: genética, básica ou certificada. No entanto, em vários outros sua presença é tolerada, embora dentro de limites estipulados.

Outras importantes práticas de controle preventivo são a limpeza de equipamentos de preparo de solo, quando se movem de áreas infestadas para áreas limpas, e evitar que plantas de arroz-vermelho se estabeleçam na lavoura e produzam sementes, eliminando-as pela prática do "roguing".

### b) Preparo do solo e manejo da água

O sistema de semeadura em solo inundado com sementes pré-germinadas em áreas sistematizadas tem sido uma alternativa eficiente para a supressão e controle do arroz-vermelho em arroz irrigado. No entanto, é importante que o preparo do solo seja iniciado com antecedência, um a dois meses antes da época prevista para o plantio. Geralmente o preparo é iniciado com gradagens com uso de enxada rotativa na primavera, mantendo o solo não saturado, mas com umidade adequada para a germinação das sementes presentes. As plantas que emergirem poderão ser controladas com novas gradagens e mais sementes serão expostas para germinação. Essa operação pode ser repetida diversas vezes antes do plantio. Cerca de 15 a 20 dias antes da semeadura, a área deve ser inundada, e mantida assim até a época de semeadura. Nessas condições, as plântulas existentes emergirão da lâmina de água e as sementes remanescentes no solo não germinarão. O solo é então preparado por meio de gradagens, renivelamento e alisamento, e a semeadura realizada o mais breve possível. Após a semeadura, é fundamental a manutenção contínua do solo saturado ou com lâmina

de água, para impedir a germinação das sementes ainda existentes no solo.

É importante destacar que a simples adoção do sistema pré-germinado não representa solução definitiva para o problema do arroz-vermelho, sendo fundamental a adoção de um conjunto integrado de diferentes práticas para obter uma lavoura livre dessa planta daninha.

### **c) Plantio direto ou cultivo mínimo**

O sistema de plantio direto com cultivo mínimo do solo para o controle do arroz-vermelho foi iniciado no Rio Grande do Sul há cerca de 20 anos, e consiste na semeadura do arroz após a dessecação da vegetação com herbicidas não seletivos. Mais de uma alternativa de preparo de solo tem sido empregada no sistema de cultivo mínimo. O método mais usado consiste no preparo antecipado do solo, seguido de um período de pousio para posterior dessecação da vegetação estabelecida. Um sistema comumente utilizado no Rio Grande do Sul é o preparo de verão, nas áreas em pousio com pastagem, e que, durante o período de outono/inverno, podem ser cultivadas com forrageiras, e o plantio do arroz efetuado na resteva da pastagem. Na época de semeadura, a vegetação é dessecada quimicamente, usando-se herbicidas não seletivos, e se constitui na cobertura morta para o plantio direto. O plantio com semeadora de plantio direto pode ser iniciado um dia após a aplicação, evitando-se ao máximo qualquer movimento do solo, o que favoreceria a reinfestação da área.

O sistema de semeadura direta também tem sido adaptado para o sistema pré-germinado, denominado de sistema misto ou "mix". No entanto, neste caso, a semeadura é efetuada a lanço, em lâmina de água, colocada na lavoura 2 a 3 dias após a dessecação das plantas daninhas. Esse sistema tem se mostrado mais eficiente em solos mais leves, argilo-arenosos. Em solos argilosos, ocorre ressecamento durante o período de pousio, dificultando o estabelecimento das sementes pré-germinadas. O sistema misto também apresenta vantagens do ponto de vista de menor risco de impacto ambiental que pode resultar quando da drenagem da área preparada sob inundação, como no caso do pré-germinado. No sistema misto todas as operações de preparo são efetuadas no solo seco.

655





#### **d) Rotação de culturas**

A rotação de culturas, incluindo soja ou sorgo, tem sido considerada um método eficiente para o controle de arroz-vermelho em muitas áreas de arroz irrigado. A sua principal vantagem está na possibilidade de utilização de alguns herbicidas seletivos às culturas de soja, milho e sorgo, com boa eficiência no controle de arroz daninho, como também de misturas varietais provenientes da safra anterior. Nas culturas da soja, milho e sorgo podem ser usados tanto herbicidas em pré-plantio incorporado (PPI), pré ou pós-emergência. Outros aspectos favoráveis desse sistema são: a mudança do sistema de cultivo, que desfavorece o desenvolvimento de plantas daninhas comuns em arroz irrigado; e a possibilidade de sua integração a outros métodos complementares, como o controle mecânico. Como aspecto desfavorável está o fato de as áreas de arroz irrigado apresentarem, em geral, problemas de drenagem, dificultando o desempenho das culturas de sequeiro, geralmente carentes em cultivares adaptadas a condições de alta umidade de solo.

#### **e) Sistema Clearfield**

Esse sistema consiste na utilização de cultivares de arroz resistentes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, que controlam populações de arroz, comercial e vermelho não portadores do gene de resistência. Os genótipos resistentes foram obtidos pelo Dr. Timothy Crougan na Universidade da Louisiana, EUA, por meio de um trabalho de mutação induzida em linhagens não comerciais de arroz. Portanto, estas cultivares são conhecidas como mutantes e não são geneticamente modificadas. Essa tecnologia constitui-se em uma alternativa promissora para o manejo de arroz-vermelho. No RS, o Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), liberou, no ano de 2003, a primeira cultivar brasileira para o sistema Clearfield, designada Irga 422 CL (Menezes, 2003). O sistema Clearfield prevê a utilização de uma cultivar mutante e do herbicida Only, da empresa BASF. Estudos também estão em andamento na Epagri, em SC e na Embrapa, para o desenvolvimento de cultivares para o sistema Clearfield.

O uso do herbicida Only pode resultar em elevada eficiência no controle seletivo de arroz-vermelho, dependendo de fatores como sistema de plantio, nível de infestação de arroz-vermelho e estágio de desenvolvimento na aplicação, sistematização da área, manejo da irrigação e fatores relativos ao herbicida. Os níveis de controle mais elevados tem sido alcançados com aplicação seqüencial

(Menezes , 2003; Eberhardt & Noldin, 2004). O uso combinado do sistema de semeadura direta após cultivo mínimo do solo e do sistema Clearfield para manejo de arroz-vermelho aumenta a eficiência final do controle da planta daninha (Fleck et al., 2004). A tecnologia Clearfield, no entanto, representa uma ferramenta importante para o manejo do arroz-vermelho, mas não a solução do problema. O nível de controle deve ser maximizado para evitar a ocorrência de plantas de arroz-vermelho remanescentes, propiciando o risco de fluxo gênico da cultivar mutante para o arroz-vermelho, tornando-o resistente. A longevidade dessa tecnologia está diretamente relacionada aos cuidados adotados pelos produtores no sentido de prevenir o cruzamento entre o arroz-vermelho e a cultivar resistente ao herbicida.

#### **f) Manejo integrado do arroz-vermelho**

Ações diversificadas compõem um sistema de manejo integrado de plantas daninhas em arroz irrigado. No sistema pré-germinado, essas opções são em maior número e mais eficazes, especialmente quando o preparo do solo é realizado sob inundação em áreas sistematizadas. Entre as principais práticas que podem ser adotadas no sistema pré-germinado, destacam-se as medidas preventivas, culturais e o controle biológico.

A utilização de sementes de arroz isentas de arroz-vermelho e outras plantas daninhas contribui de forma significativa para prevenir a disseminação de espécies para áreas limpas. Deve-se evitar o transporte e/ou a disseminação de sementes de plantas daninhas em máquinas, implementos e no deslocamento de pessoas e animais.

A prática do arrancamento manual “roguing” pode ser utilizada em áreas com baixa população de plantas daninhas. Essa prática é especialmente recomendada para a eliminação do arroz-vermelho em lavouras destinadas à produção de sementes.

O uso de marrecos-de-pequim no período de entressafra do arroz e da rizipiscicultura na safra e entressafra podem ser caracterizados como métodos de controle biológico. As aves e os peixes alimentam-se de sementes de arroz-vermelho e de outras espécies, reduzindo significativamente sua infestação, além de representarem alternativas de renda complementar para a propriedade.

657



O sistema de cultivo pré-germinado possibilita adequada supressão de plantas daninhas não aquáticas devido à manutenção de lâmina de água durante o preparo do solo e o desenvolvimento vegetativo do arroz. Em áreas infestadas com arroz-vermelho, deve-se evitar o preparo do solo após a colheita para prevenir o enterramento das sementes, aumentando, assim, a sua longevidade. O período de longevidade das sementes de arroz-vermelho mantidas na superfície do solo é mais curto que o das enterradas em maiores profundidades (Noldin et al., 2002b).

## ARROZ DE TERRAS ALTAS

Por muito tempo não foi dada importância ao controle de plantas daninhas em arroz de terras altas por ser este cultivado quase sempre em áreas de abertura, ainda livres de invasoras. Em conseqüência, há carência de produtos e tecnologia para o controle de invasoras em arroz em terras velhas, problema que, somado à baixa capacidade de competição do arroz com plantas daninhas, constitui um dos principais obstáculos para a introdução dessa cultura em sistemas agrícolas permanentes.

Com o advento das cultivares modernas para o ecossistema terras altas, o arroz passou a ser cultivado em rotação com a soja e em áreas com irrigação suplementar, sob pivô central. Tradicionalmente, essas áreas apresentam alta diversidade de infestação de plantas daninhas. Recentemente, o controle químico passou a ser a prática mais utilizada por apresentar menor custo e maior eficiência, quando comparado a outros métodos de controle.

Pelo fato de a maioria das cultivares modernas apresentar baixa taxa de crescimento inicial e porte menor que as cultivares tradicionais, uma boa cobertura do solo pelas plantas só ocorre aos 40 a 50 dias após a semeadura. Para diminuir ao máximo a interferência das plantas daninhas na produtividade do arroz, a cultura deverá permanecer no "limpo" entre 15 e 45 dias após a emergência.

Para alcançar uma boa eficiência de controle das plantas daninhas, é apropriada a aplicação associada de dois ou mais herbicidas com características diferentes, visando controlar um grande número de espécies e manter a área limpa por um longo período. Dessa forma, a aplicação seqüencial de um herbicida em pré e outro em pós-emergência, ou aplicações associadas de dois pós-emergentes com diferentes espectros de ação, resulta em controle final mais eficiente.

658



## ESTRATÉGIAS DE CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS

### Seletividade

O primeiro passo para o controle químico de plantas daninhas é o conhecimento da seletividade dos herbicidas no arroz. A produtividade final do arroz é definida pelo balanço dos seus componentes da produtividade: número de perfilhos por  $m^2$ , n° de panículas por  $m^2$ , n° de grãos por panícula e massa de 100 grãos. A aplicação do herbicida é realizada geralmente da semeadura até 30 dias após germinação e é justamente nesta época que o arroz determina o número de perfilhos por  $m^2$ , os quais são chamados “caixa de produção” do arroz, ou seja, determinam o potencial de produção da lavoura. Se houver danos no arroz devido à aplicação de herbicida, o número de perfilhos por  $m^2$  pode ser diminuído, reduzindo o potencial de produção.

A seletividade dos herbicidas para a cultura do arroz ocorre por alguns fatores:

- a) Nas aplicações em pré-emergência, a seletividade deve-se à posição do herbicida com relação à semente de arroz no solo.
- b) Nas aplicações em pós-emergência, a seletividade é principalmente de natureza fisiológica, através de mecanismos de degradação que evitam injúrias às plantas.

Isto sugere que a sensibilidade do arroz aos herbicidas varia de acordo com as cultivares, as quais possuem mecanismos diferenciados de metabolização das moléculas dos herbicidas.

O pendimethalin e o trifluralin são do grupo das dinitroanilinas, que não possuem seletividade metabólica para a cultura do arroz. Devido à baixa solubilidade em água e à alta capacidade de adsorção nos colóides do solo, os produtos permanecem até os 2 cm de profundidade, e a seletividade ocorre pela localização da semente. Esse é um dos motivos para se recomendar a semeadura de 3 a 5 cm de profundidade. Se por algum motivo como, por exemplo, semeadura rasa, alta precipitação pluvial (acima de 75 mm), ou doses altas em solos arenosos, as plântulas de arroz entrarem em contato com o herbicida, o desenvolvimento radicular será afetado e, com isso, aparecerão sintomas de amarelecimento e raízes curtas e grossas.

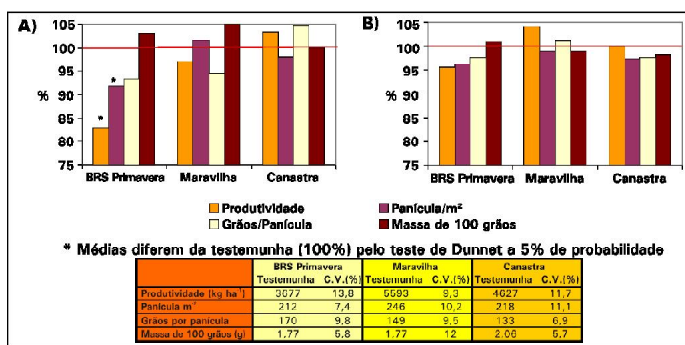
Para o clomazone, herbicida que inibe a síntese de pigmentos carotenóides, protetores da clorofila, em cultivares susceptíveis, o sintoma é o branqueamento das folhas. A variabilidade genética da tolerância ao herbicida é nítida e a cultivar BRS Primavera é mais sensível ao produto. Alguns “safeners” (protetores), ainda em estudo, têm promovido menor toxicidade às cultivares sensíveis.

659





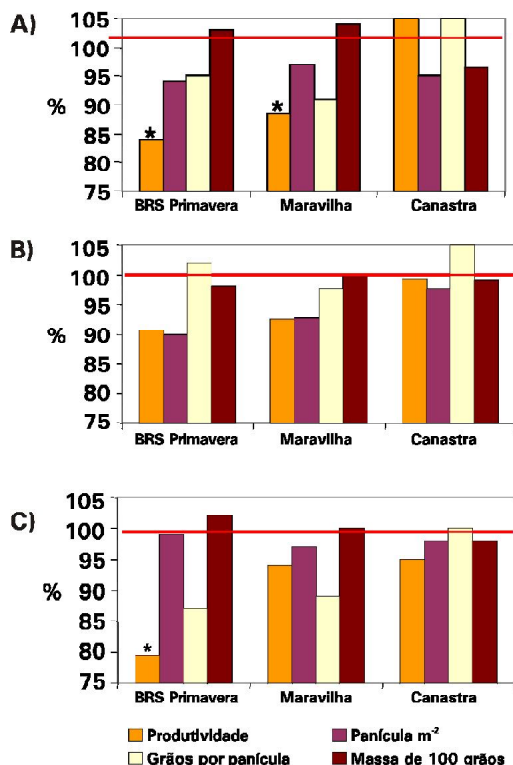
A seletividade do arroz ao metsulfuron-metil depende da cultivar e do estágio da planta na época da aplicação. A pulverização aos dez dias após a emergência (DAE) diminuiu em 17% a produtividade de grãos da cultivar BRS Primavera em relação à testemunha (Cobucci & Portela, 2001). O efeito é devido à diminuição do número de panículas por m<sup>2</sup> e do número de grãos por panícula (Fig. 16.1). Aos 20 DAE não há problemas da aplicação do produto. Esse herbicida não causa toxicidade nas cultivares Maravilha e Canastra, quando aplicado nos estádios citados, 10 e 20 DAE.



**Fig. 16.1.** Média percentual da produtividade, do número de panículas por m<sup>2</sup>, do número de grãos panícula<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos das cultivares BRS Primavera, Maravilha e Canastra, em relação à testemunha avaliadas em resposta a 2,4 g x ha<sup>-1</sup> de metsulfuron-metil; A) aos 10 DAE e B) aos 20 DAE em quatro ensaios.

O perfilhamento das gramíneas, em geral, está diretamente ligado à relação dos hormônios citocinina/auxina na planta. Quanto menor a relação, maior a dominância apical e menor o perfilhamento (Skoog & Armstrong, 1970). O herbicida 2,4-D é uma auxina e sua aplicação aumenta a concentração do hormônio na planta, incrementa a dominância apical e, conseqüentemente, diminui o perfilhamento. Chao et al. (1994) verificaram que 2,4-D diminuiu o perfilhamento em cevada devido ao aumento da dominância apical. Segundo Cobucci & Portela (2001), aplicações de 2,4-D aos 10 e 20 dias após emergência do arroz, diminuíram o número de panículas x m<sup>2</sup>, devido à diminuição do perfilhamento, promovendo reduções da produtividade nas cultivares BRS Primavera e Maravilha. A aplicação aos 30 DAE não afetou o perfilhamento mas reduziu o número de grãos panícula<sup>-1</sup> nessas cultivares, o que também determinou redução na produtividade de grãos. O 2,4-D não causou toxicidade na cultivar Canastra e, com isso, a produtividade não foi afetada (Fig. 16.2). O 2,4-D reduz o número de grãos na espiga do trigo, devido a interferências na esporogênese e diferenciação do primórdio floral (Olson et al., 1951; Derscheid, 1952; Longchamp et al., 1952; Pinthus & Natowitz, 1967). No arroz provavelmente ocorre o mesmo.





	BRS Primavera		Maravilha		Canastra	
	Testemunha	C.V.(%)	Testemunha	C.V.(%)	Testemunha	C.V.(%)
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	4398	14,6	5900	12,7	4779	15,6
Panícula m <sup>2</sup>	159	8,7	268	7,2	221	7,9
Grãos por panícula	158	12,0	145	14,9	118	12,9
Moesa de 100 grãos (g)	2,0	1,3	1,8	11,8	2,1	6,0

\* Médias diferem da testemunha (100%) pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade

**Fig. 16.2.** Média percentual da produtividade, do número de panículas por m<sup>2</sup>, do número de grãos panícula<sup>-1</sup> e de massa 100 grãos de quatro ensaios, em relação à testemunha das cultivares BRS Primavera, Maravilha e Canastra, avaliadas em resposta ao 2,4-D (502 g ha<sup>-1</sup>): A) aos dez dias após emergência (DAE); B) aos 20 DAE; e C) aos 30 DAE.

Aplicações precoces, aos 10 e 20 DAE, do gramínicida pós-emergente fenoxaprop-p-etil na cultivar BRS Primavera, diminuem o número de panículas m<sup>2</sup>, devido às injúrias iniciais (Fig. 16.3) e, conseqüentemente, diminuem a produtividade de grãos. Aplicações de clefoxydin, nas mesmas épocas, causaram problema similar nas cultivares BRS Primavera e Maravilha (Fig. 16.4). Aplicações dos dois produtos aos 30 DAE não afetaram o arroz.



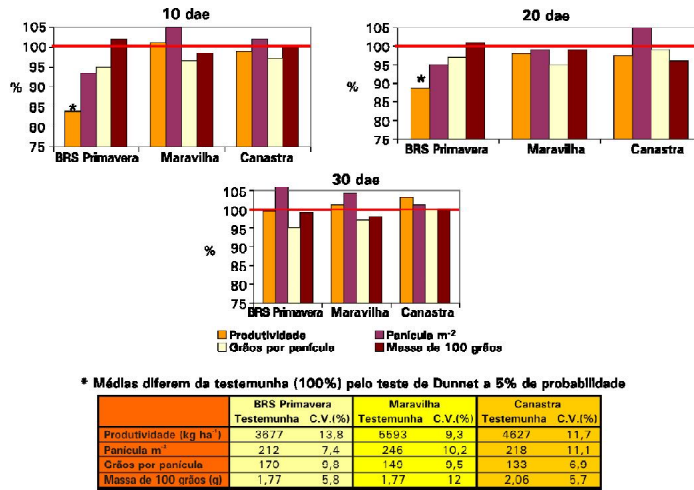


Fig. 16.3. Média percentual da produtividade e seus componentes das cultivares BRS Primavera, Maravilha e Canastra, em resposta ao fenoxaprop-p-etil (41,4 g ha<sup>-1</sup>), aos 10, 20 e 30 dias após emergência (DAE). Santa Helena de Goiás, GO, 1998/1999 e Santo Antônio de Goiás, GO, 1999/2000.

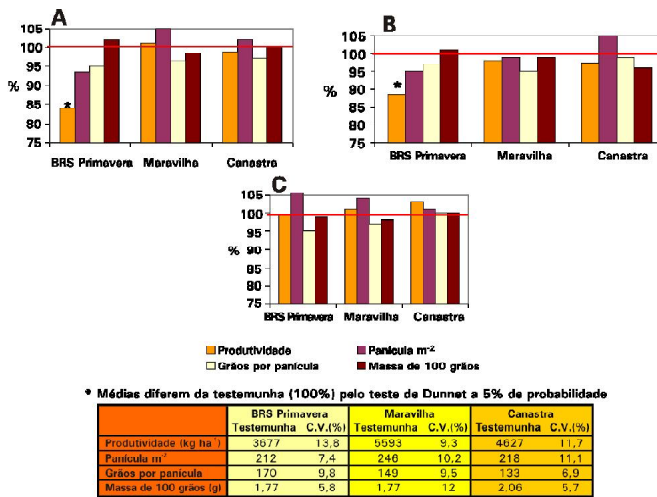
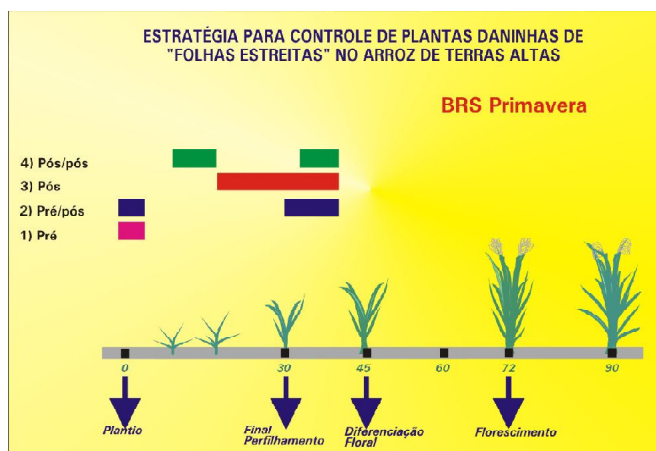


Fig. 16.4. Média percentual da produtividade, do número de panículas por m<sup>2</sup>, do número de grãos por panicula e de massa de 100 grãos de quatro ensaios, em relação à testemunha das cultivares BRS Primavera, Maravilha e Canastra, avaliadas em resposta ao clefoxydin (120 g ha<sup>-1</sup>): A) aos dez dias após emergência (DAE); B) aos 20 DAE; e C) aos 30 DAE.



## Controle de plantas daninhas de folhas estreitas

Na Fig. 16.5 são apresentadas as opções de controle de plantas daninhas de folhas estreitas.



**Fig. 16.5.** Estratégias para controle de plantas daninhas de "folhas estreitas" na cultura do arroz de terras altas.

- a) Pré-emergência: fundamental em áreas que, pelo histórico de utilização, sabe-se que são infestadas.
- b) Aplicação seqüencial em pré-emergência e, após 30 dias, aplicação de pós-emergência. Essa modalidade é necessária para áreas que possuem infestação acentuada de braquiária e timbete. Há necessidade de se reduzir as doses em pré e pós-emergência.
- c) Aplicação somente em pós-emergência: indicada para áreas que não possuem histórico de infestações expressivas e que ocorrem durante a condução da cultura.
- d) Aplicação seqüencial em pós-emergência, a primeira aos dez DAE e, a segunda, aos 30 DAE. Esta modalidade torna-se necessária quando não se aplicam herbicidas em pré-emergência e, com isso, ocorre alta infestação inicial, que não pode ser controlada com

663



apenas uma aplicação em pós-emergência. A pulverização inicial deve ser executada com doses menores que as indicadas, ou com “safeners”, para evitar toxicidade à cultura, que também está em estágio inicial. Essa modalidade de aplicação justifica-se, também, pois os herbicidas pré-emergência, no caso do plantio direto, geralmente não conseguem ultrapassar a cobertura morta e não atingem o alvo.

- e) Aplicação precoce aos 10 DAE de produto de pré-emergência, adicionado a um outro de pós-emergência. Essa modalidade é utilizada quando, por opção ou por desconhecimento, deixou-se de aplicar os herbicidas de pré-emergência e, logo após a emergência da cultura, verifica-se a ocorrência de alta infestação de invasoras. Com a mistura dos dois herbicidas, o de pós-emergência controla as plantas daninhas existentes e o de pré-emergência possibilita um maior período de controle.

A melhor opção dependerá do custo dos herbicidas, preço do arroz, população e tipo das plantas daninhas e sistemas de cultivo.

Os comentários a seguir referem-se à comparações entre as estratégias de controle de plantas daninhas de folhas estreitas com base em situações práticas de campo: aplicações isoladas de pré-emergência; aplicações seqüenciais (Pré/Pós ou Pós inicial/Pós normal); e aplicações isoladas em pós-emergência.

Foram desenvolvidas pesquisas em Santo Antônio de Goiás, GO, e Primavera do Leste, MT, na safra 1997/1998, com a cultivar Caiapó em área com infestação mista. Verificou-se deficiência nas aplicações isoladas de pré-emergência, independentemente de terem sido executadas com pendimethalin, trifluralin ou oxadiazon. *Brachiaria decumbens*, em Santo Antônio de Goiás, e *Cenchrus echinatus*, em Primavera do Leste, não foram adequadamente controlados. As aplicações seqüenciais possibilitaram produtividades de 4,8 a 35,1 sacas  $ha^{-1}$  a mais que aquelas obtidas nas aplicações isoladas de pré-emergência, devido ao melhor controle das plantas daninhas (Tabela 16.8).

Considerando os preços dos herbicidas e o da saca de arroz, fixado em R\$ 14,00 (outubro/1996), o aumento máximo do custo total das aplicações seqüenciais com relação às isoladas foi de R\$ 32,00  $ha^{-1}$ , o que equivale a 2,3 sacas  $ha^{-1}$  de arroz (Tabela 16.9). Assim, considerando o incremento da produtividade de grãos, as aplicações seqüenciais justificam-se, economicamente.

664



**Tabela 16.8.** Produtividade de arroz de terras altas afetada pela dose e época de aplicação de herbicidas, em Santo Antônio de Goiás, GO, em 1997/1998.

Tratamento	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Época de aplicação	Produtividade (sacas ha <sup>-1</sup> )	Ganho (sacas ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>
Oxadiazon	1.000	Pré	44,8	
Trifluralin	1.800	Pré	33,9	
Pendimethalin	1.250	Pré	44,7	
Oxadiazon/fenoxaprop-p-etil	600 / 27,6	Pré / Pós	49,6	4,8
Trifluralin/fenoxaprop-p-etil	1.200 / 27,6	Pré / Pós	64,1	30,2
Pendimethalin/fenoxaprop-p-etil	750 / 27,6	Pré / Pós	67,1	22,4
Fenoxaprop-p-etil	27,6	Pós	32,0	
Fenoxaprop-p-etil	41,4	Pós	33,9	
Testemunha	-		5,8	

<sup>(1)</sup> Diferença entre as produtividades obtidas com a aplicação única de pré-emergência e a aplicação seqüencial de pré e pós-emergência.

**Tabela 16.9.** Custo de aplicação dos herbicidas em arroz de terras altas, em Santo Antônio de Goiás, GO, em 1996/97.

Tratamento	Dose (g ha <sup>-1</sup> )	Época de aplicação	Custo <sup>(1)</sup> (US\$)		
			Produto	Aplicação	Total
Oxadiazon	1.000	Pré	45,00	5,00	50,00
Trifluralin	1.800	Pré	24,00	5,00	29,00
Pendimethalin	1.250	Pré	25,00	5,00	30,00
Oxadiazon/fenoxaprop-p-etil	600 / 27,6	Pré / Pós	43,40	10,00	53,40
Trifluralin/fenoxaprop-p-etil	1.200 / 27,6	Pré / Pós	26,40	10,00	36,40
Pendimethalin/fenoxaprop-p-etil	750 / 27,6	Pré / Pós	31,40	10,00	41,40
Fenoxaprop-p-etil	27,6	Pós	16,40	5,00	21,40
Fenoxaprop-p-etil	41,4	Pós	24,60	5,00	29,60

<sup>(1)</sup> Premerlin = US\$ 8,00 L<sup>-1</sup>; Herbadox = US\$ 10,00 L<sup>-1</sup>; Ronstar = US\$ 18,00 L<sup>-1</sup>; WhipS = US\$ 41,00 L<sup>-1</sup>.

É necessário, contudo, que a decisão por uma ou outra opção de controle, seja tomada com base na tendência de preços do arroz, dos produtos a serem utilizados e do custo da aplicação, para verificar qual a melhor.

A aplicação seqüencial de produtos em pré e pós-emergência resulta em melhor controle, devido aos produtos se complementarem, propiciando o controle de um maior número de espécies daninhas, além de diminuir a fitotoxicidade, devido às menores doses aplicadas dos produtos pré-emergentes.

665



Para o sucesso da aplicação seqüencial, há necessidade da ação eficiente dos herbicidas em pré-emergência e da aplicação correta do herbicida em pós-emergência. No caso de aplicação em pré-emergência, a umidade adequada do solo é fundamental, bem como o estágio das plantas daninhas e da cultura, na aplicação pós-emergência. A época da aplicação será determinada pelo estágio das plantas daninhas provenientes do escape da aplicação em pré-emergência e do estágio do arroz. Nesta aplicação, como se usa dose reduzida, é muito importante que o estágio das plantas daninhas não ultrapasse o primeiro perfilho e as plantas de arroz estejam com, no mínimo, 25 dias de emergência. Plantas daninhas em estágio mais avançado, requerem maior dose do produto, acarretando maior risco de fitotoxicidade, assim como arroz com idade inferior a 25 DAE.

Foram realizados também dois trabalhos para verificar a eficiência de diversas modalidades de aplicação no controle de *Cenchrus echinatus*, um em Primavera do Leste, com a cultivar BRS Primavera, e outro em Campo Novo do Parecis, MT, com a Maravilha, ambos na safra 1999/2000. Outros dois trabalhos com o mesmo objetivo, porém visando ao controle de *Brachiaria plantaginea*, foram conduzidos em Santa Helena de Goiás, com a cultivar Canastra, e em Santo Antônio de Goiás, GO, com a BRS Primavera.

Nas aplicações somente com os herbicidas de pré-emergência, em Primavera do Leste, o controle de *Cenchrus echinatus* com trifluralin 600 foi ineficiente, e regular com pendimethalin e clomazone, porém inferiores aos das outras estratégias de aplicação. Nas aplicações isoladas em pré-emergência, foi verificada toxicidade do clomazone aos 14 DAE do arroz. Observações de campo têm mostrado que a cultivar BRS Primavera apresenta maior sensibilidade a este herbicida, quando comparada às demais (Fig. 16.6).

O tratamento com clomazone apresentou menor relação benefício/custo (Tabela 16.10), em virtude do seu custo total de aplicação, embora as médias de produtividade de grãos não tenham sido significativamente menores. O tratamento com trifluralin, apesar do custo mais baixo, apresentou menor relação benefício/custo devido ao controle inferior da planta daninha e menor produtividade de grãos. Para o tratamento com pendimethalin, a relação benefício/custo também não foi a ideal, pois, apesar de um custo baixo, a produtividade foi média. Nesse trabalho, a aplicação isolada de pré-emergência não foi a melhor estratégia de controle.

666



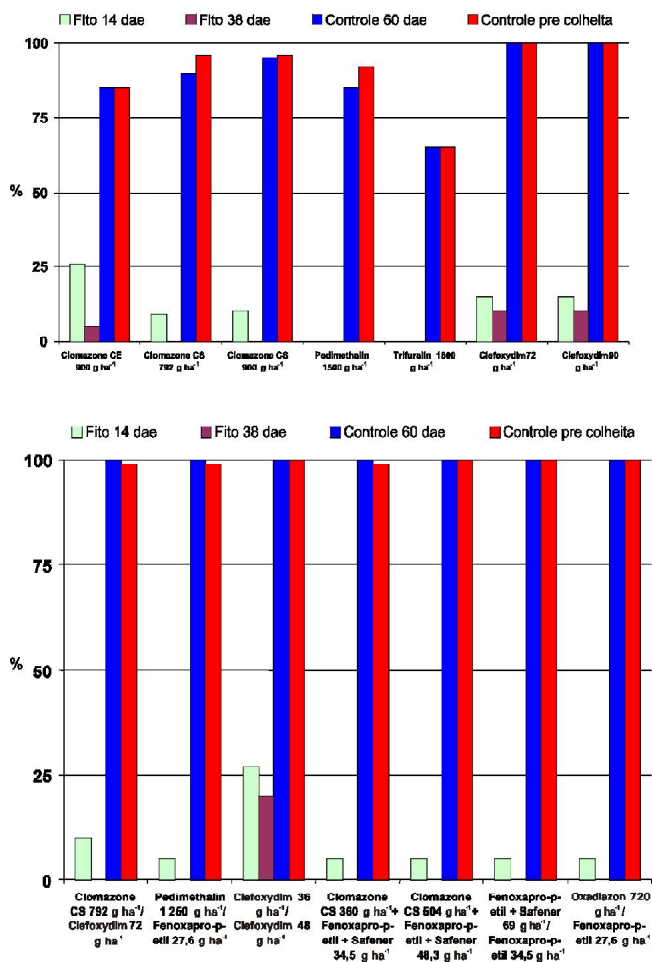


Fig. 16.6. Porcentagem de fitotoxicidade aos 14 e 38 dias após emergência (DAE) e de controle aos 60 DAE e pré-colheita em Primavera do Leste, MT, em 1999/2000.

A aplicação seqüencial de fenoxaprop-p-etil + *safener* em pós-emergência precoce e fenoxaprop-p-etil em pós-emergência apresentou um excelente controle das plantas daninhas (Fig. 16.6). As aplicações seqüenciais, pré e pós, mostraram-se altamente eficientes. Oxadiazon e fenoxaprop-p-etil e pendimethalin/fenoxaprop-p-etil encontram-se entre as opções de maior relação benefício/custo (Tabela 16.10). Isso mostra que, na aplicação seqüencial de produtos pré e pós, o custo da aplicação do







**Tabela 16.10.** Produtividade de arroz de terras altas em resposta à aplicação de herbicidas e relação benefício/custo, em Primavera do Leste, MT, em 1999/2000.

Tratamentos	Dose g l/a/ha	Prod. kg/ha	Renda Bruta <sup>1)</sup> R\$/ha	Renda Bruta <sup>2)</sup> R\$/ha	Custo Herb R\$/ha	Custo Total R\$/ha	Ben./Custo R\$ 14/SC	Ben./Custo R\$ 12/SC
1. Clomazone CS	792	3389,53	790,89	677,91	88,2	558,20	1,42	1,21
2. Clomazone CS	900	3276,79	764,59	665,36	98,7	568,70	1,34	1,15
3. Clomazone CE	900	3048,67	711,36	609,73	95,3	565,30	1,26	1,08
4. Clomazone/clefoxydim	792/78	3440,72	802,83	688,14	163	633,00	1,27	1,09
5. Clomazone + fenoxaprop-p-etil + safener	360+34,5	3637,39	848,72	727,48	76,5	546,50	1,55	1,33
6. Clomazone + fenoxaprop-p-etil + safener	504+48,3	3660,95	854,22	732,19	103,1	573,10	1,49	1,28
7. Fenoxaprop-p-etil + safener / fenoxaprop-p-etil	69+34,5	4112,36	959,55	822,47	119	599,00	1,63	1,40
8. Penilmetalin	1500	3475,85	811,03	685,17	55,8	525,80	1,54	1,32
9. Penilmetalin/fenoxaprop-p-etil	1250/27,6	3787,97	879,19	753,59	87,8	557,80	1,58	1,35
10. Oxadiazon/fenoxaprop-p-etil	720/27,6	3950,93	921,88	790,19	109,2	579,20	1,59	1,36
11. Trifluralin	1800	3238,51	756,89	647,90	45	515,00	1,47	1,26
12. Clefoxydim/Clefoxydim	36/48	3325,36	775,92	665,07	90	560,00	1,39	1,19
13. Clefoxydim	72	3225,99	752,73	645,20	70	540,00	1,39	1,19
14. Clefoxydim	90	3590,80	836,52	716,16	85	555,00	1,51	1,29

<sup>1)</sup>Calculado a partir de R\$ 14/ saca de arroz

<sup>2)</sup>Calculado a partir de R\$ 12/ saca de arroz

pós-emergência é compensado com o aumento da produtividade de grãos devido ao melhor controle de plantas daninhas (Tabela 16.10). A aplicação de clefoxydim em pós-emergência apresentou-se altamente eficiente no controle da planta daninha. Foi observada toxicidade no arroz aos 38 DAE. A cultivar BRS Primavera apresenta sensibilidade ao herbicida isolado e, como ainda foi usado o espalhante Dash 0,5% v/v, o que tornou o clefoxydim mais ativo. A maior injúria nas plantas (Fig. 16.6), ocasionou redução na produtividade, acarretando menor relação benefício/custo (Tabela 16.10).

De forma semelhante ao que aconteceu em Primavera do Leste, em Campo Novo do Parecis, MT, o controle de *Cenchrus echinatus* não foi eficiente com aplicações isoladas de herbicidas em pré-emergência, sendo trifluralin 600 o menos eficiente. As aplicações isoladas em pré-emergência não apresentaram satisfatória relação benefício/custo (Tabela 16.11). A aplicação seqüencial de fenoxaprop-p-etil + safener em pós-emergência precoce e fenoxaprop-p-etil em pós-emergência apresentou excelente controle da planta daninha, porém com mais fitotoxicidade sem, entretanto, reduzir a produtividade (Fig. 16.7).

**Tabela 16.11.** Produtividade de arroz de terras altas em resposta à aplicação de herbicidas e relação benefício/custo, em Campos Novos do Parecis, MT, em 1999/2000.

Tietamertes	Dose g l.a./ha	Prod. kg/ha	Renda Bruta <sup>a)</sup> R\$/ha	Renda Bruta <sup>b)</sup> R\$/ha	Custo Hero R\$/ha	Custo Total R\$/ha	Ben./Custo R\$ 14/SC	Ben./Custo R\$ 12/SC
1. Omazone CS	792	2492,74	581,64	496,55	88,2	508,20	1,14	0,98
2. Omazone CS	900	2169,55	622,89	533,91	98,7	518,70	1,20	1,03
3. Omazone CE	900	2807,44	655,07	561,49	95,3	515,30	1,27	1,09
4. Omazone/clefoxydim	792/78	2636,21	615,11	527,24	163	583,00	1,06	0,90
5. Omazone + fenoxaprop-p-etil + safener	360 + 34,5	3055,78	713,02	611,16	76,5	486,50	1,44	1,23
6. Omazone + fenoxaprop-p-etil + safener	504 + 46,3	2765,65	645,32	553,13	103,1	523,10	1,23	1,06
7. Fenoxaprop-p-etil + safener / fenoxaprop-p-etil	66 + 34,5	2759,78	643,95	551,96	119	539,00	1,19	1,02
8. Pendimethalin	500	2718,46	634,31	543,69	55,3	475,80	1,33	1,14
9. Pendimethalin/fenoxaprop-p-etil	1250/27,6	2723,35	635,45	544,67	87,8	507,80	1,26	1,07
10. Oxadiazon/fenoxaprop-p-etil	720/27,6	2852,41	655,55	570,48	109,2	529,20	1,26	1,08
11. Trifluralin	800	2618,29	610,93	523,66	45	465,00	1,31	1,13
12. Clefoxydim/clefoxydim	56/48	2804,66	654,42	560,93	90	510,00	1,26	1,10
13. Clefoxydim	72	2636,20	615,58	527,64	70	490,00	1,26	1,08
14. Clefoxydim	90	2775,13	647,53	555,03	85	505,00	1,26	1,10

<sup>a)</sup> Calculado a partir de R\$ 14/ sacca de arroz

<sup>b)</sup> Calculado a partir de R\$ 12/ sacca de arroz



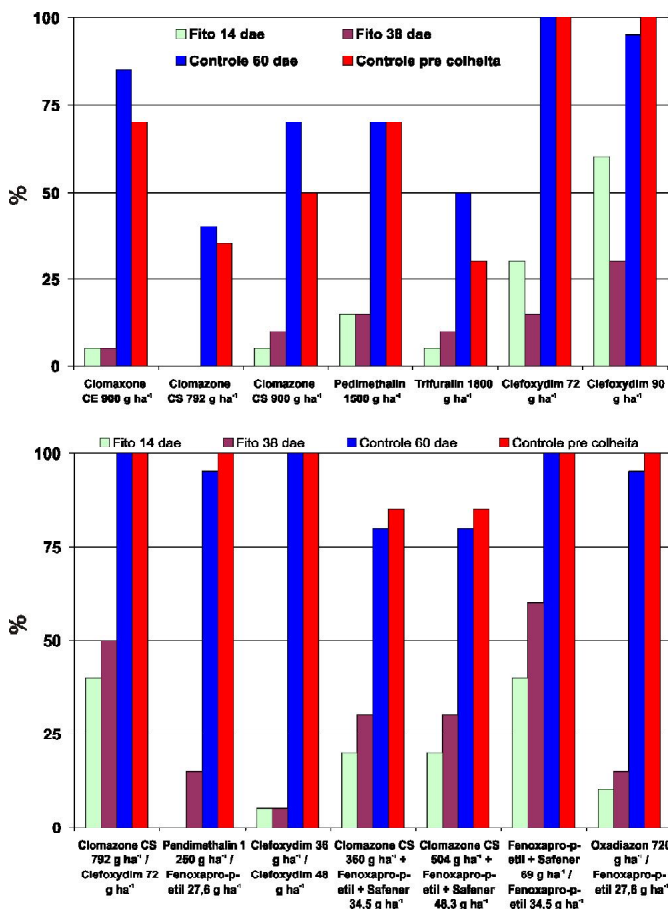


Fig. 16.7. Porcentagem de fitotoxicidade aos 14 e 38 DAE e de controle aos 60 DAE em pré-colheita da cultivar BRS Primavera, em Campos Novos do Parecis, MT, em 1999/2000.

As aplicações seqüenciais, em pré e pós-emergência, mostraram-se altamente eficientes no controle das planta daninhas, porém somente as aplicações seqüenciais de pendimethalin ou oxadiazon e fenoxaprop-etil apresentaram satisfatória relação benefício/custo. Isso foi devido ao menor custo dos tratamentos (Tabela 16.11). A aplicação em pós-emergência com clefoxydim apresentou-se altamente eficiente no controle de *Cenchrus echinatus*, mas foi observada toxicidade no arroz aos 38 DAE (Fig. 16.7). Assim, a relação benefício/custo também foi reduzida.

670



Em Santa Helena de Goiás, GO, em sistema de plantio direto, as aplicações isoladas em pré emergência, não foram eficientes dada a grande quantidade de palhada na época da aplicação, com massa seca superior a 5 t ha<sup>-1</sup>. Na colheita, o controle foi quase nulo e, dessa forma, a produtividade de grãos foi muito baixa (Fig. 16.8 e Tabela 16.12). Aplicação seqüencial de fenoxaprop-p-etil + *safener*, em pós-precoce, e fenoxaprop-p-etil, em pós-emergência, apresentou excelente controle das plantas daninhas com baixo efeito fitotóxico (Fig. 16.8). A produtividade de grãos, apesar de não ser das melhores, proporcionou boa relação benefício/custo, em função do menor custo da aplicação, quando comparado aos tratamentos seqüenciais pré-emergência e clefoxydin, que tiveram maiores produtividades.

As aplicações seqüenciais, pré e pós, mostraram-se altamente eficientes no controle das plantas daninhas, quando se utilizou clefoxydin em pós-emergência (Fig. 16.8). Tal controle proporcionou uma boa relação benefício/custo (Tabela 16.12).

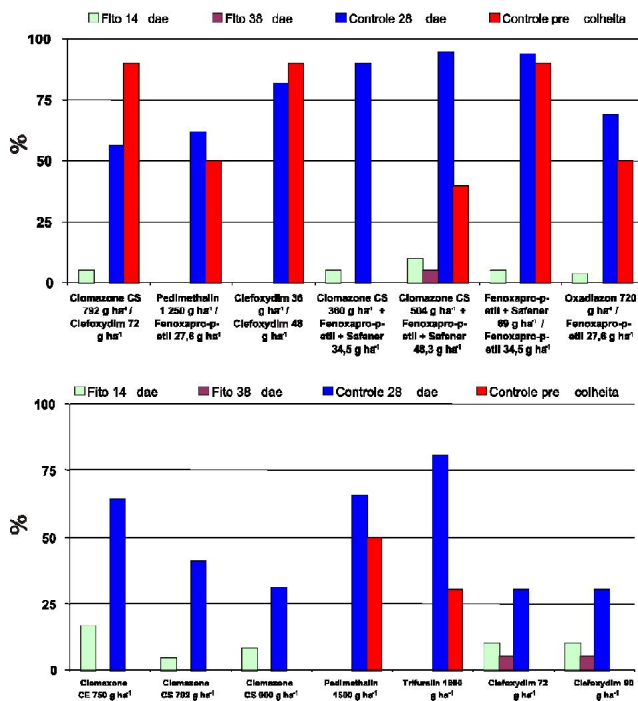


Fig. 16.8. Porcentagem de fitotoxicidade aos 14 e 38 DAE e de controle aos 60 DAE em pré-colheita, em Santa Helena de Goiás, GO, em 1999/2000.



**Tabela 16.12.** Produtividade de arroz de terras altas em resposta à aplicação de herbicidas e relação benefício/custo, Santa Helena de Goiás, GO, em 1999/2000.

Tratamentos	Dose g l.a./ha	Prod. Kg/ha	Renda Bruta <sup>a</sup> R\$/ha	Renda Bruta <sup>b</sup> R\$/ha	Custo Herb R\$/ha	Custo Total R\$/ha	Ben./Custo R\$ 14/SC	Ben./Custo R\$ 12/SC
1. Clomazone CS	792	0,00	0,00	0,00	88,2	708,20	0,00	0,00
2. Clomazone CS	900	0,00	0,00	0,00	98,7	718,70	0,00	0,00
3. Clomazone CE	900	0,00	0,00	0,00	95,3	715,30	0,00	0,00
4. Clomazone/clefoxydim	792/78	4488,35	1047,28	897,87	163	783,00	1,34	1,15
5. Clomazone + fenoxaprop-p-etil + safener	350 + 34,5	1319,72	307,83	263,94	76,5	666,50	0,00	0,00
6. Clomazone + fenoxaprop-p-etil + safener	574 + 48,3	3922,75	915,31	784,55	103,1	723,10	0,43	0,37
7. Fenoxaprop-p-etil + safener/fenoxaprop-p-etil	69 + 34,5	699,55	163,23	139,91	119	729,00	1,24	1,06
8. Pendimethalin	1500	699,55	163,23	139,91	55,8	675,80	0,24	0,21
9. Pendimethalin/fenoxaprop-p-etil	1250/27,6	3571,37	833,32	714,27	87,8	707,80	1,18	1,01
10. Oxifluzor/fenoxaprop-p-etil	720/27,6	3943,32	920,11	788,68	109,2	729,20	1,26	1,08
11. Trifluralin	1800	477,38	111,39	95,48	45	665,00	0,17	0,14
12. Clefoxydim/Clefoxylin	36/43	4452,32	1038,87	890,48	90	710,00	1,46	1,25
13. Clefoxylin	72	528,72	123,37	105,74	70	860,00	0,18	0,15
14. Clefoxylin	90	339,64	79,25	67,93	85	765,00	0,11	0,10

<sup>a)</sup> Calculado a partir de R\$ 14/ saca de arroz  
<sup>b)</sup> Calculado a partir de R\$ 12/ saca de arroz

672



A aplicação de clefoxydim em pós emergência foi realizada aos 30 DAE, data em que a planta daninha apresentava-se em estágio muito avançado, com mais de seis perfilhos, possibilitando-lhe competição com a cultura (Fig. 16.8). Assim, o controle foi ineficiente, causando baixas produtividades de grãos (Tabela 16.12).

Em Santo Antônio de Goiás, GO, utilizou-se o sistema de plantio direto numa palhada correspondente a 2 t ha<sup>-1</sup> de M.S, o que explica o

bom controle com clomazone e trifluralin (abaixo da aplicação seqüencial pré e pós). Pendimethalin apresentou baixo controle da planta daninha. Clomazone causou efeito fitotóxico à cultura até aos 38 DAE, proporcionando baixas produtividades, principalmente na formulação CE que, assim como em Primavera do Leste, apresentou-se mais fitotóxico e com menor efeito residual no solo (Fig. 16.9). A aplicação seqüencial de fenoxaprop-p-etil + *safener* em pós-precoce e fenoxaprop-p-etil em pós-emergência normal apresentou bom controle da invasora, com baixo efeito fitotóxico. A produtividade de grãos, apesar de não ser das maiores, proporcionou uma das melhores relações benefício/custo (Tabela 16.13).

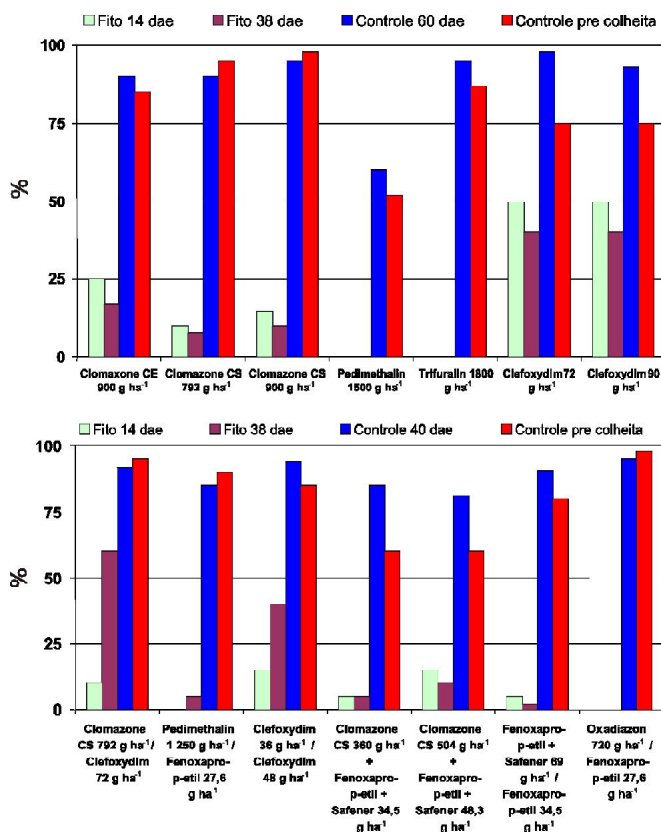


Fig. 16.9. Porcentagem de fitotoxicidade aos 14 e 38 DAE e de controle aos 60 DAE em pré-colheita, em Santo Antônio de Goiás, GO, em 1999/2000.





**Tabela 16.13.** Produtividade de arroz de terras altas em resposta da aplicação de herbicidas e relação benefício/custo, em Santo Antônio de Goiás - GO, 1999/2000.

Treatamentos	Dose g.i.a./ha	Prod. Kg/ha	Renda Bruta <sup>10</sup> R\$/ha	Renda Bruta <sup>11</sup> R\$/ha	Custo Herb R\$/ha	Custo Total R\$/ha	Ben./Custo R\$ 14/SC	Ben./Custo R\$ 12/SC
1. Clomazone CS	792	3100,00	723,33	620,30	88,2	818,20	0,88	0,76
2. Clomazone CS	900	2896,00	668,73	573,20	98,7	828,70	0,81	0,69
3. Clomazone CF	300	0,00	0,00	0,00	95,3	825,30	0,00	0,00
4. Clomazone/clefoxydim	792/78	0,00	0,00	0,00	163	893,00	0,00	0,00
5. Clomazone + fenoxaprop-p-etil + safener	360+34,5	0,00	0,00	0,00	76,5	806,50	0,00	0,00
6. Clomazone + fenoxaprop-p-etil + safener	504+48,3	0,00	0,00	0,00	103,1	833,10	0,00	0,00
7. Fenoxaprop-p-etil + safener/ fenoxaprop-p-etil	89+34,5	4236,00	698,10	847,30	119	849,00	1,17	1,00
8. Pendimethalin	1500	3195,00	738,03	632,50	95,8	785,80	0,94	0,81
9. Pendimethalin/fenoxaprop-p-etil	1250/27,6	4536,00	1065,87	913,50	87,8	817,80	1,30	1,12
10. Oxadiazon/fenoxaprop-p-etil	720/27,6	4950,00	1155,00	990,30	108,2	839,20	1,38	1,18
11. Trifluralin	1800	3614,00	819,93	702,90	45	775,00	1,06	0,91
12. Clefoxydim/clefoxydim	36/48	2400,00	560,00	480,30	90	820,00	0,68	0,59
13. Clefoxydim	72	0,00	0,00	0,00	70	800,00	0,00	0,00
14. Clefoxydim	90	2075,00	484,17	415,30	65	815,00	0,59	0,51

<sup>10</sup> Calculado a partir de R\$ 14/ saca de arroz  
<sup>11</sup> Calculado a partir de R\$ 12/ saca de arroz

As aplicações sequenciais, pré e pós, mostraram-se altamente eficientes no controle das plantas daninhas, com destaque para oxadiazon e fenoxaprop-p-etil, e pendimethalin e fenoxaprop-p-etil (Fig. 16.9), que apresentaram as melhores relações benefício/custo (Tabela 16.13). Clomazone e clefoxydim apresentaram uma alta fitotoxicidade (Fig. 16.9). A aplicação de clefoxydim em pós-emergência apresentou-se altamente eficiente no controle de *Brachiaria decumbens*. Foi observada, entretanto, toxicidade ao arroz, mesmo aos 38 DAE. A cultivar BRS Primavera apresentou maior sensibilidade ao herbicida e, além disso, com o uso do

espalhante Dash 0,5% v/v, o produto ficou mais ativo, o que incrementou a injúria nas plantas (Fig. 16.9). Em conseqüência, houve redução na produtividade, que acarretou menor relação benefício/custo (Tabela 16.13).

### Controle de plantas daninhas de folhas largas

Embora as plantas daninhas mais prejudiciais à cultura do arroz de terras altas sejam as de folhas estreitas, podem ocorrer infestações de plantas com folhas largas que necessitem ser controladas. Nesse caso, as aplicações são feitas em pós-emergência, apesar de alguns herbicidas aplicados em pré-emergência, visando ao controle de plantas daninhas de folhas estreitas, possuírem ação sobre algumas das de folhas largas. Para o controle de plantas daninhas de folhas largas, são utilizados os herbicidas metsulfuron-metil (Ally) e 2,4-D, aplicados em épocas diferentes.

O metsulfuron-metil apresenta melhor eficiência de controle quando aplicado no estágio inicial das plantas daninhas, ou seja, com duas a quatro folhas, como amendoim-bravo, trapoeraba (Tabela 16.14), corda-de-viola e, principalmente, erva-de-touro. Assim, ele pode ser pulverizado de 15 dias após a emergência do arroz até os estádios indicados das plantas daninhas com adição de 0,2% v/v de óleo mineral. Apesar de menos exigente que o 2,4-D com relação aos estádios da cultura na época da aplicação, cuidados devem ser tomados, dependendo da cultivar e do estágio da cultura.

**Tabela 16.14.** Porcentagem de controle de leiteiro (*E. heterophylla*), carrapicho-de-carneiro (*A. hispidum*) e trapoeraba (*C. benghalensis*) aos 48 após a aplicação dos herbicidas, em dois estádios de desenvolvimento das plantas daninhas, em Santo Antônio de Goiás, GO, 1997.

Herbicida	Dose (p.c. ha <sup>-1</sup> )	Controle (%)					
		Leiteiro		Carrapicho		Trapoeraba	
		2-4 folhas	6-8 folhas	2-4 folhas	6-8 folhas	2-4 folhas	6-8 folhas
Metsulfuron-metil	3,3 g	85	65	100	100	94	62
Metsulfuron-metil	4,0 g	93	68	100	100	94	76
Metsulfuron-metil	5,0 g	94	69	100	100	94	76
Metsulfuron-metil	6,6 g	95	75	100	100	93	87
2,4-D (670)	1,0 L	-	88	-	100	-	96

O 2,4-D, por suas características de seletividade com relação ao arroz de terras altas e por ter melhor eficiência em plantas daninhas mais desenvolvidas que o metsulfuron-metil, é indicado também para aplicações mais tardias. Normalmente é utilizado em infestações em que o metsulfuron-metil só controla as plantas daninhas nos estádios iniciais, como, por exemplo, erva-de-touro.

675





Do ponto de vista prático, a cultura do arroz deve ficar livre da interferência de plantas daninhas a partir de 15 DAE. Em áreas altamente infestadas, onde a emergência das plantas daninhas pode ocorrer junto com a do arroz, é imperativo que o controle seja feito antes dos 35 DAE, o que inviabiliza a aplicação de 2,4-D.

### **Controle de infestações mistas**

Há situações de infestação mista, plantas daninhas de folhas estreitas e largas, que necessita ser controlada em pós-emergência. As pulverizações, entretanto, devem ser separadas por uns sete dias, já que o latifolicida, se misturado ao graminicida, prejudica a ação deste. Nesse caso, o primeiro produto a ser aplicado é aquele que controla as plantas daninhas que apresentam infestação mais intensa, respeitando os princípios de seletividade.

### **COMPETITIVIDADE DO ARROZ EM RELAÇÃO ÀS PLANTAS DANINHAS**

A capacidade competitiva das plantas daninhas depende muito do momento da emergência em relação ao arroz, de tal forma que, quando se propicia uma germinação mais rápida da cultura e, ocorrendo, também, atraso na emergência das plantas daninhas, a competição será menor. A maneira de induzir o atraso da emergência e do desenvolvimento das plantas daninhas seria a mistura de herbicida de efeito residual no solo com herbicida de pré-semeadura (dessecação). Essa técnica não é recomendada por estar ainda em estudo. Para que se tenha pleno domínio dela, serão fundamentais, dentre outros, dados econômicos e de lixiviação dos produtos da palhada para o solo.

Outro modo seria o estímulo da emergência do primeiro fluxo de plantas daninhas antes da semeadura e do seu controle. Cobucci & Portela (1999) desenvolveram trabalhos nesse sentido. Os tratamentos em que foram feitas aplicações sequenciais de herbicidas sistêmicos aos vinte dias antes da semeadura e, de contato, na semeadura, apresentaram uma diminuição significativa do número de plantas de braquiária em relação aos tratamentos padrões, isto é, sistêmicos aos sete dias antes da semeadura e aos 30 dias após a semeadura. Com a dessecação antecipada, houve maior entrada de luz, o que estimulou a emergência das plantas daninhas, as quais foram controladas com o herbicida de contato. Os autores concluíram que a aplicação sequencial de herbicidas, sistêmico e de contato, no manejo da área para a semeadura direta do arroz de terras altas resulta na eliminação do primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas antes da semeadura, possibilitando a redução das doses dos herbicidas de pós-emergência.

676



## REFERÊNCIAS

- ABUD, J. K. Efeitos de diferentes doses de herbicida bensulfuron-metil, comparado ao bentazon e 2,4-D éster no controle de *Cyperus iria* L. e *Aeschynomene rudis* Benth. em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 250-252.
- ANDRADE, V. A. de. Efeito da diversidade de capim-arroz na produtividade de arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 35, n. 335, p. 30-32, maio/jun. 1982.
- AZMI, M.; MASHHOR, M.; OOI, P.; LIM, G. S.; TENG, P. S. Competition of barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) in direct seeded rice. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLANT PROTECTION IN THE TROPICS, 3., 1990, Genting Highlands, Malaysia. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1992. p. 224-229.
- BLANCO, H. G. Destino, comportamento e resíduos dos herbicidas no solo. **O Biológico**, São Paulo, v. 45, n. 11/12, p. 225-248, nov./dez. 1979.
- BOUHACHE, M.; BAYER, D. E. Photosynthetic response of flooded rice (*Oryza sativa*) and three *Echinochloa* species to changes in environmental factors. **Weed Science**, Ithaca, v. 41, n. 4, p. 611-614, Oct./Dec. 1993.
- CHAO, J. F.; QUICK, W. A.; HSIAO, A. I.; XIE, H. S. Influence of nutrients supply and plant growth regulators on phytotoxicity of imazamethabenz in wild oat (*Avena fatua* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 13, n. 4, p. 195-201, 1994.
- COBUCCI, T.; PORTELA, C. M. O. Aplicação sequencial de herbicidas aplicados em pré-plantio no controle de plantas daninhas, na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. **Resumos expandidos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 465-468. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 99).
- COBUCCI, T.; PORTELA, C. M. O. Seletividade de herbicidas aplicados em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do arroz de terras altas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 359-366, 2001.
- CONSTANTIN, J.; ZAGATTO, A.; CONTIERO, R. L.; ITA, A. G. Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) com o uso de oxadiazon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: SBCPD, 1995. p. 119-120.
- DERSCHIED, L. A. Physiological and morphological responses of barley to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 27, n. 1, p. 121-134, 1952.
- DIARRA, A.; SMITH, R. J.; TALBERT, R. E. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice (*O. sativa*). **Weed Science**, Ithaca, v. 33, n. 5, p. 644-649, Sept. 1985.
- DIARRA, A.; TALBERT, R. E.; SMITH, R. J. Red rice interference with drill-seeded rice (*Oryza sativa*). In: ANNUAL MEETING OF THE SOUTHERN WEED SCIENCE SOCIETY, 37., 1984, Arkansas. **Proceedings...** Champaign: Southern Weed Science Society, 1984. p. 309.
- EBERHARDT, D. S.; NOLDIN, J. A. Eficiência do sistema clearfield no controle de arroz-vermelho e outras plantas daninhas em arroz irrigado, sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 24., 2004, São Pedro, SP. **Anais...** Londrina: SBCPD, 2004. 1 CD-ROM.





- FISCHER, A. Interference of red rice with rice crop and implications for its management. In: MONITORING TOUR AND WORKSHOP ON INTEGRATED PEST MANAGEMENT OF RICE IN THE CARIBBEAN, 1991, Guyana, Trinidad, Tobago. **Proceedings...** Juma: CRIN: CIAT: IRRI: IICA: SEA, 1993. p. 103-107.
- FISCHER, A. J.; RAMIREZ, A. Mixed weed infestations prediction of crop losses for economic weed management in rice. **International Journal of Pest Management**, London, v. 39, n. 3, p. 354-357, Jul./Sept. 1993.
- FLECK, N. G.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; AGOSTINETO, D.; VIDAL, R. A. Características de plantas e cultivares de arroz irrigado relacionadas à habilidade competitiva com plantas concorrentes. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 97-104, 2003.
- FLECK, N. G.; NOLDIN, J. A.; MENEZES, V. G.; PINTO, J. J. O.; EBERHARDT, D. S. Manejo e controle de plantas daninhas em arroz irrigado. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 251-321.
- GALLI, J.; TERRES, A. L.; MARQUES, L. F.; BIDERBOST, E. B. J. Controle de arroz vermelho. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 36, n. 346, p. 18-19, nov./dez. 1983.
- GARRITY, D. P.; MOVILLON, M.; MOODY, K. Differential weed suppression ability in upland rice cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 4, p. 586-591, Jul./Aug. 1992.
- HARDWOOD, R. R.; BANTILAN, R. T. Integrated weed management II. shifts in composition of the weed community in intensive cropping systems. **Philippine Weed Science Bulletin**, Manila, v. 1, p. 37-59, 1974.
- HESS, F. D. Wetting and penetration of plant surfaces. In: HERBICIDE action course. West Lafayette: Purdue University, 1992. p. 4-22.
- HOAGLAND, R. E. Isolation and properties of an aryl acylamidase from red rice, *Oryza sativa* L., that metabolizes 3', 4'-dichloropropionalide. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 19, n. 6, p. 1019-1029, 1978.
- HOLM, L. G.; PLUCKNETT, D. L.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. P. **The world's worst weeds**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1977. 609 p.
- KRUIJF, H. N. de; PONS, T. L. Effect of period of coexistence and population density on competition of weed with transplanted rice. **Biotrop Bulletin in Tropical Biology**, n. 23, p. 37-46, 1985.
- KWON, S. L.; SMITH, R. J.; TALBERT, R. E. Interference of red rice (*Oryza sativa*) densities in rice (*O. sativa*). **Weed Science**, Ithaca, v. 39, n. 2, p. 169-174, Apr./Jun. 1991.
- LANGEVIN, S. A.; CLAY, K.; GRACE, J. B. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed rice (*Oryza sativa* L.). **Evolution**, Lancaster, v. 44, n. 4, p. 1000-1008, July 1990.
- LONGCHAMP, R.; ROY, M.; GAUTHERET, R. Action de quelques hétéroauxines sur la morphogénèse des céréales. **Annales de l'Amélioration des Plantes**, Paris, v. 2, p. 305-327, 1952.
- LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 383 p.

MACHADO, S. L. de O.; BIZZI, F. A. Avaliação do efeito de diversos herbicidas no controle de capim-arroz (*Echinochloa crus-galli*) (L.) e papua-do-brejo (*Brachiaria platyphylla* GRISEB.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 274-277.

MACHADO, S. L. de O.; COVOLO, L.; MARCHEZAN, E. Avaliação da eficiência de controle e seletividade de diversos herbicidas pós-emergentes aplicados na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 556-564.

MCGREGOR, J. T.; SMITH, R. J.; TALBERT, R. E. Interspecific and intraspecific interference of broadleaved signalgrass (*Brachiaria platyphylla*) in rice (*Oryza sativa*). **Weed Science**, Ithaca, v. 36, n. 5, p. 589-593, Sept. 1988.

MELHORANÇA, A. L.; CONSTANTIN, J.; ZAGATTO, A.; CONTIERO, R. Avaliação da eficiência do oxadiargil no controle das plantas daninhas na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: SBCPD, 1995. p. 117-118.

MENEZES, V. G. Sistema Clearfield de produção de arroz: uma nova alternativa no manejo de arroz vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: Epagri, 2003. p. 522-524.

MENEZES, V. G. ; AGOSTINETO, D. ; FLECK, N. G. ; SILVEIRA, C. A. Caracterização de biótipos de arroz vermelho em lavouras de arroz no Estado do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 221-227, 2002.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F. da; CARMONA, R.; REZERA, F. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas de arroz irrigado no sistema de cultivo mínimo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 273-276.

NOLDIN, J. A. Avaliação de duas formulações do herbicida quinclorac aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento do capim-arroz (*Echinochloa* spp) em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 475-479.

NOLDIN, J. A. Controle de plantas daninhas com aplicação de herbicidas em pós-emergência com solo inundado em arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1991, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: EMPASC, 1991. p. 290-293.

NOLDIN, J. A. Red rice status and management in the Americas. In: BAKI, B. B.; CHIN, D. V.; MORTIMER, M. **Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review**. Los Baños: IRRI, 2000. p. 21-24.

NOLDIN, J. A.; CHANDLER, J. M.; MCCAULEY, G. N. Red rice (*Oryza sativa*) biology. I. characterization of red rice ecotypes. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, n. 1, p. 12-18, Jan./Mar. 1999a.

NOLDIN, J. A.; CHANDLER, J. M.; MCCAULEY, G. N. Red rice (*Oryza sativa*) biology. II. Ecotype sensitivity to herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v. 13, n. 1, p. 19-24, Jan./Mar. 1999b.

679



- NOLDIN, J. A.; YOKOYAMA, S.; ANTUNES, P.; LUZZARDI, R. Potencial de cruzamento natural entre o arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinato de amônio e o arroz-daninho. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 243-251, 2002a.
- NOLDIN, J. A.; MENEZES, W. G.; EBERHARDT, D. S.; RAMPELOTTI, F. T. Longevidade de sementes de arroz-vermelho no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD, 2002b. p. 43.
- NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; SCHIOCCHET, M. A. Manejo de plantas daninhas em arroz irrigado. In: EPAGRI. **A cultura do arroz irrigado pré-germinado**. Florianópolis, 2002c. p. 133-173.
- OLSON, P. J.; ZALIK, S.; BREAKEY, W. J.; BROWN, D. A. Sensitivity of wheat and barley at different stages of growth to treatment with 2,4-D. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, n. 2, p. 77-83, 1951.
- PINTHUS, M. J.; NATOWITZ, Y. Response of spring wheat to the application of 2,4-D at various growth stages. **Weed Research**, Oxford, v. 7, n. 2, p. 95-101, 1967.
- PLANTAS Daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4. ; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 115-135.
- PRUSTY, J. C.; BEHERA, B.; MOHANTY, S. K. Study on critical threshold limit of dominant weeds in medium hard rice. In: INDIAN SOCIETY OF WEED SCIENCE INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1993, Hisar, India. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1993. v.2, p. 13-15.
- RAHMAN, M. A. Critical period of weed competition in transplanted aman rice. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, Dhaka, v. 27, n. 1/2, p. 151-156, 1992.
- SCOYOC, G. E. van; AHLRICHS, J. L. Fate of herbicides in soil. In: HERBICIDE action course. West Lafayette: Purdue University, 1992. p. 407-521.
- SHELKE, D. K.; BHOSLE, R. H.; JADHAV, N. S. Studies on crop-weed competition in irrigated upland drilled rice (var. Prabhavati). In: ANNUAL CONFERENCE OF INDIAN SOCIETY OF WEED SCIENCE, 1985, India. **Abstracts of papers...** [S.l.: s.n.], 1985. p. 83.
- SINGH, S. P.; RAM, P. Critical period of crop-weed competition in direct seeded rice. In: ANNUAL CONFERENCE OF INDIAN SOCIETY OF WEED SCIENCE, 1982, India. **Abstracts of papers...** [S.l.: s.n.], 1982. p. 18.
- SKOOG, F.; ARMSTRONG, D. Cytokinins. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 21, p. 359-384, 1970.
- SRINIVASA RAO, P. Nature of carbohydrates in red rice varieties. **Plant Foods for Man**, London, v. 2, n. 1/2, p. 69-74, 1976.
- STAUBER, L. G.; SMITH, R. J.; TALBERT, R. G. Density and spatial interference of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) with rice (*Oryza sativa*). **Weed Science**, Ithaca, v. 39, n. 2, p. 163-168, Apr./June 1991.



VARSHNEY, J. E. Studies on critical period of weed competition in upland rice in hilly terrains of meghalaya. In: ANNUAL CONFERENCE OF INDIAN SOCIETY OF WEED SCIENCE, 1985, India. **Abstracts of papers...** [S.l.: s.n.], 1985. p. 84.

VAUGHAN, L. K.; OTTIS, B. V.; PRAZAK-HAVEY, A. M.; SNELLER, C.; CHANDLER, J. M.; PARK, W. D. Is all red rice found in commercial rice really *Oryza sativa*? **Weed Science**, Ithaca, v. 49, n. 4, p. 468-476, July/Aug. 2001.

XAVIER, F. E.; ANDRADE, V. A. de. Controle de plantas daninhas. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 181-204.





# Irrigação

*Luís Fernando Stone; Pedro Marques da Silveira;  
José Aloísio Alves Moreira*

**RESUMO** - Este capítulo reúne informações relativas aos principais métodos de irrigação do arroz, incluindo inundação, subirrigação e aspersão. O método mais utilizado no Brasil é o de irrigação por inundação contínua, que pode ser feita com circulação da água entre os tabuleiros, geralmente no sistema de tabuleiros em contorno, ou com lâmina de água estática, mais usada no sistema de tabuleiros retangulares. A subirrigação tem sido utilizada em várzeas drenadas mas não-sistematizadas. Mais recentemente, vem sendo utilizada, de maneira suplementar, a irrigação por aspersão, via pivô central, no cultivo do arroz em terras altas. São descritas as vantagens e as desvantagens de cada método e as situações mais adequadas para sua utilização. São discutidos, ainda, os fatores que afetam a necessidade de água da cultura, como as perdas por evapotranspiração, percolação e fluxo lateral e a quantidade de água necessária para saturar o solo e formar a lâmina de água. São abordados também aspectos relativos ao manejo de água na irrigação por inundação, tais como: épocas de início da irrigação e da drenagem final, drenagem intermediária, altura da lâmina de água, qualidade e temperatura da água.

## INTRODUÇÃO

A irrigação da cultura do arroz pode ser feita por diferentes métodos, tais como inundação, subirrigação e aspersão. No Brasil, o método mais utilizado é o de irrigação por inundação contínua, que pode ser feita com circulação da água entre os tabuleiros, geralmente no sistema de tabuleiros em contorno, ou com lâmina de água estática, mais usada no sistema de tabuleiros retangulares. A subirrigação, por elevação do nível do lençol freático, tem sido utilizada em várzeas drenadas mas não-sistematizadas. Mais recentemente, vem sendo utilizada, de maneira suplementar, a irrigação por aspersão, via pivô central, no cultivo do arroz em terras altas, para suprimir a deficiência hídrica causada pela inadequada distribuição da precipitação pluvial.

A quantidade de água necessária para o cultivo do arroz varia com o método de irrigação e depende, principalmente, das condições climáticas, dos atributos do solo, do ciclo da cultivar, da profundidade do lençol freático e do manejo do solo, da cultura e da água.

O manejo adequado da água, compreendendo a época de início e fim da irrigação, a altura da lâmina e a qualidade e temperatura da água é





de fundamental importância para o sucesso na produção do arroz irrigado por inundação e será abordado com detalhes nesse capítulo.

## MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Os métodos de irrigação da cultura do arroz variam em diferentes partes do mundo, por causa das diferenças de clima, solo, topografia, suprimento de água e costume. O método mais empregado é o de irrigação por inundação contínua ou submersão, que pode ser feita com lâmina de água estática ou corrente. Em certas situações, tem sido adotada a irrigação por inundação intermitente e a subirrigação por elevação do nível do lençol freático. A irrigação por aspersão também tem sido empregada em algumas partes do mundo. No Brasil, sua utilização na cultura do arroz é relativamente recente. Normalmente, é empregada de maneira suplementar no cultivo de arroz em terras altas.

### Inundação

A irrigação por inundação consiste, basicamente, em colocar uma lâmina de água em compartimentos formados no terreno, chamados de tabuleiros ou quadros, que são limitados por pequenos diques ou taipas. Estes tabuleiros apresentam formas e tamanhos variados. Os tabuleiros retangulares são formados por diques retilíneos, com o terreno sistematizado, de modo que apresente uma pequena declividade uniforme. Os tabuleiros em contorno são formados por um sistema de diques em curva de nível e diques retilíneos no sentido transversal, para dividir a área no tamanho apropriado.

A inundação do solo pode ser feita de maneira contínua, durante grande parte do ciclo do arroz, ou de maneira intermitente, caso em que a lâmina de água é repostada após um intervalo de tempo desde o seu desaparecimento do tabuleiro.

#### Inundação contínua

Este método de irrigação apresenta as seguintes vantagens, conforme Tsutsui (1972):

- 1) Diminuição do crescimento das plantas daninhas.
- 2) Controle da temperatura do solo, pois, devido à presença de água, que tem calor específico superior ao do solo, não haverá temperaturas extremas.
- 3) Fixação do nitrogênio atmosférico, devido às condições favoráveis para o crescimento de algas verde-azuis.



- 4) Aumento da disponibilidade dos nutrientes para planta, tais como fósforo, ferro, manganês e silício, durante as primeiras semanas de inundação.
- 5) Economia de mão-de-obra.
- 6) Aumento da fotossíntese nas folhas mais baixas, devido ao reflexo da luz na água.

A inundação contínua pode ser feita com lâmina de água estática ou corrente.

A água parada, continuamente, na lavoura, apesar de tornar-se estagnada, normalmente não é prejudicial às plantas de arroz. Entretanto, no sistema mix de pré-germinado, que consiste em utilizar sementes pré-germinadas em área com vegetação dessecada e previamente inundada, a decomposição anaeróbica da palha presente na área pode provocar a formação de substâncias tóxicas, afetando o estabelecimento das plântulas. Para esse sistema, Pinto et al. (2003) verificaram que a manutenção de uma lâmina de água estagnada sobre o solo reduziu a produtividade de arroz em relação ao manejo da água com drenagem e com fluxo de superfície.

A eficiência da irrigação com água corrente é menor que a da irrigação com lâmina de água estática, se a água não for convenientemente utilizada. Existe o perigo de os nutrientes do solo serem carregados pela corrente de água. Não há diferença em evapotranspiração e percolação para qualquer um dos sistemas.

A irrigação com água corrente é praticada em solos onde existem substâncias tóxicas, devido à pouca percolação ou má drenagem, o que torna necessário um suprimento de água contínuo e corrente. Nos trópicos, a água corrente resulta na diminuição da temperatura do solo, o que pode ser considerado um benefício. Nas regiões quentes do Japão, por exemplo, a irrigação com água corrente é adotada para baixar a temperatura do solo e, assim, diminuir os danos causados por altas temperaturas.

A melhor justificativa para utilizar a irrigação com água corrente é a economia de mão-de-obra, pois, com lâmina estática, as práticas de manejo da irrigação são um tanto trabalhosas, especialmente quando não há facilidade de acesso aos pontos de água (Tsutsui, 1972).

No Brasil, 76% das lavouras irrigadas estão localizadas no Estado do Rio Grande do Sul (Levantamento Sistemático da



Produção Agrícola, 2002), onde predomina a utilização de tabuleiros em contorno, que requerem menor sistematização do solo. Geralmente é feito apenas um aplainamento, visando eliminar as irregularidades excessivas do terreno. Nesse sistema de irrigação, a água é colocada no tabuleiro mais elevado. Após ter sua lâmina estabelecida, a água passa ao tabuleiro imediatamente inferior, e assim por diante, até o último, onde, então, a água excedente esco para um dreno. Assim, tem-se um sistema contínuo de entrada e saída de água, o que caracteriza a irrigação com água corrente. Em outras partes do país, onde se utilizam tabuleiros retangulares, com derivação da água e drenagem individuais, é mais utilizada a inundação com lâmina de água estática. Nesse caso, ao contrário dos tabuleiros em contorno, pode ser utilizada a inundação intermitente. Segundo Corrêa et al. (1997), o sistema utilizado no RS caracteriza-se por elevado consumo de água e baixa eficiência. A principal razão da utilização da inundação contínua com água corrente é o controle da temperatura. Entretanto, Mota et al. (1990) ressaltam que pelo fato do clima do RS não ser tropical, pode-se utilizar a inundação contínua com lâmina de água estática, ou uma combinação desta com a inundação contínua com água corrente, de tal forma a compatibilizar uma redução no consumo com a manutenção da temperatura dentro de um intervalo aceitável.

### Inundação intermitente

A inundação intermitente é praticada, principalmente, em áreas com suprimento limitado de água. Pode ser também uma boa opção para áreas servidas por bombeamento, mas não deve ser implantada sem um prévio estudo econômico.

Produções satisfatórias de arroz são obtidas sob inundação intermitente, quando a umidade do solo é mantida perto da saturação durante o período de não-submergência. Entretanto, no Brasil, esse método é pouco adotado porque:

- 1) Requer completo sistema de irrigação e drenagem, envolvendo altos custos.
- 2) Requer práticas de manejo de água desconhecidas por aqueles que normalmente utilizam inundação contínua.
- 3) Requer controle mais eficiente de plantas daninhas, pois algumas dessas plantas crescem mais facilmente sob este método de irrigação.



A maior contribuição da inundação intermitente, para o uso econômico da água, é a diminuição das perdas por escoamento superficial (melhor aproveitamento da precipitação) e por percolação, que são maiores nas lavouras inundadas. O sucesso da inundação intermitente, sob o ponto de vista da relação água-solo-planta, está condicionado à manutenção do teor adequado de água no solo durante o período de não-submergência. Vários estudos indicam que a produtividade do arroz decresce quando a umidade do solo é menor que 70 a 80% da saturação. Quando a umidade se torna inferior a 50% da "capacidade de campo", a produtividade do arroz cai para a metade ou até um terço do obtido sob condições de saturação. Quando esse valor é inferior a 30%, as folhas começam a murchar e enrolam-se, podendo até morrer, se a umidade permanecer em 20% ou menos (Tsutsui, 1972).

Um fator importante a ser considerado na irrigação intermitente é o conhecimento das fases de desenvolvimento da cultura em relação à tolerância da planta à falta de água, ou seja, daqueles períodos em que o suprimento de água é uma necessidade absoluta.

A falta de água na floração incrementa o número de espiguetas vazias e, no período de maturação, afeta a massa dos grãos. O arroz é mais sensível à seca no período de 15 a 25 dias antes da floração (Hernandez, 1969). Concordando com isso, Daker (1973) afirma que a deficiência de água no período de 15 a 20 dias antes da floração, até 20 a 25 dias após, resultará em desenvolvimento incompleto das características da planta que determinam a produtividade. Por outro lado, a retirada da água durante o período de perfilhamento pode trazer vantagens à produtividade, estimulando o sistema radicular a se aprofundar em virtude da maior umidade nas camadas mais profundas do solo, aumentando o seu acesso aos elementos fertilizantes, reduzindo o acamamento, pois o colmo fica com mais resistência e com menor crescimento, melhorando o perfilhamento e as condições de aeração do solo. Em experimentos conduzidos em Goiânia, GO, Stone et al. (1979b) observaram que, no período compreendido entre a diferenciação do primórdio floral e a floração, a supressão de água diminuiu o número de panículas por m<sup>2</sup> e mostrou tendência em reduzir a massa dos grãos, reduzindo a produtividade. Porém, no período compreendido entre o início do perfilhamento e a diferenciação do primórdio floral, a supressão de água incrementou o número de panículas por m<sup>2</sup>, aumentando a produtividade (Tabela 17.1).



**Tabela 17.1.** Produtividade de arroz e seus componentes conforme a supressão da irrigação, em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

Período de supressão da irrigação <sup>(1)</sup>	Panicula (nº m <sup>-2</sup> )	Grão (nº panicula <sup>-1</sup> )	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
P1	293ab <sup>(2)</sup>	106	2,91	4.373ab
P2	277ab	92	2,87	4.230ab
P3	323a	93	2,89	4.475a
P4	260b	100	2,77	3.731b
P5	264b	99	2,85	4.131ab
P6	283ab	102	2,87	4.506a

<sup>(1)</sup>P1 = irrigação contínua; P2 = supressão da irrigação da germinação ao início do perfilhamento; P3 = supressão do início do perfilhamento à diferenciação do primórdio floral; P4 = supressão da diferenciação do primórdio floral ao início da floração; P5 = supressão do início da floração à fase leitosa; P6 = supressão da fase leitosa à maturação completa.

<sup>(2)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1979b).

## Subirrigação

A subirrigação, pela elevação do nível do lençol freático, vem sendo usada no Brasil, em várzeas não-sistematizadas. O solo, normalmente, permanece saturado durante grande parte do ciclo da cultura. Nesse método, embora o consumo de água seja menor que no de inundação contínua, as plantas daninhas são um grande problema. Segundo Barbosa Filho et al. (1983), a subirrigação pode minimizar os problemas de toxicidade de ferro, pois a absorção desse elemento pelas plantas é menor com saturação que com inundação contínua (Alva, 1981; Verma & Tripathi, 1981; Stone et al., 1990). Moraes (1980) observou que, no entanto, a produtividade do arroz foi maior com lâmina de água de 5 cm de altura que com o lençol freático a 30 cm ou mais de profundidade. De fato, diversos pesquisadores têm verificado menor produtividade do arroz com saturação do solo que com inundação contínua (Jha et al., 1978; Alva, 1981; Panda et al., 1981).

## Aspersão

No Brasil, cerca de 30% da produção de arroz é originária do ecossistema terras altas (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2002). Grande parte dessas lavouras está localizada na região dos Cerrados,



cujos solos, em geral, apresentam baixa capacidade de armazenamento de água. Durante a estação chuvosa, quando é feito o cultivo do arroz, a distribuição das chuvas é irregular, sendo comum a ocorrência de estiagens de duas a três semanas, denominadas regionalmente “veranicos”. A baixa capacidade de retenção de água dos solos, aliada à alta demanda evapotranspirativa da atmosfera durante esses períodos, faz com que os veranicos causem sérios decréscimos na produtividade do arroz, provocando oscilações na produção nacional. Uma das alternativas para solucionar esse problema é a irrigação suplementar, utilizando o equipamento para irrigar outros cultivos na entressafra.

A irrigação por aspersão é indicada para solos de alta permeabilidade e de baixa capacidade de retenção de água, como a maioria dos solos dos Cerrados. Esses solos requerem irrigações freqüentes, com menor quantidade de água por aplicação, o que é mais fácil de ser conseguido com irrigação por aspersão do que por superfície.

Um aspecto importante a ser considerado na irrigação por aspersão é o intervalo entre as irrigações. Existem trabalhos estabelecendo a freqüência de irrigação com base no consumo de uma determinada fração da água disponível do solo (AD). Giudice et al. (1974) verificaram que o arroz deve ser irrigado quando forem consumidos 40% da AD na camada de 0-20 cm. Coelho et al. (1977), ao irrigarem o arroz quando eram consumidos 30, 50 ou 70% da AD, observaram que a maior produtividade foi obtida quando a irrigação foi feita para repor 30% da AD. Entretanto, como a curva de retenção de água tem formas distintas para os diferentes solos, uma dada porcentagem de AD pode corresponder a diferentes tensões de água do solo. Conseqüentemente, os resultados expressos em porcentagem de água disponível só podem ser considerados em solos com características semelhantes. Se, por outro lado, forem expressos em tensão de água do solo, podem ser mais facilmente aplicados em outro tipo de solo. Isto ocorre porque, em solos não-salinos, a tensão matricial é o fator da água do solo que mais influencia o crescimento das plantas. Westcott & Vines (1986), estudando a irrigação por aspersão para o arroz, mantiveram a tensão de água do solo abaixo de 30 kPa.

Stone et al. (1986), em trabalho conduzido em Goiânia, GO, concluíram que, aliando-se produtividade e economicidade, a irrigação do arroz por aspersão deve ser conduzida de maneira que a tensão de água do solo, medida a 15 cm de profundidade, não ultrapasse o valor de 25 kPa. Para o solo da área experimental, irrigar a esta tensão corresponde a irrigar quando forem consumidos aproximadamente 35%



da água disponível. Manzan (1984), em trabalho conduzido em Uberaba, MG, observou aumentos de até 70% na produtividade do arroz irrigado por aspersão, de maneira suplementar, em comparação com testemunha sem irrigação, e indicou, para condições semelhantes às estudadas, um turno de rega de aproximadamente cinco dias. Crusciol et al. (2003), em Selvíria (MS), registraram aumentos de produtividade do arroz de até 93%, pelo uso da irrigação suplementar por aspersão. Além de contribuir para o aumento da produtividade do arroz, a irrigação suplementar propicia aumento no rendimento industrial e de grãos inteiros, principalmente em ano de ocorrência de veranico (Arf et al., 2002).

## COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Os métodos de irrigação para a cultura do arroz têm sido comparados por vários pesquisadores. A irrigação por inundação contínua normalmente propicia maior produtividade (Wells & Shockley, 1978; Navarez et al., 1979; Sharma & Rajat, 1979; Iruthayaraj, 1981; Sahrawat, 1981). Não obstante, produtividades similares têm sido observadas com inundação contínua e intermitente (Subramanian et al., 1978; Sandhu et al., 1980; Jha et al., 1981). Medeiros (1995) verificou que a inundação contínua, iniciada aos 18 ou 36 dias após a germinação, resultou, respectivamente, em produtividades cerca de 40 e 26% maiores que a manutenção do solo saturado durante todo o ciclo da cultura.

Os efeitos dos métodos de irrigação sobre a produtividade e seus componentes foram observados por Stone et al. (1990). O número de panículas por m<sup>2</sup> foi menor sob inundação contínua (Tabela 17.2). A presença de lâmina de água contínua durante a fase vegetativa inibiu o perfilhamento, o que concorda com Yamada (1964), Stone et al. (1979b) e Santos et al. (1999). Por sua vez, o número de grãos por panícula, obtido sob inundação contínua durante todo o ciclo, foi significativamente superior aos valores obtidos com inundação intermitente ou subirrigação, mas não diferiu do observado sob inundação contínua apenas na fase reprodutiva. A massa de cem grãos também apresentou tendência a ser maior sob inundação contínua durante todo o ciclo, ou parte dele, apesar de diferir, significativamente, apenas em relação à subirrigação. Esses resultados evidenciam a importância da presença da lâmina de água na fase reprodutiva do arroz para a maximização desses componentes da produtividade, conforme foi verificado por Stone et al. (1979b). A produtividade de grãos verificada



sob inundação intermitente na fase vegetativa, seguida de inundação contínua na fase reprodutiva, foi superior às obtidas com inundação intermitente ou subirrigação e não diferiu, significativamente, da obtida sob inundação contínua durante todo o ciclo. A lâmina de água intermitente durante a fase vegetativa, por favorecer o perfilhamento, contribuiu para a obtenção de elevado número de panículas por m<sup>2</sup>, e a lâmina de água contínua durante a fase reprodutiva contribuiu para a obtenção de maior número de grãos por panícula e massa dos grãos, explicando a maior produtividade observada neste tratamento. Panda et al. (1980) também obtiveram maiores produtividades quando combinaram saturação durante a fase vegetativa com inundação contínua durante a fase reprodutiva. Santos et al. (1999), por sua vez, verificaram que a inundação contínua durante todo o ciclo aumentou a produtividade e melhorou a qualidade industrial dos grãos de arroz, em comparação à combinação de inundação intermitente na fase vegetativa e contínua nas fases reprodutiva e de maturação.

**Tabela 17.2.** Produtividade do arroz e seus componentes sob diferentes manejos de água.

Manejo de água <sup>(1)</sup>	Panicula (nº m <sup>-2</sup> )	Grão (nº panícula <sup>-1</sup> )	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
M1	488,8c <sup>(2)</sup>	82,9a	2,75a	5.132ab
M2	543,1b	69,9bc	2,69ab	4.566bc
M3	550,8ab	76,8ab	2,75a	5.515a
M4	597,6a	62,0c	2,60b	3.989c

<sup>(1)</sup>M1 = inundação contínua; M2 = inundação intermitente; M3 = inundação intermitente seguida de contínua; M4 = subirrigação.

<sup>(2)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1990).

Ao compararem, por dois anos, inundação contínua com irrigação por aspersão, mantendo o potencial matricial da água do solo acima de -30 kPa, Westcott & Vines (1986) verificaram que as produtividades obtidas com aspersão corresponderam a 62 - 75% das obtidas com inundação, devido principalmente à redução do número de grãos por panícula. Resultado semelhante foi obtido por McCauley (1990) que, ao comparar inundação contínua com irrigação por aspersão, para repor 100% da evapotranspiração máxima da cultura, verificou que a produtividade do arroz sob aspersão foi 80% inferior à obtida com inundação contínua.

A inundação contínua propicia maior controle de plantas daninhas que a intermitente (Tsutsui, 1972; Navarez et al., 1979; Iruthayaraj, 1981).





Apesar da ausência de significância estatística, Stone et al. (1990) observaram a tendência de maior controle de plantas daninhas na presença de lâmina de água contínua durante todo o ciclo da cultura ou parte dele (Tabela 17.3).

**Tabela 17.3.** Número e produção de matéria seca de plantas daninhas aos 60 dias após a emergência do arroz (60 DAE) e na época da colheita, em diferentes manejos de água.

Manejo de água <sup>(1)</sup>	Plantas daninhas (nº m <sup>-2</sup> )		Produção de matéria seca (g m <sup>-2</sup> )	
	60 DAE	Colheita	Colheita	
M1	4,9a <sup>(2)</sup>	4,8b	3,3a	
M2	16,6a	11,2ab	20,9a	
M3	10,8a	3,8b	8,3a	
M4	21,7a	29,0a	35,8a	

<sup>(1)</sup>M1 = inundação contínua; M2 = inundação intermitente; M3 = inundação intermitente seguida de contínua; M4 = subirrigação.

<sup>(2)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1990).

A inundação contínua também propicia melhor controle da temperatura do solo e maior facilidade no manejo da água (Tsutsui, 1972) em comparação com a inundação intermitente. Esta, por sua vez, exige menor volume de água (Subramanian et al., 1978; Sandhu et al., 1980).

Vários autores também têm verificado maior eficiência do uso da água com inundação intermitente em relação à contínua (Mishra et al., 1990; Wahab & Daniel, 1992; Mastan & Vijaykumar, 1993). Essa eficiência, contudo, está condicionada ao intervalo de tempo entre o desaparecimento da lâmina de água do tabuleiro e a sua reposição. Mastan & Vijaykumar (1993), ao reporem a lâmina de água dois dias após seu desaparecimento, obtiveram produtividades semelhantes às obtidas com inundação contínua, com economia de água da ordem de 39%. Entretanto, a reposição da lâmina após cinco dias provocou queda de 38% na produtividade. Mishra et al. (1990) recomendaram, para solos com lençol freático superficial, a reposição da lâmina de água três a cinco dias após seu desaparecimento e, para solos com lençol freático a uma profundidade média, após um a três dias. Por sua vez, Sachet (1981) observou, no RS, que a inundação contínua com lâmina de água estática propiciou produtividade semelhante à obtida com água corrente, com uma economia de água de 51%. Com relação à manutenção do solo saturado, a economia de água foi de 64%, mas a produtividade foi 11% menor.

Mais recentemente, Medeiros et al. (1995), em Boa Vista (RR), comparando inundação contínua, inundação intermitente, saturação do



solo e combinações desses sistemas, não verificaram diferenças significativas entre eles com relação à produtividade do arroz. O sistema mais eficiente, com menor custo de bombeamento, foi a inundação intermitente durante todo o ciclo do arroz, com umidade no solo equivalente a potenciais matriciais entre -20 e -40 kPa e turno médio de rega de quatro dias.

Stone et al. (1990) também observaram, em Goianira, GO, que o consumo de água foi maior sob inundação contínua, em que a carga hidráulica era maior e persistiu por mais tempo (Tabela 17.4). O tratamento em que ocorreu inundação contínua durante um período do ciclo da cultura apresentou o segundo maior consumo de água. O menor consumo foi verificado com inundação intermitente. O elevado consumo de água, constatado sob inundação contínua, foi devido às altas perdas por percolação e fluxo lateral, por causa do elevado teor de areia do solo, ao redor de 50%. A elevada percolação pode acarretar lixiviação de nutrientes (Fig. 17.1). O aumento do teor de potássio em profundidade mostra que a lixiviação do nutriente foi grande. Nos tratamentos com subirrigação e irrigação intermitente, houve aumento maior do teor de potássio na camada de 25 - 40 cm, enquanto nos tratamentos com inundação contínua a lixiviação deve ter ultrapassado a camada amostrada, pois não se observou uma zona de concentração do nutriente.

O elevado consumo de água em solos com alto teor de areia também foi observado por Caixeta (1984), em experimento conduzido em Janaúba, MG, cujos dados são apresentados na Tabela 17.5. Verifica-se que, apesar da maior produtividade obtida com inundação contínua, o consumo de água foi extremamente elevado, o que inviabilizou esse método de irrigação para as condições locais. Como resultado desse experimento, foi adotado, para aquelas condições, o método de inundação intermitente com turno de rega de três dias.

**Tabela 17.4.** Consumo de água e perdas por percolação e fluxo lateral em diferentes manejos de água.

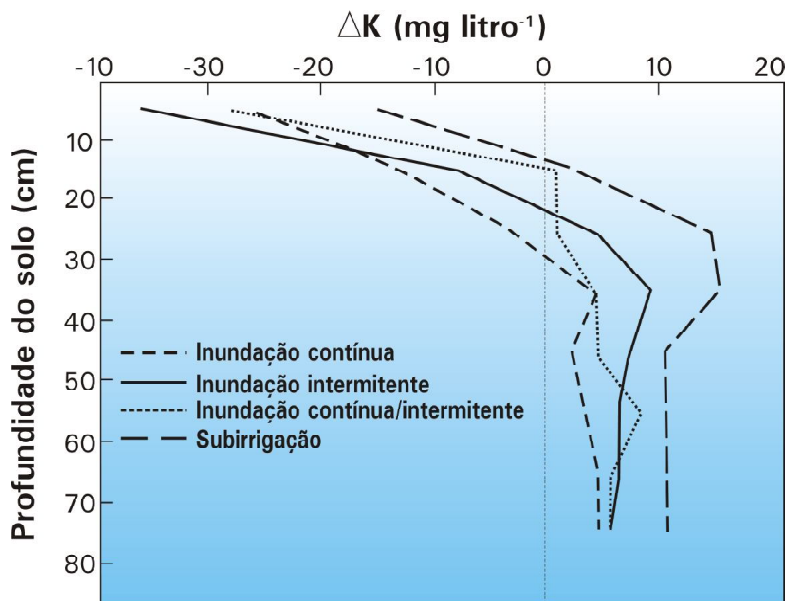
Manejo de água <sup>(1)</sup>	Consumo de água		Percolação e fluxo lateral (mm dia <sup>-1</sup> )
	(mm)	(L s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	
M1	7.954a <sup>(2)</sup>	7,4a	58,3a
M2	2.325d	2,1d	13,0d
M3	5.314b	4,9b	37,2b
M4	3.846c	3,5c	25,4c

<sup>(1)</sup>M1 = inundação contínua; M2 = inundação intermitente; M3 = inundação intermitente seguida de contínua; M4 = subirrigação.

<sup>(2)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1990).





**Fig. 17.1.** Variação do teor de potássio no solo (DK), após quatro anos de cultivo de arroz, sob diferentes manejos de água.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1990).

**Tabela 17.5.** Comparação entre métodos de irrigação para a cultura do arroz, 1982/83, Janaúba, MG.

Métodos de Irrigação	Tempo de rega (dia)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Consumo de água (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Sulco	3	4.777c <sup>(1)</sup>	40.500
Sulco	6	4.252c	24.300
Inundação contínua	-	9.006a	144.000
Inundação intermitente	3	6.144b	31.292
Inundação intermitente	6	4.930bc	19.257

<sup>(1)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Caixeta (1984).

Apesar de haver maior economia de água, quando se usa a irrigação por inundação intermitente ocorrem grandes perdas de nitrogênio, atribuídas à nitrificação e desnitrificação (Wells & Shockley, 1978, Sahrawat, 1981). Entretanto, Panda et al. (1979) observaram que



ocorreram maiores perdas de  $\text{N-NO}_3$  por lixiviação em parcelas inundadas que em parcelas saturadas, em decorrência da elevada quantidade de água perdida por percolação.

A absorção de ferro pelas plantas de arroz também é afetada pelos métodos de irrigação. Stone et al. (1990) verificaram que a absorção desse nutriente foi menor no tratamento com subirrigação, onde não havia condições favoráveis à maior redução do solo (Tabela 17.6). Em condições reduzidas, ocorre a transformação do  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , que é mais solúvel, aumentando a concentração de ferro na solução do solo, com conseqüente aumento na sua absorção. A maior absorção de Fe pelo arroz em condições de inundação tem sido relatada por diversos pesquisadores (Pande & Mittra, 1970; Verma & Tripathi, 1981; Barbosa Filho et al., 1983; Kakade & Sonar, 1983). A manutenção do solo úmido, porém arejado, poderia reduzir a toxicidade de Fe em solos que apresentem esse problema para a cultura do arroz, como observaram Barbosa Filho et al. (1983). Esses autores, comparando amostras de solo coletadas em Muriaé e Leopoldina, municípios localizados na Zona da Mata de Minas Gerais, onde os solos apresentam, freqüentemente, problemas de toxicidade de Fe, verificaram comportamento bem diverso entre os dois solos. No solo de Muriaé, com grave problema de toxicidade de Fe, a produtividade de grãos foi maior no tratamento em que o solo foi mantido úmido (Fig. 17.2), devido à menor concentração de Fe na parte aérea das plantas. No solo de Leopoldina, com menores problemas de toxicidade de Fe, ocorreu o contrário, e a produtividade de grãos apresentou uma tendência a ser menor no referido tratamento. Esses resultados concordam com o observado por Pande & Mittra (1970), Cheaney (1973) e Duarte et al. (1974), que relatam que a produtividade do arroz é menor em solos não-saturados que em solos submersos. Lins et al. (1982), ao compararem diferentes manejos de água e o uso da calagem com relação à prevenção da toxicidade de Fe, concluíram que a calagem só foi benéfica quando o solo foi mantido a 80% da capacidade de campo durante todo o experimento. A inundação do solo a partir da quarta ou sexta semana após a semeadura propiciou melhores condições para o desenvolvimento do arroz que a inundação levada a efeito duas, quatro ou seis semanas antes da semeadura, na semeadura, ou duas semanas após.

Na Tabela 17.7, é apresentado um resumo das principais características de diferentes sistemas de irrigação por inundação.



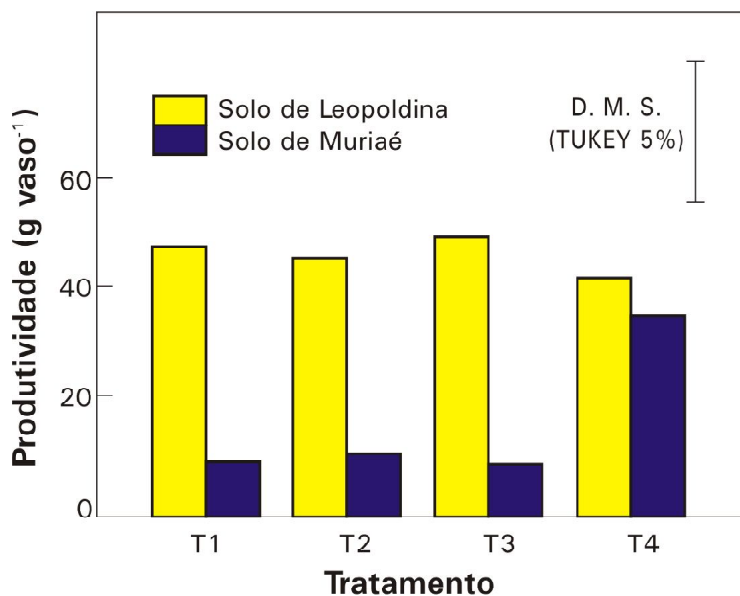
**Tabela 17.6.** Teores e quantidades de ferro absorvidas pelas plantas de arroz, sob diferentes manejos de água.

Manejo de água <sup>(1)</sup>	Teor de Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Quantidade de Fe absorvida (kg ha <sup>-1</sup> )
M1	342a <sup>(2)</sup>	3,5b
M2	330a	3,7ab
M3	378a	4,9a
M4	166b	1,6c

<sup>(1)</sup>M1 = inundação contínua; M2 = inundação intermitente; M3 = inundação intermitente seguida de contínua; M4 = subirrigação.

<sup>(2)</sup>Valores seguidos pela mesma letra não diferem, significativamente, no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Adaptada de Stone et al. (1990).



T1 = Inundação seis semanas antes do transplântio  
T2 = Inundação e transplântio imediato  
T3 = Inundação duas semanas antes do transplântio + 2t ha<sup>-1</sup> de calcário  
T4 = Sem inundação, mas úmido e aeróbico

**Fig. 17.2.** Influência de diferentes tratamentos de manejo de água sobre a produtividade do arroz, em dois solos de Minas Gerais.

Fonte: Adaptada de Barbosa Filho et al. (1983).



Tabela 17.7. Comparação entre diversos sistemas de irrigação por inundação da cultura de arroz.

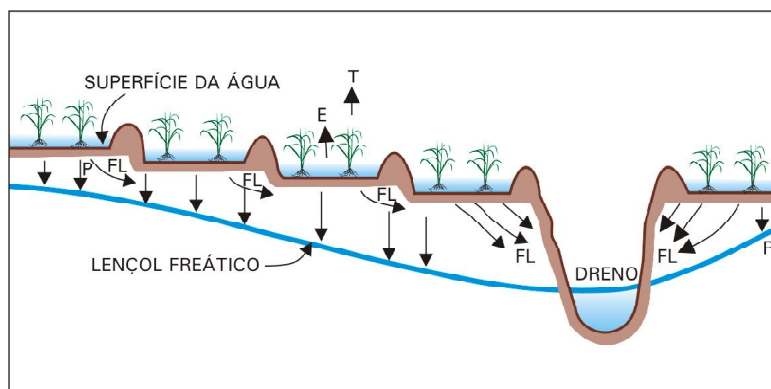
Sistema	Potencial de produção	Crescimento da planta	Requerimento de água	Manejo de água	Controle de plantas daninhas	Temperatura da água
Inundação contínua, estática, com lâmina baixa (2,5 cm)	Ótimo	Plantas mais baixas, mais perfolhos	Moderado (ótimo) 600-900 mm ET <sup>(1)</sup> = 400-600 mm	Mínimo a moderado	Algum controle de gramíneas, ciperáceas e folhas largas	Altas flutuações diárias
Inundação contínua, estática, com lâmina alta (15 cm)	Ótimo ou menor	Plantas mais altas, menos perfolhos, suscetibilidade ao acamamento	Moderado a alto 700-1.000 mm	Mínimo a moderado	Controle efetivo de gramíneas e ciperáceas, algum controle de folhas largas	Pouca flutuação diária
Inundação contínua, corrente	Ótimo	Comparável à estática na mesma profundidade	Alto a muito alto (P <sup>(1)</sup> , FL <sup>(1)</sup> e ET similares à estática)	Mínimo	Depende da lâmina mantida	Mais fria que a estática, pouca flutuação diária

<sup>(1)</sup> ET = evapotranspiração; P = percolação; e FL = fluxo lateral.



## NECESSIDADE DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO

A quantidade de água realmente requerida pela cultura do arroz irrigado por inundação é aquela usada pelas plantas para crescer e transpirar. Entretanto, uma certa quantidade adicional é perdida como evaporação da superfície solo-água e por percolação e fluxo lateral (Fig. 17.3). Essas perdas podem ser minimizadas pelo manejo cuidadoso da irrigação, mas, como não podem ser eliminadas, são tratadas como requerimento. Além disso, na implantação da irrigação, deve-se considerar a quantidade de água necessária para saturar o solo e formar a lâmina de água.



**Fig. 17.3.** Perfil de uma lavoura de arroz mostrando, de maneira esquemática, a evaporação (E), a transpiração (T), a percolação (P) e o fluxo lateral (FL).

### Evapotranspiração

A evapotranspiração é o movimento ascendente da água do solo para a atmosfera, através da transpiração da superfície das plantas e da evaporação da superfície solo-água. Esses dois componentes são, geralmente, estudados juntos devido à dificuldade experimental em determiná-los separadamente, porque somente o efeito combinado de ambos é importante no manejo da irrigação e, também, porque a radiação solar comanda os dois.

Dados de vários experimentos conduzidos no Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz (IRRI), nas Filipinas, mostram claramente que a evapotranspiração do arroz irrigado por inundação depende da demanda evaporativa da atmosfera e é independente da



fase de desenvolvimento da cultura (Wickham & Sen, 1978). Assim, de acordo com Wickham & Sen (1978), a taxa de evapotranspiração está relacionada com temperatura e umidade do ar, movimento do vento e intensidade e duração da luz solar, e não com número e tamanho das folhas. Ainda segundo estes autores, no início do ciclo da cultura, a evapotranspiração é, na sua maior parte, composta de evaporação da superfície da água, mas, à medida que a cultura cresce e sombreia a água, a evaporação decresce e aumenta a transpiração do dossel. A energia atmosférica comanda ambos os componentes da evapotranspiração. Assim, a relação evapotranspiração/evaporação da água é altamente estável e próxima de um. De fato, Steinmetz (1984) verificou que, para a cultivar IAC 899, plantada na estação chuvosa, em Goianira, GO, essa relação variou, ao longo do ciclo da cultura, entre 1,02 e 1,17 (Tabela 17.8). Na Índia, ao longo do ciclo do arroz, a variação foi de 0,76 a 1,06 (Joseph & Havanagi, 1988). Khandelwal (1991) verificou que, para uma evaporação semanal do tanque entre 25 e 31 mm, a evapotranspiração semanal do arroz em um lisímetro variou de 29 a 39 mm. O fato de a relação evapotranspiração/evaporação da água ser próxima de um significa que a evapotranspiração é limitada pela energia disponível e que, sob condições de campo, a evapotranspiração de um dossel, que é tridimensional, é praticamente igual à evaporação de uma superfície de água, que é plana.

**Tabela 17.8.** Relação entre a evapotranspiração (ET) da cultivar de arroz IAC 899 e a evaporação da água em um tanque Classe A (ECA), durante a estação chuvosa, em Goianira, GO.

Fase de desenvolvimento	Relação ET/ECA
Início do perfilhamento – diferenciação do primórdio floral	1,02
Diferenciação do primórdio floral – floração (50%)	1,17
Floração (50%) – fase leitosa	1,14
Fase leitosa – corte da irrigação	1,02

Fonte: Adaptada de Steinmetz (1984).

Na literatura mundial existem vários trabalhos sobre determinação das taxas de evapotranspiração do arroz. Os resultados são variáveis conforme o local e a época do ano, entre outros fatores. Em Goianira, GO, a evapotranspiração diária variou de 4,3 a 6,6 mm durante a estação seca, e de 4,3 a 8,4 mm na estação chuvosa (Steinmetz, 1984). Para o Rio Grande do Sul, Mota et al. (1990) verificaram que a evapotranspiração diária variou de 6,8 a 8,7 mm durante o período compreendido entre 30 dias após a emergência e dez dias após a floração do arroz. De acordo





com Ilangoan et al. (1991), dependendo da fase da cultura e da estação do ano, a evapotranspiração do arroz variou de 4,2 a 7,5 mm por dia. Em pequenas lavouras irrigadas, a evapotranspiração deve ser maior, por causa da energia advectiva trazida até elas por ventos provenientes de áreas não-irrigadas.

### **Percolação e fluxo lateral**

A percolação é o movimento vertical da água além da zona radicular, em direção ao lençol freático. O fluxo lateral é o movimento lateral da água subsuperficial. Na prática, os dois são difíceis de separar, devido aos fluxos de transição, que não podem ser classificados claramente como percolação ou fluxo lateral. O destino final da água percolada é o lençol freático, enquanto o da água proveniente do fluxo lateral é, geralmente, um riacho ou um rio.

Em áreas relativamente planas, com poucos drenos, ou onde o nível de água nos drenos está próximo da superfície do solo, o fluxo lateral é limitado ao movimento de água através dos tabuleiros de arroz, em resposta ao gradiente de carga hidráulica entre cada lado do tabuleiro.

Embora a taxa de fluxo lateral possa ser alta para um tabuleiro individual, as perdas por fluxo lateral da maioria dos tabuleiros são compensadas pelo fluxo lateral que vem dos tabuleiros mais altos. As perdas líquidas ocorrem somente para o último tabuleiro da lavoura, que está, geralmente, localizado ao longo de um dreno ou de uma área não-plantada, que age como dreno para o sistema inteiro.

De acordo com Johnson (1972), é possível estimar as perdas por fluxo lateral em dez a 40 litros por hora e por metro de perímetro. Wickham & Singh (1978) relataram que, no Sudeste da Ásia, essas perdas se situaram, em média, entre 15 e 20 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>. No Brasil, em Santa Catarina, Eberhardt (1993) mediu perdas por fluxo lateral da ordem de 19% do consumo total. As perdas por unidade de superfície dependem da relação existente entre a área da lavoura e o seu perímetro. Quanto maior for o perímetro em relação à área, maiores serão as perdas por fluxo lateral. Esta é a razão pela qual as lavouras pequenas apresentam essa perda em maior proporção que as áreas mais extensas. Em áreas com muitos drenos, a perda por fluxo lateral é maior que em áreas com pouca densidade de drenagem, pois o fluxo lateral é recolhido nos drenos.

Painuli (1992) observou que a influência dos drenos na percolação e no fluxo lateral é reduzida a partir de 10 m de distância. A 4 m do



dreno, os valores de percolação e de fluxo lateral foram cerca de 2,6 e 5,1 vezes maiores que a 10 e 16 m do dreno, respectivamente. Segundo esse pesquisador, para maximizar a economia de água, as lavouras deveriam situar-se a 21 m dos drenos.

Em um tabuleiro de arroz, as perdas por percolação e fluxo lateral são, geralmente, governadas pela condutividade hidráulica do solo (Kalita et al., 1992). A habilidade de um solo em transmitir água está relacionada com sua estrutura, textura e interfaces entre horizontes, incluindo possíveis *hardpans*. As perdas por percolação são quase iguais aos valores da condutividade hidráulica saturada. Estas perdas geralmente aumentam com o incremento da profundidade do lençol freático. Em muitos casos, a percolação aumenta o volume da água subterrânea em velocidade maior que aquela em que ela pode ser transmitida, causando elevação no nível do lençol freático. Quando o lençol freático fica próximo da zona radicular, há marcante decréscimo na percolação. Muitas vezes, a percolação produz um lençol freático artificial acima do verdadeiro. O fluxo lateral também aumenta com o incremento da profundidade do lençol freático, mas as perdas são relativamente menores, em comparação com as perdas por percolação. Ambas as perdas aumentam com o incremento da lâmina de água. O fluxo lateral através dos diques diminui quando as perdas de água por evaporação aumentam.

Bouman et al. (1994) verificaram que perdas por percolação, em lavouras com subsolo com condutividade hidráulica saturada relativamente lenta ( $K_0$  subsolo  $< 10 - 2 \text{ cm dia}^{-1}$ ), eram limitadas pela soleira da camada arável pobremente permeável ( $K_0$  superfície  $< 10 - 2 \text{ cm dia}^{-1}$ ), ou pela baixa condutividade hidráulica do subsolo por si mesma. Nestas condições, as perdas por percolação variaram de 0 a  $0,5 \text{ cm dia}^{-1}$  e de  $1,0$  a  $1,5 \text{ cm dia}^{-1}$ , respectivamente, e dificilmente foram afetadas pela profundidade do lençol freático, altura da lâmina de água e conteúdo de água subsuperficial. Em lavouras com permeabilidade do subsolo relativamente alta ( $K_0$  subsolo  $> 101 \text{ cm dia}^{-1}$ ), as perdas por percolação podem variar de  $0 - 0,5 \text{ cm dia}^{-1}$ , quando a soleira da camada arável é pobremente permeável, a  $1 - 5 \text{ cm dia}^{-1}$  ou mais, para uma soleira relativamente permeável ( $K_0$  superfície  $> 10 - 2 \text{ cm dia}^{-1}$ ). Somente neste último caso, as taxas de percolação são grandemente afetadas pela altura da lâmina de água.

Ilangoan et al. (1991) verificaram que, dependendo da época do ano, as perdas por percolação variaram de 30 a 38% do total de água aplicado à lavoura. Sachet (1977), no Rio Grande do Sul, também encontrou perdas por percolação da ordem de 30% do consumo total



de água. Para Chakrabarti et al. (1991), essas perdas foram iguais a 15%, enquanto as por fluxo lateral variaram de 17 a 19%. Wopereis et al. (1994) observaram, nas Filipinas, perda de água por percolação igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>. Somado às perdas por fluxo lateral, esse valor aumentou para 36,2 mm dia<sup>-1</sup>. Em Goianira, GO, Stone et al. (1980) verificaram perdas por percolação variando de 14,9 a 27,7 mm dia<sup>-1</sup>, ao longo do ciclo do arroz, em um solo franco com grande quantidade de drenos.

Vários experimentos têm mostrado que a taxa ótima de percolação situa-se entre 15 e 25 mm dia<sup>-1</sup>, permitindo a lixiviação de substâncias tóxicas (Determination..., 1970). Na China e no Japão é recomendada a taxa de 10 mm dia<sup>-1</sup>, mas estudos realizados nos trópicos não mostram qualquer benefício dessas taxas altas (Wickham & Singh, 1978). Mesmo onde o acúmulo de elementos tóxicos é um problema, é melhor uma baixa taxa de percolação, porém deve-se deixar o solo secar ocasionalmente, para aliviar os efeitos tóxicos desses elementos. Segundo Wickham & Singh (1978), solos com condições favoráveis ao cultivo de arroz irrigado por inundação devem apresentar de 1 a 2 mm dia<sup>-1</sup> de perdas por percolação e fluxo lateral. Solos em que essas perdas excedam a 10 mm dia<sup>-1</sup> têm sua aptidão para a produção de arroz questionada, especialmente na estação seca.

A percolação, em grande escala, diminui a temperatura da água e do solo, o que pode reduzir a produtividade do arroz. Esse problema é extremamente delicado, principalmente nas zonas temperadas e frias. A percolação excessiva também aumenta a lixiviação de nutrientes. Huang (1982) observou correlação significativa e negativa entre a taxa de percolação e a produtividade do arroz. O problema mais importante é o desperdício da água, porque é essencial que as perdas sejam diminuídas, a fim de se conseguir maior eficiência de irrigação (Tsutsui, 1973).

De acordo com Sivanappan et al. (1974), as perdas por percolação são extremamente altas no estágio inicial da cultura, alcançam um mínimo durante o estágio de máximo perfilhamento e, subsequente, não apresentam nenhum aumento significativo. A razão da queda na percolação decorre, provavelmente, do estabelecimento das partículas perturbadas do solo que selam os macroporos.

Existem muitos aspectos do solo que influenciam as taxas de percolação e o fluxo lateral. Eles incluem propriedades do solo, tais como



textura, contração e fendimento, densidade, mineralogia e matéria orgânica, como também fatores de manejo, como inundação, altura da lâmina de água e preparo do solo com água. Embora haja considerável interação e sobreposição nos efeitos de muitos desses fatores, considerar-se-á cada um isoladamente.

**Textura** - A textura do solo tem grande influência na magnitude das perdas por percolação e fluxo lateral (Tabela 17.9). A percolação é o principal componente das perdas de água em solos arenosos, e o fluxo lateral domina em solos franco-argilosos e argilosos.

**Tabela 17.9.** Magnitude das perdas de água por percolação e fluxo lateral, conforme a textura do solo.

Textura do solo	Perda de água <sup>(1)</sup> (mm dia <sup>-1</sup> )	
	Fonte: Kung et al. (1965)	Fonte: Nakagawa (1976)
Argilosa	13	10
Franco-argilosa	15	14
Franca	-	17
Franco-arenosa	-	23
Arenosa	27	27

<sup>(1)</sup>Por percolação e fluxo lateral, incluindo a evapotranspiração.

**Contração e Fendimento** - Certos solos, ao secarem, apresentam fendimento e, quando são inundados, ocorrem altas taxas de percolação. Este fendimento só é eliminado através de preparo do solo. Assim, fendas que se desenvolvem após a cultura ter sido plantada geralmente não desaparecem, porque as linhas de clivagem permanecem intactas. Bandopadhy & Sahoo (1972) constataram que, após a ocorrência de fendimento, as perdas por percolação foram duas vezes maiores que as observadas em solos continuamente submersos. Reyes & Wickham (1973) verificaram perdas de 1,3 mm dia<sup>-1</sup>, antes da secagem do solo, e de 15,7 mm dia<sup>-1</sup>, após a secagem.

**Densidade** - O aumento da densidade do solo reduz as perdas por percolação. Pande (1976) verificou que um aumento na densidade do solo de 1,46 para 1,68 Mg m<sup>-3</sup> diminuiu a percolação de 110 para 14 mm dia<sup>-1</sup> e reduziu a condutividade hidráulica de 2,05 para 0,16 cm h<sup>-1</sup>, em solos lateríticos franco-argilo-arenosos. O efeito é geralmente explicado pela redução do volume de macroporos. Desta maneira, pode-se concluir que a compactação moderada do solo pode reduzir as perdas por percolação e fluxo lateral. De fato, Acharya & Sood (1992) verificaram, em



solo franco-argilo-siltoso, que a compactação reduziu em 83% o volume de poros de transmissão, diminuindo as perdas por percolação em 30%.

**Mineralogia** - A percolação e o fluxo lateral são grandemente afetados pelo tipo de argila presente no solo. Solos com argila caulinita, que se embebem relativamente pouco e, portanto, quase não mudam sua coesão interagregados após a inundação, são difíceis de dispersar inteiramente no preparo do solo com água e permitem perdas por percolação e fluxo lateral mais altas que solos com argila montmorilonita. Quando úmida, esta argila exibe substancial embebição intercamadas, que tende a decrescer a coesão interagregados. Além disso, o tipo e a concentração de íons na solução afetam a capacidade de as argilas montmoriloníticas serem dispersas, quando do preparo do solo com água. Argilas saturadas com íons monovalentes são de mais fácil dispersão do que as saturadas com íons bivalentes.

**Matéria orgânica** - A adição de matéria orgânica ao solo melhora a sua estrutura, aumentando a percolação (Wickham & Singh, 1978). Sanchez (1968) afirmou que solos com alto conteúdo de matéria orgânica são difíceis de ser dispersos quando do preparo com água e, portanto, podem ser esperadas mais altas taxas de percolação e fluxo lateral.

**Inundação e altura da lâmina de água** - A taxa de percolação diminui com a inundação, devido às mudanças físicas e químicas que ocorrem no solo, tais como embebição, dispersão, desintegração dos agregados, redução da porosidade pela atividade microbiana e decomposição da matéria orgânica, que reduz o efeito de ligação dos agregados e leva ao selamento do solo (Harris et al., 1966). Mikkelsen & Patrick, citados por Wickham & Singh (1978), também afirmaram que a estabilidade dos agregados é reduzida pela inundação, o que permite uma completa dispersão do solo quando do preparo com água, reduzindo as perdas por percolação e fluxo lateral. Entretanto, alguns dos agregados destruídos pelo preparo com água são regenerados por óxidos ativos e matéria orgânica, quando o solo seca. Em solos preparados a seco, Sanchez (1968) observou que a estrutura granular pode ser preservada, mesmo após vários meses de inundação.

Ferguson (1970) verificou que as perdas por percolação foram maiores quando se aumentou a altura da lâmina de água. Stone et al. (1990) também observaram que as perdas por percolação e fluxo lateral foram maiores nos tabuleiros onde a carga hidráulica foi maior e persistiu por mais tempo. Pande & Mittra, citados por Wickham & Singh (1978), relacionaram o consumo de água com a altura da lâmina (Tabela 17.10).



**Tabela 17.10.** Consumo de água conforme a altura da lâmina de água.

Altura da lâmina de água (cm)	Consumo de água (mm dia <sup>-1</sup> )
0 (solo saturado)	7,5
5	15,5
10	18,8

Fonte: Adaptada de Pande & Mittra, citados por Wickham & Singh (1978).

**Preparo do solo com água** - Vários autores têm relatado que a destruição da estrutura do solo pelo preparo com água reduz a percolação (Kawasaki, 1975; Humphreys et al., 1992; Singh et al., 1993), como pode ser observado na Fig. 17.4. Este preparo resulta na destruição de 90 a 100% do volume de macroporos e restringe a porosidade apenas ao espaço ocupado pelo filme de água ao redor das partículas de argila. Essa prática aumenta a densidade do solo e diminui a condutividade hidráulica.

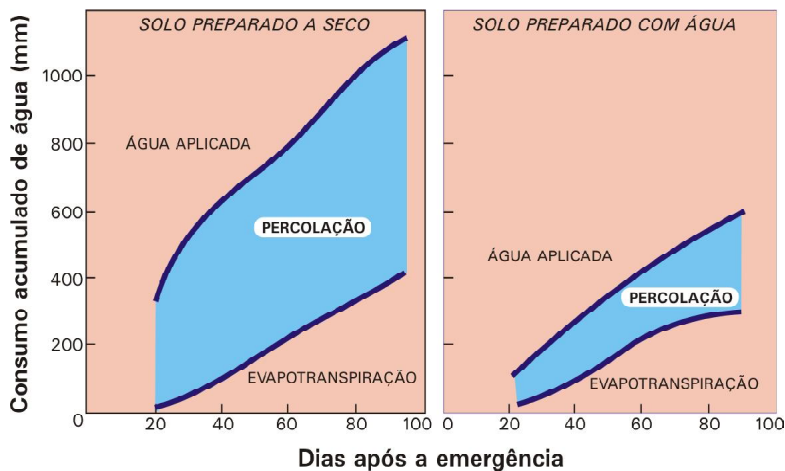
Pesquisadores do IRRI encontraram taxas médias de 2,0 e 5,7 mm dia<sup>-1</sup> para percolação mais fluxo lateral, para solos preparados com água e a seco, respectivamente (Irri, 1973). Kawasaki (1975) relatou que, no Japão, as perdas por percolação em solos preparados com água foram iguais a um terço daquelas observadas em solos preparados a seco. Na Austrália, o preparo do solo com água, utilizando enxada rotativa, reduziu a percolação de 3.500 para 500 mm, durante a estação de crescimento do arroz (Humphreys et al., 1992). Na Índia, conforme Singh et al. (1993), este preparo diminuiu a taxa de infiltração de água no solo em mais de 62%. No Brasil, em Santa Catarina, Eberhardt (1993) verificou que o consumo médio de água durante o ciclo do arroz, na parcela em que o solo foi preparado a seco, foi 22% superior ao consumo médio das parcelas em que o solo foi preparado com água. Entretanto, considerando o consumo médio total de água, incluindo o gasto de água para formar a lama, não houve diferença significativa entre os tratamentos de preparo do solo.

### Saturação do perfil do solo e formação da lâmina de água

A quantidade de água requerida para saturar o perfil do solo depende da porosidade, do grau de saturação do solo antes da irrigação e da profundidade a ser saturada. Quanto maiores forem a porosidade e a profundidade a ser saturada, e quanto menor o grau de saturação inicial do solo, maior será o volume de água necessário. A quantidade de água necessária para formar a lâmina depende, por sua vez, da altura



desejada, do tempo gasto na sua formação, da velocidade de infiltração básica e da evapotranspiração durante o período de formação da lâmina. Quanto maiores forem estes parâmetros, maior será o volume de água necessário.



**Fig. 17.4.** Comparação entre o preparo do solo, a seco e com água, e a evapotranspiração, a percolação e o consumo de água.

Fonte: Adaptada de De Datta & Kerim (1974).

### Vazão necessária

No Rio Grande do Sul, no sistema de tabuleiros em contorno, para suprir a necessidade de água durante o ciclo para os sistemas de cultivo convencional, cultivo mínimo e plantio direto, é recomendada a utilização de vazões contínuas de 1,5 a 2,0 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> num período médio de irrigação de 80 a 100 dias (Irga, 2001). Solos com textura franco-arenosa ou arenosos e com maior gradiente de declividade necessitam de vazões maiores. O consumo de água também aumenta em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar. Corrêa et al. (1997) fizeram uma revisão sobre o consumo de água no RS. Nos trabalhos revisados, o consumo foi estimado por balanço hídrico, não estando contempladas as perdas na condução da água nos canais nem a saída contínua para o dreno, ou seja, foi considerada a irrigação com lâmina de água estática. Nessas condições, o consumo de água variou de 1,15 a 1,76 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, ou de 0,77 a 1,02 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, quando foi considerada a precipitação pluvial. Ainda no RS, Machado et al. (2002), comparando, por dois anos, o consumo de água nos sistemas de cultivo convencional, cultivo mínimo,



pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas verificaram que a variação entre eles foi pequena. Se a água utilizada para o preparo do solo (pré-germinado e transplante) ou para formação da lâmina (mix de pré-germinado) fosse oriunda da chuva, haveria nestes sistemas o decréscimo no consumo de 1285 m<sup>3</sup>.

No sistema de plantio com sementes pré-germinadas, mais comum em Santa Catarina, o período de irrigação é maior, iniciando-se no preparo do solo. Apesar disto, em geral, ocorre menor consumo de água. Para o preparo do solo, aplica-se uma lâmina de água de 4 a 5 cm sobre a superfície, mais a lâmina necessária para saturar o solo. Normalmente, são necessários de 1000 a 2.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Por ocasião da reposição de água, após a aplicação do herbicida pós-plantio do arroz, que deverá ser feita em um ou dois dias, é recomendável uma vazão mínima de 2 a 3 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, o que sugere um escalonamento na aplicação do herbicida, para evitar falta de água na reposição da lâmina. Para a manutenção da lâmina, vazões em torno de 1 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> são suficientes, tendo em vista a baixa percolação da água no solo, devido à formação da lama (Irga, 2001).

Em Goianira, GO, Stone et al. (1990), em solo de textura argilo-arenosa, verificaram que, para a manutenção da inundação contínua ao longo do ciclo do arroz, foram necessários 7,4 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>. Quando se combinou inundação intermitente na fase vegetativa com inundação contínua na fase reprodutiva, a vazão necessária foi reduzida para 4,9 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> e, com inundação intermitente durante todo o ciclo, para 2,1 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>.

Nas várzeas do Tocantins, o consumo de água depende, principalmente, da altura do lençol freático que, por sua vez, depende do nível de água dos rios, o qual é afetado pelo regime de chuvas. Na época em que ocorrem menos precipitações pluviais, o requerimento de água é da ordem de 4,0 a 4,5 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (Santos et al., 2002).

Poirée & Ollier (1970) propuseram equações para determinar a vazão necessária para inundar a lavoura, manter a lâmina de água e renovar a água dos tabuleiros, as quais são descritas a seguir:

a) Inundação da lavoura

$$Q_1 = 0,1158 A[h + t_1 (ET_c + VIB)]/t_1$$

em que:

$Q_1$  – vazão necessária para inundar a área, em L s<sup>-1</sup>

A – área a ser inundada, em ha





$h$  – altura média da água no tabuleiro, em mm  
 $t_1$  – tempo necessário para inundar a área, em dia  
 $ET_c$  – evapotranspiração da cultura, em mm dia<sup>-1</sup>  
 $VIB$  – velocidade de infiltração básica, em mm dia<sup>-1</sup>

b) Manutenção da lâmina

$$Q_2 = 0,1158 A(ET_c + VIB)$$

em que:

$Q_2$  – vazão necessária para manter a lâmina de água, em L s<sup>-1</sup>

c) Renovação da água do tabuleiro

$$Q_3 = 0,1158 A(ET_c + VIB + h.n/t_2)$$

em que:

$Q_3$  – vazão necessária para renovar a água dos tabuleiros, em L s<sup>-1</sup>

$n$  – número de vezes que se deseja renovar a água dos tabuleiros

$t_2$  – duração da inundação, em dia

A capacidade do canal principal deve estar de acordo com a maior das vazões calculadas, tendo-se em conta as perdas por condução da água no canal.

Em um projeto de irrigação por inundação intermitente, pode-se determinar a vazão necessária pela seguinte equação (Bernardo, 1982):

$$Q = 2,78 A.Et_c.TR/(E.H.PI)$$

em que:

$Q$  – vazão necessária, em L s<sup>-1</sup>

$A$  – área a ser inundada, em ha

$Et_c$  – evapotranspiração da cultura, em mm dia<sup>-1</sup>

$TR$  – turno de rega, em dia

$E$  – eficiência do sistema, em decimal

$H$  – número de horas de trabalho por dia

$PI$  – período de irrigação, em dia

Como mencionado anteriormente, na determinação da capacidade do canal principal devem ser levadas em conta as perdas



por condução que, em canais de terra não-revestidos, variam de 25% a 50% do total de água que passa pelo canal (Ipeas, 1973). Essas perdas são devidas à evaporação e à infiltração e dependem da área molhada do canal, do seu tempo de utilização e da velocidade de infiltração do solo (Corrêa et al., 1997). Segundo esses autores, as perdas por infiltração podem ser representadas pela seguinte equação:

$$P_{inf} = A_m \cdot T_{ut} \cdot VIB$$

em que:

$P_{inf}$  – perdas por infiltração no canal, em  $m^3$

$A_m$  – área molhada do canal, em  $m^2$

$T_{ut}$  – tempo de utilização do canal, em dia

$VIB$  – velocidade de infiltração do solo, em  $m^3 m^{-2} dia^{-1}$

É importante salientar que nem toda a água infiltrada constitui-se necessariamente em perda, já que uma parte desta poderá alimentar o lençol freático de áreas adjacentes irrigadas. As perdas tendem a ser menores em canais velhos, devido ao selamento dos poros. Os valores da velocidade de infiltração variam com o tempo, tendendo a um valor residual à medida que ocorre a saturação do solo (Tabela 17.11). A manutenção do canal permanentemente com água durante o ciclo da cultura é uma prática recomendada, já que manteria a velocidade de infiltração igual ou muito próxima de seu valor residual (Corrêa et al., 1997).

**Tabela 17.11.** Velocidade de infiltração final em canais de terra não-revestidos.

Solo	Velocidade de infiltração ( $m^3 m^{-2} dia^{-1}$ )
Argiloso	0,08 - 0,25
Areno-argiloso	0,30 - 0,45
Arenoso	0,45 - 0,60
Com cascalho	0,90 - 1,80

Fonte: Adaptada de Bernardo (1982).

O Instituto de Pesquisa e Experimentação do Sul propôs a seguinte equação para determinar a capacidade do canal principal, levando em conta as perdas por condução (Ipeas, 1973):

$$C = Q + P + 10^5 A \cdot h_f / 86400 t_f$$

em que:



$C$  – capacidade do canal principal, em  $L s^{-1}$

$Q$  – necessidade total de água para a manutenção da lâmina de água na área considerada, em  $L s^{-1}$

$P$  – perdas de água no canal, em  $L s^{-1}$

$A$  – área a ser inundada, em ha

$h_t$  – profundidade do solo a ser saturada, mais altura da lâmina de água e mais a evapotranspiração da cultura durante a inundação, em cm

$t_1$  – número de dias para inundar a área

A eficiência de condução da água é determinada pela seguinte equação:

$$E_c = 100V_a / V_d$$

em que:

$E_c$  – eficiência de condução, em %

$V_a$  – volume de água efetivamente aplicado na lavoura, em  $m^3$

$V_d$  – volume de água derivado do ponto de captação, em  $m^3$

## NECESSIDADE DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

É difícil quantificar com exatidão o volume total de água necessário quando se utiliza irrigação suplementar, uma vez que esse volume depende da quantidade e distribuição das chuvas. A necessidade total de água para o cultivo do arroz de terras altas varia de 600 a 700 mm. Stone et al. (1979a) mediram um consumo total de 600 mm para as cultivares IAC 47 e CICA 4, em Goiânia, GO. No mesmo local, Steinmetz (1986) observou consumo total de 676 mm para a cultivar IAC 47, com consumo médio diário de 5,3 mm. Em Uberaba, MG, a mesma cultivar consumiu 715 mm (Manzan, 1984), com consumo médio diário entre 5 e 6 mm. A cultivar Maravilha, primeira cultivar lançada para as condições denominadas favorecidas, requer cerca de 800 mm durante o ciclo, quando cultivada no espaçamento de 20 cm entre linhas (Embrapa, 1997). Considerando apenas a irrigação suplementar, as lâminas de água aplicadas podem variar de 524 mm, segundo verificaram Toeschler & Köpp (2002), no RS, a valores inferiores a 200 mm por ciclo, nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, dependendo do regime de chuvas. Crusciol et al. (2003), em Selvíria, MS, aplicando lâminas suplementares de irrigação variando de 37,4 a 318,3 mm, em ano de menor ocorrência de veranicos, e de 100,0 a 381,7 mm, em ano de maior ocorrência, não obtiveram diferenças na produtividade do arroz, a qual, entretanto, foi maior em comparação à obtida quando não foi aplicada a irrigação suplementar.



O requerimento de água do arroz irrigado por aspersão pode ser estimado a partir de tanques evaporimétricos, com base na relação existente entre a evaporação da água medida no tanque USWB Classe A (ECA) e a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ). A relação é obtida utilizando-se o coeficiente do tanque ( $K_p$ ) e o coeficiente da cultura ( $K_c$ ), de modo que:

$$ET_c = ECA.K_p.K_c$$

Com os dados de evaporação do tanque de um local (média de vários anos) e com os coeficientes, pode-se estimar a demanda de água de maneira mais precisa que a simples medição do consumo de água em um local e num dado ano. Doorenbos & Kassam (1979) apresentam valores de  $K_p$  considerando o clima e o meio circundante ao tanque. Steinmetz (1986) determinou os valores de  $K_c$  para diferentes estádios da cultura do arroz (Tabela 17.12).

**Tabela 17.12.** Coeficiente da cultura ( $K_c$ ) para diferentes estádios da cultura do arroz de terras altas.

Estádio da cultura	Idade da planta (dia)	$K_c$
Plântula	8 - 18	0,70
Vegetativo	18 - 40	0,90
Final do vegetativo-reprodutivo	40 - 110	1,24
Enchimento dos grãos	110 - 130	0,90

Fonte: Steinmetz (1986).

Os manejos da cultura e do solo alteram os valores do coeficiente de cultura. Verifica-se na Tabela 17.13 que o valor máximo de  $K_c$  para o arroz semeado a 0,20 m entre linhas (Stone & Silva, 1999) é maior que o obtido por Steinmetz (1986), para o arroz semeado a 0,50 m entre linhas. Da mesma forma, os valores de  $K_c$  para o arroz cultivado em solo preparado convencionalmente são maiores que os do arroz sob plantio direto.

**Tabela 17.13.** Coeficientes de cultura referentes ao arroz de terras altas semeado no espaçamento de 0,20 m entre linhas.

Estádio	Duração (dia)	Coeficiente de cultura	
		PC <sup>(1)</sup>	PD <sup>(2)</sup>
Emergência – início do perfilhamento	20	0,58	0,18
Início do perfilhamento – diferenciação da panicula	45	0,72	0,67
Diferenciação da panicula – grão pastoso	55	1,34	1,28
Grão pastoso – maturação	15	0,67	0,53

<sup>(1)</sup>Preparo convencional do solo; <sup>(2)</sup>Plantio direto

Fonte: <sup>(1)</sup>Adaptada de Stone & Silva (1999); <sup>(2)</sup>Stone & Silveira (2004).



A simulação da semeadura do arroz de terras altas no início de novembro (Stone & Silveira, 2004), utilizando os coeficientes de cultura (Tabela 17.13) para o arroz semeado a 0,20 m entre linhas, sob preparo convencional do solo e sob plantio direto, mostrou que a evapotranspiração sob plantio direto é cerca de 15% menor que no preparo convencional do solo (Tabela 17.14). Isto faz com que ocorra substancial redução na necessidade de irrigação suplementar.

**Tabela 17.14.** Estimativa da evapotranspiração e da necessidade de irrigação suplementar na cultura do arroz de terras altas, no sistema convencional de preparo do solo e sob plantio direto.

Município	Evapotranspiração (mm ciclo <sup>-1</sup> )		Lâmina de irrigação suplementar (mm ciclo <sup>-1</sup> )	
	PC <sup>(1)</sup>	PD <sup>(2)</sup>	PC <sup>(1)</sup>	PD <sup>(2)</sup>
Guaíra, SP	629	530	106	70
Unaí, MG	565	482	194	167
Vicentinópolis, GO	578	495	71	46
Primavera do Leste, MT	487	417	73	45

<sup>(1)</sup>Preparo convencional do solo; <sup>(2)</sup>Plantio direto

Battilani & Pietrosi (1990), ao irrigarem a cultura do arroz por aspersão por 12 vezes ao longo do ciclo, com lâminas de água equivalentes a 50, 100 ou 150% da evapotranspiração da cultura, verificaram que as produtividades obtidas, acima de 6,5 t ha<sup>-1</sup>, não diferiram significativamente. Entretanto, ao irrigarem o arroz por aspersão com lâminas de água equivalentes a 33, 66 e 100% da ET<sub>c</sub>, quando a ET<sub>c</sub> acumulada, não-compensada pela chuva, alcançava 20 mm, obtiveram produtividades de 1,4, 5,5 e 7,5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Battilani & Pietrosi, 1991).

Outra maneira de calcular a quantidade de água a ser aplicada no solo plantado com arroz é utilizando-se tensiômetro e a curva de retenção de água desse solo. Os tensiômetros são aparelhos que medem a tensão da água do solo. A curva de retenção relaciona o teor ou o conteúdo de água do solo com a força com que está retida por ele. É uma propriedade físico-hídrica do solo, determinada em laboratório.

Os tensiômetros devem ser instalados em duas profundidades, 15 e 30 cm, em pelo menos três locais da área plantada, quando se trata de irrigação com pivô central. Esses pontos devem corresponder a 4/10, 7/10 e 9/10 do raio do pivô, em linha reta a partir da base.



O tensiômetro de 15 cm é chamado “de decisão”, porque indica o momento da irrigação, enquanto o de 30 cm é chamado “de controle”, porque indica se a irrigação está sendo bem-feita, sem excesso ou falta de água. A irrigação deve ser efetuada quando a média das leituras dos tensiômetros de decisão estiver em torno de 25 kPa (Stone et al., 1986).

O procedimento para determinação da quantidade de água a ser aplicada é o seguinte: de posse da curva de retenção de umidade, verifica-se a quanto 25 kPa correspondem em conteúdo de água no solo, dado em  $\text{cm}^3$  de água  $\text{cm}^{-3}$  de solo. Em seguida, calcula-se a diferença entre o conteúdo de umidade a 10 kPa (capacidade de campo) e a 25 kPa. Esta diferença, multiplicada pela profundidade de 30 cm, indicará a lâmina líquida de irrigação. Isto se deve ao fato de que a camada de solo de 0 - 30 cm de profundidade engloba a quase totalidade das raízes do arroz irrigado por aspersão e de que a leitura do tensiômetro de decisão representa a tensão média da água do solo nesta camada.

## MANEJO DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO

### Início da irrigação

Em cada região orizícola, com características ecológicas peculiares, há sempre uma melhor época para o início da irrigação. Bernardes (1956), em Gravataí, RS, observou que as maiores produtividades foram alcançadas quando a irrigação foi iniciada aos dez dias após a emergência. Em estudos posteriores, Amaral & Gomes (1983), em Pelotas, RS, verificaram que, para a cultivar Bluebelle, ciclo precoce, as maiores produtividades foram obtidas quando a irrigação foi iniciada aos 30 dias após a emergência do arroz. Para as cultivares de ciclo médio ou longo, este prazo pode ser estendido para 40 dias (Irga, 2001). Vahl et al. (1985) verificaram que a cultivar BR IRGA 410 produziu cerca de 11% mais quando a irrigação foi iniciada aos 42 dias após a emergência, em comparação ao início aos 14 dias. Entretanto, quando a precipitação pluvial não for suficiente para manter o solo em condições adequadas de umidade, para viabilizar o processo de germinação e desenvolvimento das plântulas até o momento de aplicação da lâmina de água definitiva, deve-se irrigar com pequenas lâminas (banhos). Vale ressaltar que a antecipação do início da inundação encurta o ciclo do arroz, pelo fato de a inundação aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, proporcionando um melhor desenvolvimento destas. O ciclo da cultivar BR IRGA 410, da emergência à floração, foi de 89 dias quando a irrigação iniciou aos 14 dias após a emergência e de 101 dias, quando esta começou aos 42 dias após a emergência (Vahl et al., 1985). Assim, se por um lado há aumento no consumo de água ao se iniciar a irrigação mais cedo, ele diminui



pelo encurtamento do ciclo. Para a Baixada Fluminense e regiões vizinhas, Duarte (1969) considerou as épocas de 20 e 30 dias após a germinação do arroz como as melhores para o início da irrigação. Deve ser levado em conta que o teor de umidade do solo é um fator preponderante na determinação do início da irrigação. Adicionalmente, o emprego sistemático de herbicidas na atualidade, que permite melhorar o controle de plantas daninhas e, com isso, atrasar o início da irrigação, é, possivelmente, a causa das discordâncias verificadas entre os trabalhos mais antigos e os mais recentes.

No sistema pré-germinado, inicia-se a inundação cerca de 25 dias antes da semeadura. Para o processo de renivelamento, inundam-se os tabuleiros com lâmina de água de 4 a 5 cm de altura e utiliza-se o nível da água como referência para a operação. No alisamento, diminui-se a lâmina de água. Concluídas essas operações, retira-se a água para que as sementes de arroz vermelho e outras espécies iniciem o processo de germinação. Cinco a sete dias após, notando-se a emergência das plântulas, inundam-se novamente os tabuleiros com lâmina de água de 5 a 10 cm de altura e aplica-se um herbicida. A água deve ser mantida nos tabuleiros durante sete a dez dias e trocada três a cinco dias antes da semeadura, que é feita sobre lâmina de água de 5 a 10 cm de altura. Essa altura da lâmina deve ser mantida por três a cinco dias. A seguir, drena-se o tabuleiro para que a lavoura permaneça com nível mínimo de água (solo saturado). Recomenda-se não secar o solo, pois a secagem favorece a germinação e o desenvolvimento de plantas daninhas e, ao mesmo tempo, ocasiona perdas de nitrogênio por desnitrificação (Irga, 2001). Após a aplicação do herbicida pós-plantio do arroz, feita geralmente entre 15 e 20 dias após a germinação, repõe-se a lâmina de água. A drenagem após a semeadura pode onerar os custos de produção, provocar perdas de solo e nutrientes e causar danos aos mananciais de água à jusante das lavouras pela deposição de materiais sólidos. Verneti Junior et al. (2002) não encontraram diferenças na produtividade de arroz entre o sistema preconizado e a manutenção de uma lâmina permanente de água de cerca de 5 cm a partir da semeadura. Marcolin & Macedo (2002), por sua vez, verificaram que a semeadura com lâmina de água de 7,5 cm e drenagem cinco dias após propiciou maior produtividade que a manutenção de lâmina de água desde a semeadura, devido à alta infestação de plantas daninhas e à baixa eficiência do herbicida nesta última condição.

### **Drenagem final**

Devido a inadequados sistemas de drenagem, torna-se necessário drenar os campos tão cedo quanto possível, após a floração,



para o solo secar suficientemente e suportar os equipamentos de colheita (Grain..., 1975). Entretanto, testes em vasos, feitos no Suriname, demonstraram que a drenagem, quando realizada muito cedo, tende a reduzir a produtividade e a qualidade dos grãos (incremento em grãos gessados). No Brasil, em experimento de campo com a cultivar Awini, em Almeirim, PA, foram testados os efeitos da drenagem a uma, duas, três e quatro semanas após a floração. Observou-se que, quanto mais cedo se iniciou a drenagem, maior foi o número de grãos quebrados e gessados e menor a produtividade de grãos. Isso sugere que a água deve ser mantida por três a quatro semanas após a floração para se obter máxima produtividade e qualidade de grão (Grain..., 1975). Concordando com isso, em experimento realizado no IRRI, sobre épocas de início da drenagem final, foi observado que, quanto maior o período sem irrigação, menor a produtividade. Cada um dos componentes da produtividade contribuiu para o decréscimo na produtividade (Irri, 1972).

Em experimento realizado na Baixada Fluminense, com as cultivares De Abril e IAC 435, tendo como tratamentos a drenagem final dos tabuleiros aos 20, 25, 30 e 35 dias após o início da floração, observou-se que a cultivar De Abril mostrou-se indiferente, podendo-se escolher a drenagem aos 20 dias para maior economia de água. A cultivar IAC 435 apresentou melhor resultado, quanto ao rendimento no beneficiamento, quando a drenagem foi efetuada aos 25 dias após o início da floração. Nos demais parâmetros avaliados, massa de 1.000 grãos e porcentagem de grãos gessados, não foram constatadas diferenças significativas quanto à época de drenagem dos tabuleiros (Duarte, 1975).

Stone & Fonseca (1980), trabalhando com as cultivares IAC 435 e IR 841-63-5-L-9-33, em Goianira, GO, concluíram que, associando produtividade de grãos e rendimento no beneficiamento à economia de água, a drenagem da lavoura deve ser feita aos 30 dias após a floração. Reis (1990), em Lambari e Leopoldina, MG, comparando os efeitos da drenagem final na floração e 10, 20 e 30 dias após, sobre o comportamento das cultivares MG 1 e INCA, concluiu que em Lambari, onde o solo é de drenagem mais rápida, a água só deve ser retirada 20 dias após a floração, enquanto que em Leopoldina, onde o solo é de drenagem mais lenta, a água pode ser retirada mais cedo, próximo da floração. Amaral & Gomes (1983), em estudos conduzidos em Pelotas, RS, em solo argiloso, de difícil drenagem, com a cultivar Bluebelle, verificaram que a drenagem final da lavoura pode ser efetuada aos dez dias após a floração plena. Nessas mesmas condições de solo, para cultivares do tipo moderno, a supressão de água deve ser feita aos 15 dias após a floração plena (Irga, 2001).





Os diferentes resultados observados com relação à época de drenagem final da lavoura de arroz estão relacionados, possivelmente, com as cultivares estudadas e com a redução da umidade do solo após a drenagem.

### **Drenagem intermediária**

A inundação do solo provoca a redução do ferro e do manganês, assim como de outros elementos do solo. Vários ácidos orgânicos são produzidos, como acético, propiônico e butírico, bem como gases, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Essas substâncias, quando presentes em quantidades relativamente grandes, podem atrasar o desenvolvimento das raízes, inibir a absorção de nutrientes e provocar a podridão das raízes, geralmente entre o estágio de plântula e a diferenciação do primórdio da panícula. Os efeitos tóxicos podem manifestar-se como sintomas de enfermidades fisiológicas, entre as quais se encontram a "Akiochi" e a "Akagare", no Japão, a enfermidade de "sufocação", em Formosa, e o "bronzeador", no Sri Lanka. A toxicidade é observada mais freqüentemente quando o oxigênio do solo é esgotado, devido à rápida decomposição de grande quantidade de matéria orgânica. O oxigênio pode ser introduzido no solo pela remoção da água, pois, havendo uma secagem moderada, as substâncias reduzidas se oxidam e os gases podem escapar pela superfície do solo. A água que se infiltra pode, da mesma forma, introduzir oxigênio no solo e lixiviar as substâncias tóxicas para fora da zona das raízes (University of the Philippines, 1975). Inúmeras investigações têm demonstrado que os melhores resultados são obtidos quando a drenagem é efetuada no fim do estágio de perfilhamento. Esta prática é chamada comumente de drenagem de meia-estação de crescimento. Entretanto, para haver sucesso, deve estar disponível uma boa reserva de água para imediata inundação posterior. A drenagem de meia-estação é grandemente praticada em regiões temperadas do Japão, Coréia e Itália (Tsutsui, 1973). No Brasil, é raramente necessária, sendo usada, algumas vezes, para minimizar problemas de toxicidade de ferro ou quando a temperatura da água de irrigação está muito elevada.

### **Altura da lâmina de água**

Vários pesquisadores têm estudado a influência da altura da lâmina de água na produtividade do arroz. No Brasil, o trabalho mais antigo de que se tem conhecimento foi o realizado por Bernardes (1956) na Estação Experimental de Arroz, em Gravataí, RS, no período de 1944



a 1950. No experimento, realizado com oito cultivares de arroz e com quatro alturas de lâmina de água, 10, 15, 20 e 25 cm, todas as cultivares produziram mais com altura de lâmina de água de 20 cm. Outras observações indicaram que, quando a altura da lâmina de água é superior a 30 cm, o arroz deve ser plantado com menor espaçamento, pois o perfilhamento será muito menor. Trabalho semelhante foi conduzido por Moraes & Freire (1974), no Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS), em Pelotas, RS. O experimento foi realizado em casa de vegetação e avaliou cinco alturas de lâmina de água, 0, 3, 6, 9 e 12 cm. Os resultados obtidos permitiram concluir que o comportamento das plantas de arroz foi igual em todas as alturas de lâmina de água usadas, não havendo influência significativa na produtividade de grãos e nem nas condições de redox que se desenvolveram no solo, como conseqüência do excesso de água.

Trabalhos como os citados anteriormente têm sido realizados em vários outros países. Johnson (1965) mostra resultados de experimentos nos quais as plantas submetidas à lâmina de água de 2,5 cm de altura produziram 5% mais que aquelas cuja altura da lâmina foi maior que 10 cm, e afirma que a água profunda inibe o perfilhamento. Em experimento realizado no IRRI, foi observado que a lâmina de água de 2,5 cm de altura, comparada à de 10 cm, teve igual produtividade e com maior eficiência de uso da água (Irri, 1967). Nojima & Tanaka (1968), em experimentos conduzidos no Japão, verificaram que, nas parcelas inundadas com lâmina de água de 3 cm de altura, as plantas apresentaram maior produtividade de grãos e de matéria seca e maior número de grãos por planta que as cultivadas nas parcelas com lâmina de 6 cm de altura, ou cujo solo foi mantido saturado, 0 cm. Oelke & Mueller (1969), trabalhando na Califórnia, Estados Unidos, com alturas de lâmina de água de 4, 8 e 18 cm, observaram que a produtividade foi maior com a lâmina de 4 cm. Por outro lado, na Índia, Pande & Mitra (1970) observaram que a produtividade do arroz irrigado por submersão foi significativamente maior que a do arroz sob saturação, mas não houve diferença significativa entre lâminas de 5 e 10 cm. O aumento da produtividade nas condições de submersão esteve associado com o incremento do número de panículas por cova e do número de grãos por panícula. Em trabalhos conduzidos no IRRI, foi verificado que a água de inundação profunda promoveu o crescimento longitudinal das plantas, reduziu o número de perfilhos e aumentou o de perfilhos improdutivos. Em regime de inundação contínua, com 20 cm de água sobre a superfície do solo, as plantas apresentaram acamamento severo (Irri, 1971).



Conforme exposto, a submersão em lâmina rasa sempre traz resultados favoráveis em relação à produtividade e à quantidade de água despendida no cultivo do arroz. Segundo Tsutsui (1972), a vantagem da lâmina baixa, cerca de 5 cm, em relação à de profundidade maior, é justificada pelas seguintes razões:

- 1) Em profundidade rasa, a temperatura da água durante o dia é alta e, à noite, mais baixa que sob regime de água profunda. Essa diferença provoca maior perfilhamento.
- 2) A água rasa favorece a decomposição da matéria orgânica, o que proporciona melhor desenvolvimento do sistema radicular.
- 3) Teoricamente, a porcentagem média de evaporação é maior sob submersão profunda, devido ao maior armazenamento de energia térmica, resultando em maior evaporação durante a noite.
- 4) As perdas por percolação são menores com submersão rasa.

Para se manter a profundidade da água em 5 cm, é necessário que haja perfeito nivelamento do solo. Outro problema relacionado à lâmina de água baixa é a grande incidência de plantas daninhas. Em muitas áreas de cultivo de arroz, há diminuição no crescimento das plantas daninhas com utilização de água mais profunda. Contudo, em áreas mal-drenadas, altas lâminas de água, podem facilitar o desenvolvimento de plantas daninhas aquáticas.

Solo úmido mas não-inundado, temperaturas altas e iluminação adequada favorecem o crescimento das plantas daninhas de folhas estreitas. Além disso, a falta da lâmina de água dificulta a distribuição eficiente dos herbicidas granulares, e as altas temperaturas e a luz podem estimular a rápida decomposição do componente herbicida de alguns produtos químicos. As gramíneas são controladas, em parte, mediante inundação, a profundidades superiores a 5 cm. A inundação contínua, em profundidade maior que 5 cm, controla razoavelmente bem as ciperáceas, que são eliminadas, quase por completo, com inundação contínua a profundidades maiores que 15 cm.

As plantas daninhas de folhas largas são relativamente pouco afetadas pela profundidade da inundação e podem, inclusive, progredir com o aumento da profundidade. O controle da água durante as primeiras etapas de crescimento da cultura tem efeito primordial sobre a erradicação das plantas daninhas. Se estas se estabelecem, é muito mais difícil controlá-las por meio das práticas de manejo da água (University of the Philippines, 1975).



Na Tabela 17.15 estão apresentados os resultados obtidos por Barros (1977), com relação ao efeito da altura da lâmina de água sobre o número de plantas daninhas.

**Tabela 17.15.** Número de plantas daninhas por m<sup>2</sup> conforme a altura da lâmina de água.

Altura da lâmina de água (cm)	Plantas daninhas (nº m <sup>-2</sup> )
0	198
5	63
10	20
15	19
20	12
25	5

Fonte: Barros (1977).

A pouca profundidade da lâmina de água pode não ser significativa para a obtenção de boa colheita em cultivares de porte alto e com folhas abundantes. Mas, com a introdução de novas cultivares de estatura baixa, a aplicação de lâmina de água não muito profunda, menor que 10 cm, é muito importante para o sucesso da cultura. No Rio Grande do Sul, devido à utilização de tabuleiros em contorno, com desnível médio de 5 a 10 cm, a altura da lâmina de água varia, em média, de 5 cm, na parte superior, a 10 - 15 cm na parte inferior do tabuleiro.

### Qualidade da água

As características da água de irrigação, que determinam sua qualidade quanto à salinidade, são: concentração total de sais minerais; relação entre o sódio e os outros cátions; concentração de boro e outros elementos; e, sob algumas situações, concentração de bicarbonato em relação à concentração de cálcio e magnésio. Somente a determinação de todos esses fatores permitirá a melhor avaliação da qualidade da água para irrigação (Irga, 2001).

Em muitas áreas arroteiras, as águas salinas causam sérios problemas. É importante reconhecer os sintomas dos danos e saber como minimizá-los. O problema da salinidade manifesta-se com maior intensidade nos anos em que a precipitação é muito baixa, principalmente em locais próximos ao mar. A inversão do fluxo de água nessa situação pode causar sérios problemas para a cultura e o solo, podendo iniciar-se o processo de salinização em solos onde não havia esse problema.



O uso de água com alto conteúdo de sais pode também contribuir para a salinização dos solos. Beecher (1991) verificou que a salinização do solo aumentou com o incremento do teor de sais na água de irrigação, atingindo um equilíbrio após três anos. Esse problema ocorre nas lavouras da zona litorânea do Rio Grande do Sul e litoral sul de Santa Catarina e se intensifica nos meses de janeiro e fevereiro, coincidindo com o início da fase reprodutiva, quando as plantas são mais sensíveis à salinidade (Irga, 2001).

O excesso de sais nas proximidades do sistema radicular reduz o crescimento das plantas, devido a efeitos específicos e não-específicos, que dependem, respectivamente, da qualidade e da quantidade dos sais presentes. Os efeitos específicos, ou fisiológicos, são aqueles causados por um desequilíbrio nas concentrações relativas de várias espécies de íons com relação a um outro, enquanto os não-específicos, ou osmóticos, são causados pela concentração total de sais, indiferente às espécies presentes.

Os sintomas mais comuns produzidos pela salinidade, além da redução do crescimento, são a ocorrência de branqueamento nas pontas das folhas, com a conseqüente morte, e, se a planta de arroz estiver próxima da maturidade, a ocorrência de panículas brancas e vazias na época da floração (Cheaney & Jennings, 1975).

Beecher (1991), trabalhando com seis níveis de salinidade da água de irrigação, 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>, verificou que somente a água de irrigação com condutividade elétrica igual a 4,0 dS m<sup>-1</sup> reduziu a produtividade do arroz.

Dentre as cultivares de arroz com alto potencial produtivo em cultivo no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, não existe uma que tolere irrigação com água salinizada, em nível igual ou superior a 0,25% de NaCl. Águas com esse teor, aplicadas a partir do início da fase reprodutiva, podem determinar reduções superiores a 50% na produtividade. Toda a irrigação deve ser suspensa quando a condutividade elétrica atingir valores iguais ou maiores que 2,0 dS m<sup>-1</sup> (Irga, 2001).

As diferentes fases de crescimento do arroz apresentam diferenças quanto à tolerância à salinidade. Pearson & Ayres (1960) afirmam que o arroz é muito tolerante à salinidade durante a germinação, mas muito sensível durante o estágio de plântula, ganha tolerância progressivamente durante o perfilhamento, torna-se novamente sensível quando floresce e é tolerante durante o período de maturação do grão. Bernstein (1961) mostrou, da mesma maneira, que o arroz é mais



tolerante à salinidade na germinação que no estágio de plântula. Na Califórnia, Estados Unidos, Kaddah et al. (1973), ao trabalharem com água de irrigação com três níveis de condutividade elétrica, 1,4; 3,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup> a 25°C, verificaram que o arroz não é sensível à salinidade após o estágio de emborrachamento.

Vasconcellos (1953) estabeleceu o grau de tolerância do arroz à água salina (Tabela 17.16).

**Tabela 17.16.** Uso de água salina na irrigação do arroz.

Concentração de NaCl (%)	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> a 25°C)	Uso de água salina
0,06	0,94	Não é prejudicial
0,13	2,03	Tolerável em todas as fases
0,17	2,66	Tolerável do perfilhamento até a exerceção das panículas
0,34	5,32	Tolerável depois do alongamento dos entrenós
0,51	7,98	Não recomendável

Fonte: Adaptada de Vasconcellos (1953).

## Temperatura da água

A planta de arroz, desde a fase inicial de irrigação até o início da formação da panícula, é mais afetada pela temperatura da água que pela do ar. Isso ocorre porque as gemas responsáveis pelo desenvolvimento das folhas, perfilhos e panículas permanecem sob a água. À medida que a panícula se desenvolve e ultrapassa o nível da água, a influência da temperatura do ar aumenta e a da água diminui. Na maioria dos casos, esta última é superior à temperatura do ar (Irga, 2001).

A temperatura da água de irrigação, de um modo geral, não causa problemas nos climas tropicais, exceto quando for excessivamente alta e a água não sofrer processo de renovação. Nesses casos, pode causar danos no início da formação da panícula, reduzindo o seu número e provocando a podridão-das-raízes (Irga, 2001).

As temperaturas ótimas da água encontram-se entre 25°C e 30°C. Entretanto, no Paquistão, temperaturas superiores à 30°C não têm produzido efeitos adversos sobre a cultivar IR 80 e outras cultivares similares, do grupo *Indica*. Em locais onde foi comprovado o efeito adverso de temperaturas elevadas sobre a produtividade, observou-se,



ao mesmo tempo, a diminuição da absorção de silício e de potássio, a ocorrência de menor número de perfilhos e de maior porcentagem de espiguetas vazias (University of the Philippines, 1975). Chaudhary & Ghildyal (1970) verificaram, para a cultivar Taichung Native 1, que a maior produtividade foi obtida com a temperatura variando entre a mínima de 20°C e a máxima de 32°C, resultante do maior número de perfilhos, panículas e espiguetas, mais baixa esterilidade das espiguetas e maior massa de 100 grãos. Sasaki (1992) verificou que a temperatura da água de irrigação de 35°C provocou a diminuição do comprimento e da largura da folha, em comparação com a de 30°C.

Santos et al. (2003) observaram, no Estado do Tocantins, que a temperatura da água de irrigação do arroz freqüentemente alcança valores acima de 35°C no período das 12:00 às 18:00 h, atingindo índices térmicos de até 52°C, o que pode reduzir a produtividade, dependendo da cultivar utilizada. Verificaram ainda que, de maneira geral, a ausência de lâmina de água até a floração minimizou esse problema, propiciando maior produtividade de grãos. A ausência de lâmina de água durante todo o ciclo também aumentou a produtividade, mas reduziu a qualidade dos grãos. Os genótipos avaliados comportaram-se diferentemente quanto à presença ou ausência da lâmina de água. A produtividade das cultivares BRS Formoso e Metica 1 não foi afetada pelo manejo de água. As maiores produtividades da BRS Jaburu, CNA 8502 e BRS Talento foram obtidas sem lâmina de água até a floração ou durante todo o ciclo e da Epagri 108 sem lâmina de água, do primórdio floral à floração ou durante todo o ciclo. A cultivar Supremo 1 não teve um comportamento definido.

Em semeadura pré-germinada, temperaturas elevadas causam prejuízos onde o tabuleiro não for bem drenado. O processo de germinação não é completado com temperaturas superiores a 36°C. Nesse caso, para diminuir as temperaturas do solo e da água estagnada, recomenda-se a aplicação de pequenas lâminas de água (Irga, 2001).

Em clima temperado, temperaturas inferiores a 20°C prejudicam o desenvolvimento do arroz na fase vegetativa e reprodutiva. Em caso de uso de água com temperatura mais baixa, é recomendada a utilização de canais de condução mais largos e rasos (Irga, 2001). Em regiões onde há possibilidade de ocorrer temperatura inferior a 16°C durante a fase de emborrachamento, é recomendado elevar a altura da lâmina de água por um período de 15 a 20 dias, proporcionando assim um efeito termo-regulador de forma a reduzir a esterilidade de espiguetas.



## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, C. L.; SOOD, M. C. Effect of tillage methods on soil properties and water expense of rice on an acidic Alfisol. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 40, n. 3, p. 409-414, 1992.
- ALVA, A. K. Changing concepts in paddy field water management. **Transactions of the Indian Society of Desert Technology and University Centre of Desert Studies**, v. 6, n. 2, p. 5-8, 1981.
- AMARAL, A. dos S.; GOMES, A. da S. **Arroz**: época de irrigação e de drenagem final da lavoura. Pelotas: EMBRAPA-UPEAE Pelotas, 1983. 17 p. (EMBRAPA-UPEAE Pelotas. Documentos, 7).
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. de; CRUSCIOL, C. A. C.; PEREIRA, J. C. dos R. Preparo do solo, irrigação por aspersão e rendimento de engenho do arroz de terras altas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 321-326, abr./jun. 2002.
- BANDOPADHYA, A. K.; SAHOO, R. Effect of water management practices on yield and changes in physical properties and loss of nutrients from soil. **Indian Journal of Agricultural Research**, Haryana, v. 6, p. 27-32, 1972.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo de água e calagem em relação à produtividade e toxicidade de ferro em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 8, p. 903-910, ago. 1983.
- BARROS, L. C. G. **Efeitos da profundidade da lâmina de água sobre o comportamento do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado**. 1977. 63 f. Tese (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- BATTILANI, A.; PIETROSI, I. Effetti vegeto-produttivi del riso a tre regimi de irrigazione per aspersione. **Informatore Agrario**, Verona, v. 46, n. 20, p. 63-66, 1990.
- BATTILANI, A.; PIETROSI, I. Influenza del regime idrico sul comportamento vegeto-produttivo di due varietà di riso irrigate per aspersione. **Informatore Agrario**, Verona, v. 47, n. 25, p. 41-46, 1991.
- BEECHER, H. G. Effect of saline water on rice yields and soil properties in the Murrumbidgee Valley. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 31, n. 6, p. 819-823, 1991.
- BERNARDES, B. C. Irrigação do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 10, n. 17, p. 371-382, set. 1956.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: UFV, 1982. 463 p.
- BERNSTEIN, L. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. steady state. **American Journal of Botany**, New York, v. 48, p. 909-918, 1961.
- BOUMAN, B. A. M.; WOPEREIS, M. C. S.; KROPFF, M. J.; BERGE, H. F. M. ten; TUONG, T. P. Water use efficiency of flooded rice fields. II. percolation and seepage losses. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 26, n. 4, p.291-304, Dec. 1994.
- CAIXETA, T. J. **Manejo de água na cultura do arroz**. Viçosa, MG: EPAMIG, 1984. 26 p. (EMBRAPA. PNP Arroz. Projeto 001.80.064/8). Relatório final.
- CHAKRABARTI, A. K.; DE, P.; BISWAS, R. K. Effect of mechanical barrier on lateral seepage loss in rice fields. **Environment and Ecology**, Calcutta, v. 9, n. 1, p. 290-291, 1991.





CHAUDHARY, T. N.; GHILDYAL, B. P. Influence of submerged soil temperature regimes on growth, yield, and nutrient composition of rice plant. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n. 2, p. 281-284, Mar./Apr. 1970.

CHEANEY, R. L. O manejo de água. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 26, n. 274, p. 36-48, jul./ago. 1973.

CHEANEY, R. L.; JENNINGS, P. R. **Problemas en cultivos de arroz en America Latina**. Cali: CIAT, 1975. 91 p.

COELHO, M. B.; BERNARDO, S.; BRANDÃO, S. S.; CONDÉ, A. R. Efeito da água disponível no solo e de níveis de nitrogênio sobre duas variedades de arroz. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 24, n. 135, p. 461-483, set./out. 1977.

CORRÊA, N. I.; CAICEDO, N. L.; FEDDES, R. A.; LOUZADA, J. A. S.; BELTRAME, L. F. S. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 50, n. 432, p. 3-8, jul./ago. 1997.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; MACHADO, J. R. Influência de lâminas de água e adubação mineral na nutrição e produtividade de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 647-654, jul./ago. 2003.

DAKER, A. **A água na agricultura: irrigação e drenagem**. 4. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1973. v. 3, 453 p.

DE DATTA, S. K.; KERIM, M. S. A. A. Water and nitrogen economy of rainfed rice as affected by puddling. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 38, n. 5, p. 515-518, May/June 1974.

DETERMINATION of irrigation rate. Taipei: Food & Fertilizer and Technology Center, 1970. p. 17-24. (ASPAC. Extension Bulletin, 1).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212 p. (Estudio FAO. Riego & Drenaje, 33).

DUARTE, E. F. Estudo de épocas de início de irrigação com cinco variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), na baixada fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 39-45, 1969.

DUARTE, E. F. Estudos de épocas de drenagem final dos tabuleiros de cultura, nas condições edafo-climáticas da baixada fluminense. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Inventário tecnológico do arroz**. Goiânia, 1975. p. 297-298.

DUARTE, E. F.; BRITO, D. P. P. S.; MENEGUELLI, C. A. Efeitos dos sistemas de irrigação por inundação contínua e sob a forma de umedecimentos do solo até a saturação, sobre cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), na Baixada Fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v. 9, n. 10, p. 107-111, 1974.

EBERHARDT, D. S. Consumo de água em lavoura de arroz irrigado sob diversos métodos de preparo do solo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 173-176.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manejo da cultivar Maravilha**. Goiânia, 1997. 38 p. (EMBRAPA-CNPAF. Informe Técnico, 1).

FERGUSON, J. A. The effect of flood depth on rice yield and water balance. **Arkansas Farm Research**, Fayetteville, v. 19, n. 3, p. 4, May/June 1970.



GIUDICE, R. M. del; BRANDÃO, S. S.; GALVÃO, J. D.; GOMES, R. J. Irrigação do arroz por aspersão: profundidade de rega e limites de água disponível. **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 18, n. 5, p. 103-123, set. 1974.

GRAIN yields and rice quality as influenced by water management before harvesting. In: IRI RESEARCH INSTITUTE. **Progress Report Amazon Development Project 1974**. New York, 1975. p. 46-47.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of soil aggregation. **Advances in Agronomy**, New York, v. 18, p. 107-169, 1966.

HERNANDEZ, J. Influência del água en el arroz. **Arroz**, Lima, v. 3, n. 13, p. 33-36, 1969.

HUANG, M. H. The identification of soil physical properties related to the growth and yield of lowland rice. **Journal of Agricultural Research of China**, Taiwan, v. 31, n. 4, p. 347-352, Dec. 1982.

HUMPHREYS, L.; MUIRHEAD, W. A.; FAWCETT, B.; TOWNSEND, J. Minimizing deep percolation from rice. **Farmer's Newsletter**, Washington, v. 172, p. 41-43, Dec. 1992.

ILANGOVAN, M.; KULANDAIVELU, R.; PANCHANATHAN, R. M. Climate and soil based crop water requirement for rice. **Madras Agricultural Journal**, Madras, v. 78, n.9/12, p. 358-361, Sept./Dec. 1991.

IPEA. **Arroz irrigado RS-SC**. Pelotas, 1973. 112 p. (IPEAS. Circular, 63).

IRGA. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, 2001. 128 p.

IRRI. **Annual report for 1967**. Los Baños, 1967. 308 p.

IRRI. **Annual report for 1970**. Los Baños, 1971. 265 p.

IRRI. **Annual report for 1971**. Los Baños, 1972. 238 p.

IRRI. **Annual report for 1972**. Los Baños, 1973. 246 p.

IRUTHAYARAJ, M. R. Study on effect of water management practices and nitrogen levels on weed growth in two swamp rice varieties. **Agricultural Science Digest**, Haryana, v. 1, n. 1, p. 39-42, 1981.

JHA, K. P.; CHANDRA, D.; CHALLAIAH, D. Irrigation requirement of high-yielding rice varieties grown on soils having shallow water-table. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 51, n. 10, p. 732-737, Oct. 1981.

JHA, K. P.; MAHAPATRA, I. C.; DASTANE, N. G. Effect of moisture regimes, nutrient sprays on the grain yield and uptake of potassium and silicon in rice. **Riso**, Milano, v. 27, n. 3, p. 217-229, Sept. 1978.

JOHNSON, L. As necessidades de água na lavoura de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 25, n. 269, p. 18-20, set./out. 1972.

JOHNSON, L. M. More farm power for more days of farm production per year. In: NATIONAL CONVENTION OF PUMP IRRIGATORS, 1., 1965, Manila, Philippines. **Paper presented...** Manila: [s.n.], 1965. 18 p.

JOSEPH, K.; HAVANAGI, G. V. Losses of water from rice field through evapotranspiration and percolation during different seasons under shallow water table conditions. **Agricultural Research Journal of Kerala**, Kerala, v. 26, n. 1, p. 92-95, June 1988.



KADDAH, M. T.; LEHMAN, W. F.; ROBINSON, F. E. Tolerance of rice (*Oryza sativa* L.) to salt during boot, flowering, and grain-filling stages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p. 845-847, Sept./Oct. 1973.

KAKADE, B. V.; SONAR, K. R. Nutrient uptake and yield of rice as influenced by moisture regimes. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 32, n. 1, p. 38-40, June 1983.

KALITA, P. K.; KANWAR, R. S.; RAHMAN, M. A. Modeling percolation losses from a ponded field under variable water-table conditions. **Water Resources Bulletin**, Minneapolis, v. 28, n. 6, p. 1023-1036, Nov./Dec. 1992.

KAWASAKI, T. Physical properties of soil, and water requirement in paddy field after direct drilling on ponding on upland conditions: fundamental studies on establishing rational management system of direct drilling of aquatic rice on dried conditions. **Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering**, v. 59, p. 10-15, 1975.

KHANDELWAL, M. K. Meteorological aspects of wet season rice cultivation in Sunderbans region, India. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 16, n. 1 p. 25-26, Feb. 1991.

KUNG, P.; ATTHAYODHIN, C.; KRUTHABANDHU, S. Determining water requirement of rice by field measurement in Thailand. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 14, n. 4, p. 5-18, Dec. 1965.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro: IBGE, v. 14, n. 12, p. 1-79, dez. 2002.

LINS, I. D. G.; POTTKER, D.; CURVO, J. B. E. **Efeito da época de inundação do solo e da calagem sobre a toxidez de ferro na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.)**. Campo Grande: EMPAER, 1982. 46 p. (EMPAER. Boletim de Pesquisa, 2).

MACHADO, S. L. O.; RIGHES, A. A.; MARCHEZAN, E.; VILLA, S. C. C.; MARZARI, V.; OLIVEIRA, A. P. B. B.; MONTI, M. B. Determinação do consumo de água em cinco sistemas de cultivo do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 336-339. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

MANZAN, R. J. Irrigação por aspersão na cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p. 38-40, jun. 1984.

MARCOLIN, E.; MACEDO, V. R. M. Preparo do solo e altura da lâmina de água no estabelecimento inicial das plantas no sistema de cultivo de arroz pré-germinado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 392-393. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

MASTAN, S. C.; VIJAYKUMAR, B. Water management in transplanted wetland rice. **International Rice Research Notes**, Manila, v. 18, n. 3, p. 38-39, Sept. 1993.

McCAULEY, G. N. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 4, p. 677-683, July/Aug. 1990.

MEDEIROS, R. D. de. **Efeitos do manejo de água e de sistemas de controle de plantas daninhas em arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado**. 1995. 80 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.



MEDEIROS, R. D. de; HOLANDA, J. S. de; COSTA, M. de C. Manejo de água em arroz irrigado no Estado de Roraima. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 48, n. 420, p. 12-14, mar./abr. 1995.

MISHRA, H. S.; RATHORE, T. R.; PANT, R. C. Effect of intermittent irrigation on groundwater table contribution, irrigation requirement and yield of rice in mollisols of the Tarai Region. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 231-241, Sept. 1990.

MORAES, H. N. de. **Perfil de extração, uso consuntivo de água e características agrônômicas do arroz (*Oryza sativa* L.) em solos mineral e orgânico usando cinco níveis de lençol freático**. 1980. 102 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MORAES, J. F. V.; FREIRE, C. J. S. Influência da profundidade da água de inundação sobre o crescimento e a produção do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v. 9, n. 9, p. 45-48, 1974.

MOTA, F. S. da; ALVES, E. G. P.; BECKER, C. T. Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 392, p. 3-6, set./out. 1990.

NAKAGAWA, S. Water requirements and their determination. In: SYMPOSIUM ON WATER MANAGEMENT IN RICE FIELD, 1975, Ibaraki. **Proceedings...** Ibaraki: Tropical Agriculture Research Center, 1976. p. 193-208.

NAVAREZ, D. C.; ROA, L. L.; MOODY, K. Weed control in wet-seeded rice grown under different moisture regimes. **Philippine Journal of Weed Science**, Manila, v. 6, p. 23-31, Dec. 1979.

NOJIMA, K.; TANAKA, I. Irrigation and drainage. In: MATSUBAYASHI, M.; ITO, R.; TAKASE, T.; NOMOTO, T.; YAMADA, N. (Ed.). **Theory and practice of growing rice**. Tokyo: Fuji, 1968. p. 399-445.

OELKE, E. A.; MUELLER, K. E. Influences of water management and fertility on rice growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, n. 2, p. 227-230, Mar./Apr. 1969.

PAINULI, D. K. Effect of drain and soil beneath bund on water loss from rice field. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 40, n. 2, p. 353-355, 1992.

PANDA, S. C.; AUCHARYYA, N.; MISRA, B. Effect of irrigation schedules on the growth and yield of rice. **Food Farming and Agriculture**, Calcutta, v. 13, n. 9/10, p. 182-185, Mar. 1981.

PANDA, S. C.; DAS, K. C.; MISRA, B.; SAHU, S. K.; ROUT, D. Effect of depth of submergence at different growth stages of dwarf *Indica* rice on the growth, yield and nutrient uptake of crop and mineral contents of soil. I. growth and yield of crop. **Oryza**, Cuttack, v. 17, n. 2, p. 85-91, Aug. 1980.

PANDA, S. C.; SAHU, S. K.; MISRA, B. Leaching loss of nitrate nitrogen under different water table depths and water management practices in rice fields. **Oryza**, Cuttack, v. 16, n. 2, p. 107-112, Dec. 1979.

PANDE, H. K. Water management practices and rice cultivation in India. In: SYMPOSIUM ON WATER MANAGEMENT IN RICE FIELD, 1975, Ibaraki. **Proceedings...** Ibaraki: Tropical Agriculture Research Center, 1976. p. 231-248.



PANDE, H. K.; MITTRA, B. N. Response of lowland rice to varying levels of soil, water, and fertility management in different seasons. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, n. 2, p. 197-200, Mar./Apr. 1970.

PEARSON, G. A.; AYRES, A. D. **Rice as a crop for salt-affected soil in process of reclamation**. Washington: USDA, 1960. 13 p. (USDA. Production Research Report, 43).

PINTO, E. G.; RIGHES, A. A.; MARCHEZAN, E. Rendimento do arroz e manejo da irrigação e da palha de azevém no sistema mix de pré-germinado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 227-231, mar./abr. 2003.

POIRÉE, M.; OLLIER, C. **El regadio**: redes, teoría, técnica y economía de los riegos. 2 ed., Barcelona: Técnicos Asociados, 1970. 362 p.

REIS, M. de S. **Efeitos de época de retirada da água sobre o rendimento de engenho e qualidade de grãos na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado**. 1990. 77 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

REYES, R. D.; WICKHAM, T. H. The effect of moisture stress and nitrogen management at different growth stages on lowland rice yields. In: SCIENTIFIC MEETING OF THE CROP SCIENCE SOCIETY OF THE PHILIPPINES, 4., 1973, Cebu City, Philippines. **Paper presented...** [S.l.: s.n.], 1973.

SACHET, Z. P. **Consumo de água de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em três tratamentos de irrigação**. 1977. 90 f. Tese (Mestrado em Hidrologia Aplicada) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SACHET, Z. P. Consumo de água na lavoura de arroz relacionada com a altura da lâmina líquida. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 34, n. 329, p. 24-29, jul./ago. 1981.

SAHRAWAT, K. L. Influence of water regime on growth yield, and nitrogen uptake of rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 12, n. 9, p. 919-932, 1981.

SANCHEZ, P. A. **Rice performance under puddled and granulated soil cropping system in Southeast Asia**. 1968. 381 p. Tese (Doutorado) – Cornell University, Ithaca.

SANDHU, B. S.; KHERA, K. L.; PRIHAR, S. S.; BALDEV, S. Irrigation needs and yield of rice on a sandy-loam soil as affected by continuous and intermittent submergence. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 50, n. 6, p. 492-496, June 1980.

SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S.; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; FONSECA, J. R.; BARRIGOSI, J. A. F.; SILVA, J. G. da; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K.; RANGEL, P. H. N.; RABELO, R. R.; SILVA, S. C. da; COBUCCI, T.; CUTRIM, V. dos A. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas para o Estado do Tocantins. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 12 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 57).

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, C. Manejo de água e de fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 4, p. 565-573, abr. 1999.

SANTOS, A. B. dos; SILVA, S. C. da; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeitos do manejo da irrigação na temperatura da água e no comportamento do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 181-183.



SASAKI, O. Effect of high water temperature on the morphology of crown roots and leaf in rice plants. **Japanese Journal of Crop Sciences**, Tokyo, v. 61, n. 3, p. 388-393, Sept. 1992.

SHARMA, S. K.; RAJAT, D. E. Effect of water regimes, levels of nitrogen and methods of nitrogen application on grain yield, protein percentage and nitrogen uptake in rice. **Riso**, Milano, v. 28, n. 1, p. 45-52, Mar. 1979.

SINGH, A. K.; SRIVASTAVA, L. K.; JAGGI, I. K.; DAS, R. O. Water percolation dynamics as influenced by submergence levels and depth of puddling in rice fields. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 41, n. 2, p. 213-217, 1993.

SIVANAPPAN, R. K.; SWAMINATHAN, K. R.; BALASUBRAMANIAM, M. Water management for high yielding varieties of paddy. **Riso**, Milano, v. 23, n. 3, p. 239-244, Sept. 1974.

STEINMETZ, S. **Estudos agrometeorológicos na cultura do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 11 p. (EMBRAPA. PNP Arroz. Projeto 001.80.002/8). Relatório final.

STEINMETZ, S. **Manejo de água na cultura do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 16 p. (EMBRAPA. PNP Arroz. Projeto 001.80.017/6). Relatório final.

STONE, L. F.; FONSECA, J. R. Épocas de drenagem final em duas cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 2, p. 171-174, abr. 1980.

STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. **Uso do tanque Classe A no controle da irrigação do arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 28).

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Arroz irrigado por aspersão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 70-76, 2004.

STONE, L. F.; OLIVEIRA, A. B. de; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro, ao nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 3, p. 295-301, mar. 1979a.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; OLIVEIRA, A. B. de; AQUINO, A. R. L. de. Efeitos da supressão de água em diferentes fases de crescimento na produção do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 2, p. 105-109, fev. 1979b.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da; AQUINO, A. R. L. de. **Demanda de água da cultura de arroz irrigado**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 4 p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 5).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVA, S. C. da. **Tensão da água do solo e produtividade do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 6 p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 19).

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; SILVEIRA FILHO, A. Manejo de água na cultura do arroz: consumo, ocorrência de plantas daninhas, absorção de nutrientes e características produtivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 323-337, mar. 1990.

SUBRAMANIAN, S.; SUNDARSINGH S.D.; RAMASWAMI, K.P. Crop sequence studies under different irrigation regimes and manuring for Vaigai Periyar Command area. **Madras Agricultural Journal**, Madras, v. 65, n. 9, p. 567-571, Sept. 1978.



TOESCHER, C. F.; KÖPP, L. M. Produtividade do arroz sob irrigação por aspersão, em Uruguaiana-RS. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 405-406. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

TSUTSUI, H. Manejo da água para produção de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 25, n. 269, p. 36-41, set./out. 1972.

TSUTSUI, H. Manejo da água para produção de arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 26, n. 271, p. 10-15, jan./fev. 1973.

UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES. **Cultivo del arroz**: manual de producción. México: Limusa, 1975. 426 p.

VAHL, L. C.; TURATTI, A. L.; GOMES, A da S. Épocas de início e término da inundação do solo para a cultivar de arroz BR-IRGA 410. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14, 1985, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1985. p. 286-293.

VASCONCELLOS, J. de C. e. **O arroz**: estudo botânico. 2. ed. Lisboa: Comissão Reguladora do Comércio de Arroz, 1953. 301 p.

VERMA, T. S.; TRIPATHI, B. R. Effect of soil moisture and lime on the growth and iron and manganese nutrition of rice in an acid soil. **Oryza**, Cuttack, v. 18, n. 3, p. 119-122, Sept. 1981.

VERNETTI JUNIOR, F. de J.; PETRINI, J. A.; ELY, M. F. Manejo de água no sistema de cultivo de arroz pré-germinado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 373-375. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

WAHAB, K.; DANIEL, K. V. Water management in rice (*Oryza sativa*) under limited water supply. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 37, n. 1, p. 166-167, Mar. 1992.

WELLS, B. R.; SHOCKLEY, P. A. Response of rice to varying flood regimes on a silt loam soil. **Riso**, Milano, v. 27, n. 2, p. 81-87, June 1978.

WESTCOTT, M. P.; VINES, K. W. A comparison of sprinkler and flood irrigation for rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 4, p. 637-640, July/Aug. 1986.

WICKHAM, T. H.; SEN, C. N. Water management for lowland rice: water requirements and yield response. In: IRRI. **Soils and rice**. Los Baños, 1978. p. 649-669.

WICKHAM, T. H.; SINGH, V. P. Water movement through wet soils. In: IRRI. **Soils and rice**. Los Baños, 1978. p. 337-358.

WOPEREIS, M. C. S.; BOUMAN, B. A. M.; KROPFF, M. J.; BERGE, H. F. M. ten; MALIGAYA, A. R. Water use efficiency of flooded rice fields. I. validation of the soil-water balance model SAWAH. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 26, n. 4, p. 277-289, Dec. 1994.

YAMADA, N. Some problems in agronomy of irrigation and drainage. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 14, n. 3, p. 13-30, Sept. 1964.



# Colheita

*José Geraldo da Silva; Jaime Roberto Fonseca*

**RESUMO** - A colheita do arroz pode ser realizada por três métodos: o manual, o semimecanizado e o mecanizado. No primeiro, as operações de corte, enleiramento, recolhimento e trilhamento são feitas manualmente; no semimecanizado, o corte, o enleiramento e o recolhimento das plantas são, geralmente, manuais, e o trilhamento, mecanizado; no método mecanizado, todas as operações são feitas a máquina. Qualquer que seja o método utilizado, quando o arroz é colhido muito úmido ou tardiamente, com baixo teor de umidade, a produtividade e a qualidade dos grãos são prejudicadas. Para a maioria das cultivares, o ideal é colher o arroz entre 18 e 23% de umidade. No caso da colheita manual, para evitar perdas desnecessárias, recomenda-se, adicionalmente, que o arroz cortado não permaneça enleirado por tempo desnecessário no campo e que seja evitado o manuseio de feixes muito volumosos de cada vez, para facilitar a operação de trilhamento. Na colheita mecânica, além da regulação adequada dos mecanismos externos e internos da colhedora, deve-se atentar para a velocidade do molinete, que deve ser suficiente apenas para puxar as plantas para dentro da máquina.

## INTRODUÇÃO

A colheita é uma das etapas mais importantes do processo de produção e, quando mal conduzida, acarreta perda de grãos, comprometendo os esforços e os investimentos dedicados à cultura. Dentre outros, o teor de umidade dos grãos por ocasião da colheita constitui fator que leva à obtenção de melhor rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e à redução de perdas. Neste capítulo, são abordadas algumas indicações práticas e estratégias que contribuem para reduzir, tanto quanto possível, a ocorrência de perdas desnecessárias na produção de grãos, bem como para obter produtos de melhor valor e aceitação comercial.

## FATORES QUE INFLUENCIAM A COLHEITA

Uma colheita eficiente, farta e com produto de boa qualidade somente pode ser obtida quando são tomados alguns cuidados, desde o preparo do solo até o momento do corte do arroz. O preparo do solo deve favorecer o estabelecimento e o desenvolvimento da cultura, além de ser de grande importância para os aspectos físico, químico e biológico do solo. Esses aspectos determinam a intensidade da erosão, da fertilidade,





da infiltração e armazenamento de água, assim como do desenvolvimento e proliferação das plantas daninhas (Kluthcouski et al., 1988).

Estabelecer o método e a época de preparo do solo torna-se tão importante quanto adubar bem, pois ambos influem nos tratos culturais posteriores e no rendimento da colheita.

A época de semeadura influencia o desenvolvimento das plantas e reflete-se no processo de colheita, que pode ser prejudicado se coincidir com períodos chuvosos, acarretando aumento de perdas por acamamento, debulha e depreciação do produto. A semeadura feita em época adequada, conforme recomendação da pesquisa para a cultivar e para a região, propicia bons rendimentos e colheita eficiente. Em áreas extensas, o plantio deve ser planejado no sentido de evitar que a colheita se concentre em um só período e ocorram perdas por falta de colhedoras e secadores.

A ocorrência de plantas daninhas prejudica a produtividade da lavoura, não só pela competição por água, luz e nutrientes, mas também porque interfere na colheita, principalmente na mecânica, pelas freqüentes obstruções que dificultam o trilhamento e acarretam depreciação da qualidade do produto. A lavoura deve ser mantida limpa. Outro fator importante, que afeta a produtividade e a qualidade do produto na colheita, refere-se aos danos causados por doenças e pragas. Entre os principais insetos que afetam o arroz de terras altas, merecem destaque os cupins-subterrâneos e a lagarta-elasma, que podem causar decréscimos significativos na produção. Os prejuízos ocasionados pela brusone, doença causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, podem ser elevados, dependendo da suscetibilidade da cultivar e das condições climáticas ocorrentes no ano. A utilização de métodos de controle adequados é importante para uma boa colheita.

## MÉTODOS DE COLHEITA

Os métodos de colheita do arroz são: o manual, o semimecanizado e o mecanizado.

### Colheita manual

A colheita manual do arroz requer em torno de dez dias de trabalho de um homem para cortar 1 ha, sendo mais difundida em pequenas lavouras. Além do corte, que normalmente é feito com auxílio de um cutelo, outras operações, como o recolhimento e o trilhamento,



são realizadas manualmente. À medida que as plantas vão sendo cortadas em pequenos feixes, são amontoadas transversalmente sobre os colmos decepados, de modo que as panículas não fiquem em contato com o solo e permaneçam expostas ao sol. Os feixes devem ser colocados em um mesmo sentido, a fim de facilitar seu recolhimento e transporte para o local de trilhamento.

O trilhamento é realizado em jirau de madeira, caixotes ou bancas, e consiste em golpear as panículas até o desprendimento dos grãos. O trilhamento do arroz, por meio de pisoteio, pelo homem ou por animais, com varas ou mesmo pelas rodas de trator, é também utilizado.

### **Colheita semimecanizada**

Neste método, pelo menos uma das etapas do processo é feita manualmente. Geralmente, o corte e o recolhimento das plantas são manuais e o trilhamento é feito mecanicamente, utilizando-se trilhadoras estacionárias.

### **Colheita mecanizada**

Na colheita mecanizada empregam-se diversos modelos e tipos de máquinas, desde as de pequeno porte, tracionadas por trator, até as colhedoras automotrizes. Essas máquinas realizam, em seqüência, as operações de corte, trilhamento, separação, limpeza e armazenamento dos grãos a granel ou em sacaria.

## **MÁQUINAS PARA COLHEITA**

Existem no mercado brasileiro diferentes tipos de máquinas para colheita do arroz como as ceifadoras, as trilhadoras e as colhedoras.

### **Ceifadoras de rabiça**

São máquinas destinadas às pequenas lavouras de arroz, constituídas, basicamente, dos seguintes mecanismos: chassi com rabiça montado sobre duas rodas; barra de corte com movimentos alternativos; molinete para apoiar as plantas para a ação da barra de corte e motor a gasolina com potência de cerca de 3,5 cv. Algumas ceifadoras (Fig. 18.1) possuem um depósito de plantas atrás da barra de corte, que são descarregadas no campo de forma intermitente, enquanto outras, como a desenvolvida na Embrapa Arroz e Feijão, possuem três molinetes em forma de estrela, que conduzem as plantas



para um transportador de correia descarregá-las no campo, de forma contínua, formando uma leira (Fig. 18.2). Num ensaio de campo esta ceifadora apresentou capacidade operacional de  $0,29 \text{ ha h}^{-1}$ . A velocidade de operação atingiu  $2,9 \text{ km h}^{-1}$ , o consumo de gasolina foi de  $1.046 \text{ mL h}^{-1}$  e a perda média de arroz correspondeu a  $1,4 \%$  da produção (Silva, 1987).

### Trilhadoras estacionárias

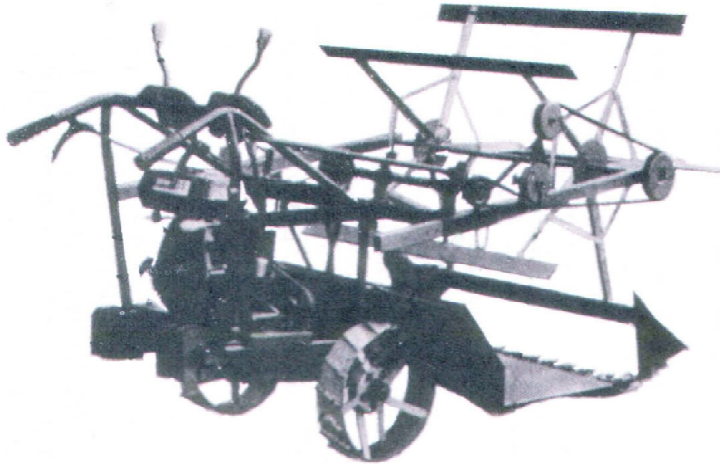


Fig. 18.1. Ceifadora com depósito de plantas.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



Fig. 18.2. Ceifadora enleiradora de plantas.



As trilhadoras têm a função de retirar os grãos das panículas de arroz e separá-los das demais partes da planta. As máquinas especiais para o arroz apresentam fluxo de plantas tangencial e cilindro degranador de dentes de impacto, que são mais adequados que as barras de fricção (Fig. 18.3). Outros modelos para o arroz possuem rotor com fluxo de plantas axial (Fig. 18.4). Também são componentes das trilhadoras o côncavo, que é uma estrutura fixa, de conformação circular ou semicircular, com ou sem dentes, que, em ação com o cilindro ou com o rotor, degranam as plantas de arroz; as peneiras e o ventilador, que separam os grãos da palhada; o saca-palhas e o ensacador de grãos.

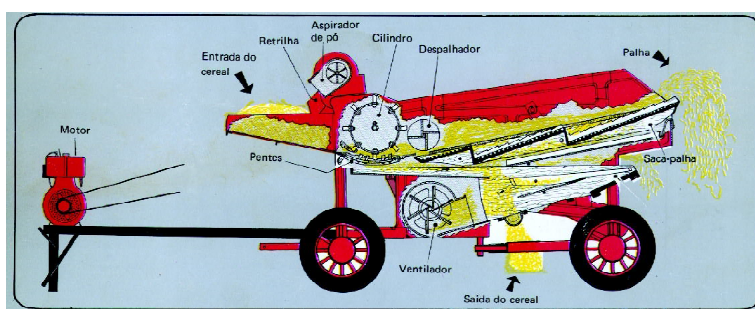


Fig. 18.3. Trilhadora de fluxo de plantas tangencial.

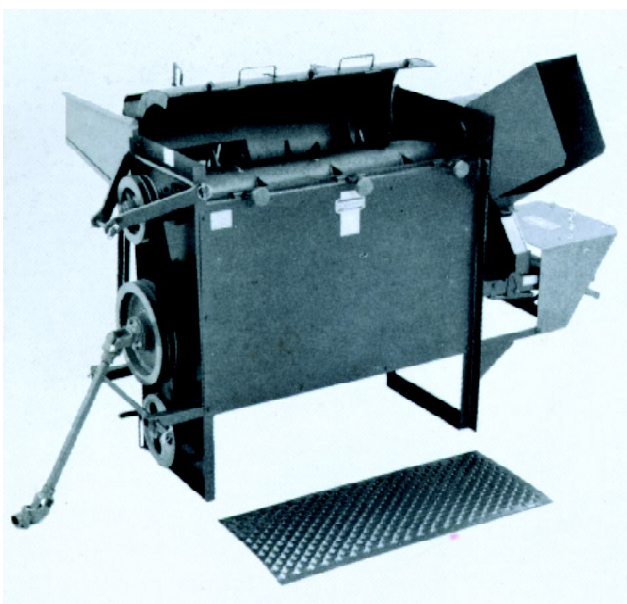


Fig. 18.4. Trilhadora de fluxo de plantas axial.



As trilhadoras podem ser acionadas pela tomada de força do trator ou por motor estacionário - modelos mais simplificados são acionados a pedal. São abastecidas de plantas de forma intermitente ou de forma contínua. Nas intermitentes, as panículas presas aos colmos de arroz são mantidas estacionárias, e o trilhamento é feito pelo impacto do cilindro degranador nas panículas.

Na Embrapa Arroz e Feijão, foi construída uma trilhadora de arroz, de alimentação intermitente, com cilindro degranador acionado a pedal (Fig. 18.5). Em testes realizados com duas cultivares de arroz, uma de terras altas, Araguaia, e outra de irrigado, Metica 1, operando a trilhadora com dois homens alternadamente, a uma rotação média do cilindro degranador de 349 rpm, obteve-se capacidade de trilhamento de 130 kg h<sup>-1</sup>, com perda média de grãos de 2,2% (107 kg ha<sup>-1</sup>) da produção (Silva et al., 1999). Essa perda é considerada aceitável, já que, em levantamentos realizados pela Embrapa Arroz e Feijão em 14 lavouras situadas no Estado de Goiás, a perda média no trilhamento manual foi de 133 kg ha<sup>-1</sup> (Fonseca & Silva, 1990).

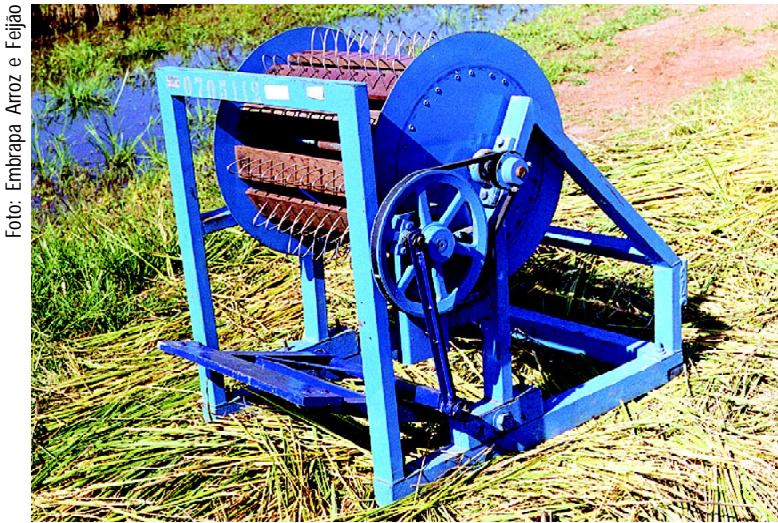


Foto: Embrapa Arroz e Feijão

Fig. 18.5. Trilhadora a pedal.

Nas trilhadoras de alimentação contínua, as panículas e os colmos penetram na máquina através de uma moega e os grãos são trilhados pelo impacto no cilindro trilhador, acionado por motor estacionário ou pela tomada de força do trator. Os grãos trilhados são separados das impurezas (palha) por meio de peneiras móveis e fluxo de ar regulável produzido por ventilador próprio.





Essas máquinas, quando operadas dentro das especificações do fabricante, geralmente permitem uma alimentação ritmada de trabalho, apresentam boa capacidade de produção (trilhamento) e são muito seguras para o operador.

## Colhedoras

As colhedoras de arroz colhem e trilham as plantas numa única operação. As máquinas especiais para colheita em terrenos de baixa sustentação, como os de lavouras irrigadas, são equipadas com pneus arroseiros ou com pneus duplados, de maior superfície de contato com o solo, ou com esteiras. Podem ser automotrizes ou montadas e acionadas pelo trator. São caracterizadas por possuírem mecanismos: de corte e alimentação de plantas; de trilhamento; de separação; de limpeza; de transporte e armazenamento de grãos; e de outros componentes especiais para garantir boa operação nas variadas condições de cultivos, como as de várzeas (Fig. 18.6).

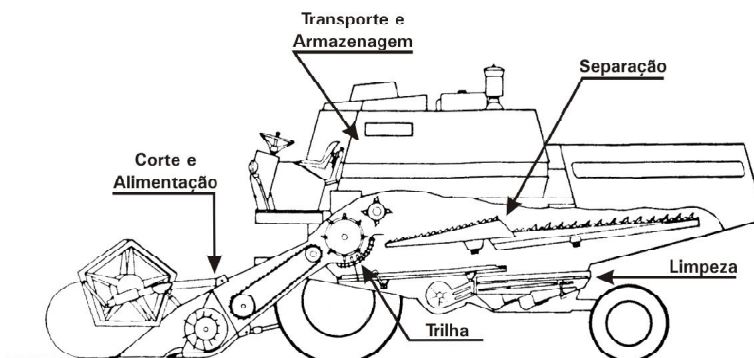


Fig. 18.6. Colhedora automotriz.

O mecanismo convencional que corta e recolhe as plantas é denominado de plataforma de corte. Pelo fato de cortar os colmos abaixo das panículas e distante do solo, a plataforma indicada para o arroz é a do tipo rígida, sem movimento de flexão na barra de corte. A plataforma possui separadores de fileiras de plantas, que divide longitudinalmente a área de colheita dos restos da lavoura; molinete que recolhe as plantas puxando-as contra a barra ceifadora formada de navalhas serrilhadas; e condutor helicoidal ou caracol para transportar as plantas para o canal alimentador do sistema de trilha. A relação entre as velocidades do molinete e de deslocamento da máquina deve ser inferior a 1,25 para minimizar a ocorrência de perda de grãos na plataforma. Na colheita do arroz, cerca de 70% das perdas são devidas à plataforma de corte.



Uma alternativa à plataforma de corte, que produz menos palha na saída do saca-palhas, é a plataforma recolhadora de grãos. Esta tem como componente principal um cilindro recolhedor com dedos degranadores feitos em polipropileno. O cilindro atua nas plantas raspando as panículas da base para o ápice. Com o giro, os grãos são arrancados e lançados para trás em direção ao caracol que os conduz ao canal alimentador do sistema de trilha da colhedora. A velocidade de deslocamento e, conseqüentemente, a taxa de alimentação da máquina, com o uso da plataforma recolhadora, pode ser aumentada sem que haja sobrecarga dos mecanismos da máquina. Resultados da pesquisa tem indicado que a perda total de grãos de arroz com colhedora provida de plataforma de corte é semelhante à com plataforma recolhadora (Irga, 1983).

O mecanismo de trilhamento recebe as plantas da plataforma de corte e realiza a degranção e a separação primária dos grãos. Mais de 90% dos grãos são separados das panículas e dos colmos no ato do trilhamento. Os componentes responsáveis pela trilha são o cilindro degranador e o côncavo, que para o arroz devem ser de dentes. A velocidade periférica do cilindro varia com o teor de umidade dos grãos e, em geral, deve ser de 20 a 25 m s<sup>-1</sup>, com uma velocidade de giro em torno de 600 rpm.

Após o trilhamento, os colmos e parte dos grãos são conduzidos ao mecanismo de separação, composto pelo batedor traseiro, extensão do côncavo, saca-palhas e cortinas. O batedor é um defletor rotativo que realiza uma segunda degranção das plantas contra a extensão do côncavo, conduzindo-as para o saca-palhas para a separação final. As cortinas auxiliam na uniformização do material sobre o saca-palhas. O saca-palhas descarrega a palhada no solo e conduz os grãos remanescentes para o mecanismo de limpeza. Para facilitar o preparo imediato do solo para o próximo cultivo, as colhedoras de arroz devem ser operadas com picador e espalhador de palhas. De acordo com Santos & Prabhu (2003), o uso do picador é de fundamental importância também para o cultivo da soca de arroz.

Os grãos separados pelo côncavo e saca-palhas e as impurezas são levadas pela bandeja coletora para a unidade de limpeza, composta, ainda, de peneira superior, extensão da retilha, peneira inferior e ventilador. A peneira superior realiza uma pré-limpeza dos grãos que caem na peneira inferior. A extensão da retilha, posicionada na extremidade da peneira superior, tem a função de segurar os grãos não



trilhados, enquanto a peneira inferior faz a limpeza final dos grãos. O ventilador joga o vento nas peneiras, auxiliando na eliminação, por diferença de densidade, das impurezas dos grãos.

Os grãos limpos são transportados por condutores helicoidais e por correntes elevadoras para o tanque graneleiro ou para a plataforma de ensacamento, e os grãos não trilhados recolhidos pela extensão da retrilha para a unidade de trilhamento da colhedora.

## PONTO DE COLHEITA

O ponto ótimo de colheita corresponde à fase da maturação do arroz em que se obtém maior rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e menor perda de grãos no campo.

O rendimento industrial de grãos inteiros é uma característica relacionada à qualidade do produto e à cultivar. Entretanto, mesmo uma cultivar de alto potencial de rendimento de grãos inteiros pode não manifestar essa característica em função do ambiente, dos procedimentos de colheita e do manejo pós-colheita. De acordo com Castro et al. (1999), quando o arroz permanece no campo fica sujeito à reumidificação dos grãos, e quando a umidade cai abaixo de um limite crítico, em torno de 15%, criam-se diferenciais internos de tensão no grão que podem trincá-lo, resultando em aparecimento de grãos quebrados no beneficiamento. Esse fenômeno pode ocorrer pelo orvalho, alta umidade relativa do ar e, principalmente, devido à chuva. Dessa forma, na colheita, quanto menor a proporção de grãos abaixo do referido limite crítico, menor é a frequência esperada de grãos trincados.

Relatos de estudos envolvendo o ponto ideal de colheita do arroz, em função de determinados aspectos dos grãos, como rendimento de inteiros no beneficiamento, são encontrados na literatura. Fonseca (1998) relata que o arroz atinge o ponto de colheita quando dois terços dos grãos da panícula estão maduros e indica que morder os grãos ou apertá-los com a unha, pode ser um indicativo útil para estimar seu teor de umidade. Marchezan et al. (1993), Guimarães (1995), Rangel et al. (1999) e Castro et al. (1999) recomendam determinar o ponto adequado de colheita, com base no teor de umidade dos grãos. De maneira geral, para obtenção de maiores rendimentos de grãos inteiros recomenda-se colher o arroz com teor de umidade ainda elevado, entre 18% e 22%, observando-se, contudo, as exigências de cada cultivar, uma vez que algumas são mais sensíveis quanto a esse fator. Exemplo disso é a cultivar Primavera, que deve ser colhida com umidade entre 20% e 24%.





Abaixo de 20% acarreta acentuado índice de quebra de grãos no beneficiamento (Fonseca 1998; Castro et al., 1999). Por sua vez, cultivares como a Caiapó e Maravilha suportam colheita com umidade mais baixa (Castro et al., 1999). Com base na avaliação de sete cultivares de arroz de terras altas, Breseghello et al. (1998) sugerem que, de modo geral, a obtenção de melhores rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento é atingida quando a colheita se realiza entre 30 e 40 dias após o florescimento. Enfatizam, contudo, que, para maior garantia, o teor de umidade dos grãos deve ser monitorado, pois esse período pode ser alterado de um ano para outro.

Em estudos recentes, envolvendo três cultivares modernas de arroz de terras altas, BRS Liderança, BRS Talento e BRSMG Curinga, Fonseca et al. (2004) verificaram que o período ideal de colheita encontra-se entre os limites de 18% a 25% de umidade média dos grãos, produzindo rendimento médio de grãos inteiros acima de 50%. Em níveis mais baixos de umidade dos grãos, a redução do rendimento é mais acentuada para a cultivar BRS Talento, a qual exige, por conseqüência, maior cuidado com o ponto de colheita (Tabela 18.1). De modo geral, apesar de as cultivares se diferenciarem quanto à exigência ao ponto de colheita, seria recomendável evitar colheitas muito precoces, com umidade elevada, acima de 25%, ou muito tardias, com umidade muito reduzida, pois quanto mais tempo o arroz ficar no campo, maior o risco de sofrer perda de qualidade, especialmente quanto ao rendimento de grãos inteiros, em função de ficar exposto a estresses abióticos como chuva, ataque de pássaros, roedores e insetos.

**Tabela 18.1.** Valores médios de grãos inteiros no beneficiamento (%) determinados em três cultivares de arroz de terras altas.

DAF (U%) <sup>(1)</sup>	BRS Liderança	DAF (U%)	BRS Talento	DAF (U%)	BRS MG Curinga
25 (24,7)	51,8b <sup>(2)</sup>	25 (25,5)	54,6a	25 (28,0)	38,9b
32 (19,8)	56,6a	32 (21,6)	54,1a	32 (22,6)	53,3a
39 (18,4)	60,0a	39 (20,0)	57,8a	39 (16,0)	54,6a
46 (17,9)	51,8b	46 (18,0)	53,1a	46 (13,1)	49,1a
53 (13,4)	38,9c	53 (12,0)	24,6b	53 (15,0)	40,4b

<sup>(1)</sup>DAF = Dias após o florescimento; U% = teor de umidade dos grãos.

<sup>(2)</sup>Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptada de Fonseca et al. (2004).



## OCORRÊNCIA DE PERDAS DE GRÃOS NA LAVOURA

As perdas acontecem, geralmente, em duas etapas distintas, antes e durante a colheita. Antes da ceifa das plantas, os fatores responsáveis pelas perdas são: degrana natural; acamamento; adubação nitrogenada excessiva; estandes densos; ataque de pássaros; excesso de chuvas; ação de ventos; veranico prolongado; e danos causados por doenças e insetos, que, além de diminuir a massa dos grãos, depreciam o valor comercial do arroz.

Segundo levantamento do Instituto Riograndense do Arroz (Irga, 1983), a perda média de grãos, antes da colheita de arroz irrigado, foi de 25,7 kg ha<sup>-1</sup>, equivalente a 0,51 sacos ha<sup>-1</sup>, ou 0,62% da produção estimada.

Durante a colheita, as perdas podem ocorrer tanto quando as plantas são ceifadas manualmente, como por colhedoras automotrizes. Quando colhido manualmente, a perda ocorre durante o corte, devido ao impacto causado pela ação da mão do operador e do cutelo, sendo mais elevada quando os grãos estão muito secos. Ocorrem perdas, também, após o corte, quando os feixes são deixados no campo por alguns dias para secar, expostos às variações climáticas e ao ataque de insetos e pássaros. No trilhamento manual, dependendo da cultivar, do arranjo e do volume dos feixes trilhados por vez, ocorrem perdas variáveis devido ao não trilhamento das panículas que se situam no interior dos feixes.

Procurando quantificar as perdas de grãos que ocorrem durante a colheita manual do arroz de terras altas, Fonseca & Silva (1990) fizeram levantamentos em vários municípios goianos. A perda média de grãos, medida em 14 lavouras, foi de 185,5 kg ha<sup>-1</sup>. Em média, 52,1 kg ha<sup>-1</sup> foram perdidos antes do trilhamento, correspondendo a 28,1% do total. As demais perdas no campo foram atribuídas ao processo de trilhamento manual (133,4 kg ha<sup>-1</sup> ou 71,9% do total).

Na colheita mecanizada, as perdas são provocadas pelos mecanismos externos e internos da colhedora. Os mecanismos externos, na unidade de apanha, provocam perdas devido à ação mecânica da plataforma de corte e do molinete, e os internos, de trilhamento e de separação, pela ação do cilindro batedor, saca-palhas e peneiras.



O impacto das plantas com a unidade de apanha da máquina provoca perdas variáveis, que dependem da facilidade de degrana da cultivar, da umidade dos grãos, da presença de plantas daninhas e da conservação e operação da colhedora. Imprimir à máquina velocidade excessiva de trabalho e incompatível com a rotação do molinete, provoca a degrana prematura ou falhas de recolhimento, aumentando consideravelmente as perdas.

Na unidade de trilhamento, as perdas são mais elevadas quando a abertura do cilindro trilhador e o côncavo da colhedora não estão devidamente ajustados. Regulagens inadequadas desses mecanismos causam trilhamento deficiente, fazendo com que boa parte dos grãos fique presa às panículas, dificultando a operação de separação nas peneiras ou provocando o trincamento dos grãos, o que reduz a porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento.

Cabe ressaltar também a ocorrência de perdas nas peneiras devido à má regulagem do fluxo de ar, bem como da abertura e da posição delas. No saca-palhas, as perdas podem ser decorrentes da sua obstrução, da regulagem e da velocidade excessiva da máquina ou das condições da lavoura, como alta ocorrência de plantas daninhas e colheita de grãos imaturos, com elevado teor de umidade.

Fonseca & Silva (1990) realizaram levantamento de perdas de grãos de arroz de terras altas nos municípios goianos de Jataí e Mineiros. Foram avaliadas dez automotrizes, que processavam a colheita de cultivares de ciclos curto e médio. De modo geral, a perda média de grãos correspondeu a 13% da produtividade ( $238 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A unidade de apanha foi responsável por 73,2% das perdas, o saca-palhas por 12,9%, as peneiras por 9,9% e a degrana natural por 4%. Fonseca & Silva (1996) quantificaram as perdas em 22 lavouras de arroz de terras altas, em outros municípios goianos, colhidas por diferentes modelos de máquinas. Nesse levantamento, foi verificada uma perda média de  $326,2 \text{ kg ha}^{-1}$ , apresentando variação de  $84,7$  a  $1.298,6 \text{ kg ha}^{-1}$ . A regulagem inadequada das máquinas e as condições da lavoura foram os principais fatores responsáveis por esses índices de perdas.

No Rio Grande do Sul, a perda na colheita mecanizada em cultivos irrigados foi de  $259,3 \text{ kg ha}^{-1}$ , equivalente a 5,18 sacos  $\text{ha}^{-1}$  ou 6,19% da produção estimada (Irga, 1983).



## DETERMINAÇÃO DA PERDA DE GRÃOS

### Determinação da perda total

Refere-se à determinação da perda de grãos numa só etapa, após a operação da colhedora, conforme o procedimento descrito abaixo.

- Após a colheita das plantas, escolher, ao acaso, uma área de 1 m<sup>2</sup>. Essa área deve ser demarcada de tal forma que o seu lado maior abranja uma das passadas da máquina.
- Recolher os grãos na área demarcada, inclusive aqueles presos nas ramificações da panícula.
- Determinar a massa dos grãos e transformar o valor em kg ha<sup>-1</sup>, utilizando-se a equação:  
Perda (kg ha<sup>-1</sup>) = massa dos grãos (g) x 10 / área demarcada (m<sup>2</sup>).
- Esse procedimento deve ser repetido em pelo menos quatro áreas da lavoura.

As perdas podem ser também estimadas conforme a Tabela 18.2, ou usando o copo medidor volumétrico de plástico, mostrado na Fig. 18.7. O copo medidor possui graduação específica para o arroz e representa um método simples, prático e preciso de medir as perdas, dispensando os trabalhos de contagem ou de pesagem.

**Tabela 18.2.** Perdas mínima e máxima de arroz conforme o número de grãos por m<sup>2</sup> encontrados na lavoura após a colheita.

Grãos (nº m <sup>-2</sup> )	Perda de arroz (kg ha <sup>-1</sup> )		Grãos (nº m <sup>-2</sup> )	Perda de arroz (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Mínima <sup>(1)</sup>	Máxima <sup>(1)</sup>		Mínima <sup>(1)</sup>	Máxima <sup>(1)</sup>
50	12,9	17,8	550	141,9	195,8
100	25,8	35,6	600	154,8	213,6
150	38,7	53,4	650	167,7	231,4
200	51,6	71,2	700	180,6	249,2
250	64,5	89,0	750	193,5	267,0
300	77,4	106,8	800	206,4	284,8
350	90,3	124,6	850	219,3	302,6
400	103,2	142,4	900	232,2	320,4
450	116,1	160,2	950	245,1	338,2
500	129,0	178,0	1.000	258,0	356,0

<sup>(1)</sup> Para 100 sementes de arroz, consideraram-se como massas mínima e máxima, respectivamente, 2,58 g e 3,56 g.  
Fonte: Fonseca & Silva (1990).





**Fig. 18.7.** Medidor de perdas de arroz na colheita.

### Determinação parcelada das perdas

Permite identificar as perdas devidas à plataforma de corte, ao saca-palhas e às peneiras da colhedora.

#### Perda na plataforma de corte

- Durante a operação de colheita do arroz, parar a colhedora, casualmente em um local da lavoura, e desligar os mecanismos da plataforma de corte.
- Levantar a plataforma e recuar a máquina a uma distância equivalente ao seu comprimento, 4 a 5 m.
- Demarcar uma área de 1 m<sup>2</sup>, à frente dos rastros deixados pelos pneus.
- Recolher os grãos caídos na área demarcada.
- Determinar a massa dos grãos e calcular a perda em kg ha<sup>-1</sup>, usando a equação 1.
- Repetir esse procedimento em quatro locais da lavoura.



### Perda no saca-palhas

- a) Usar uma armação de madeira e pano, tipo maca, com dimensões de 0,5 m de largura e 1,2 m de comprimento.
- b) Posicionar a armação em um local representativo da lavoura e esperar a passagem da colhedora.
- c) Quando da passagem da máquina, manter a armação fixa para coletar a descarga do saca-palhas.
- d) Separar os grãos da palha e determinar sua massa.
- e) Calcular a perda em  $\text{kg ha}^{-1}$ , utilizando a equação:

Perda ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) = massa dos grãos (g) x 20/Largura da barra de corte (m)

### Perda nas peneiras

A perda nas peneiras é determinada adotando-se o mesmo procedimento descrito anteriormente, coletando-se, ao mesmo tempo, os grãos provenientes das descargas das peneiras e do saca-palhas. Uma vez determinada a massa dos grãos perdidos no saca-palhas, obtém-se, por diferença, a massa dos grãos perdidos pelas peneiras.

A perda devida aos mecanismos internos pode também ser quantificada subtraindo-se, da perda total, as perdas encontradas na plataforma de corte da colhedora.

Tanto o levantamento de perdas no saca-palhas quanto nas peneiras deve ser realizado em pelo menos quatro locais da lavoura.

## RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

Para evitar perdas desnecessárias, antes de proceder à colheita devem ser observados os seguintes aspectos:

### Horário de colheita

Evitar que a colheita se realize pela manhã, quando os grãos ainda se encontram umedecidos pelo orvalho. Caso ocorra chuva, deve-se esperar que o arroz seque completamente, caso contrário pode haver obstrução na colhedora.



## Teor de umidade do grão

Segundo pesquisas de Rocha et al. (1976), Pedroso (1978, 1994) e Dorfman & Rosa (1980), a colheita com base no teor de umidade dos grãos depende da cultivar. Conforme Fonseca et al. (1979), o teor de umidade ideal dos grãos, para a maioria das cultivares de arroz, deve situar-se entre 18 e 23%.

Na prática, como nem sempre se dispõe de aparelhos para determinar o teor de umidade no campo, o produtor pode basear-se na mudança de cor das glumas, considerando como ideal quando dois terços dos grãos da panícula estiverem maduros. Morder os grãos ou apertá-los com a unha pode também ser um indicativo útil. Se o grão amassar, o arroz encontra-se ainda imaturo; se quebrar, encontra-se na fase semidura, e a colheita poderá ser iniciada. Deve ser ressaltado que em regiões de alta pluviosidade, onde a colheita é processada freqüentemente com elevado teor de umidade, o produto deve sofrer secagem imediata, a fim de preservar sua qualidade durante o armazenamento (Dorfman & Rosa, 1980).

## Colheita manual

Após o corte do arroz, deve ser evitada a permanência das plantas no campo por muito tempo, pois as perdas aumentam se as operações de recolhimento e trilhamento forem retardadas desnecessariamente. O problema tende a agravar-se, dependendo da ocorrência de condições climáticas adversas.

Em regiões de alto pluviosidade e sem condições de trilhamento no tempo adequado, o arroz colhido deve ser emedado, visando a proteger as panículas da chuva. As medas devem ser pequenas e bem arejadas, de modo que os grãos alcancem o teor de umidade adequado. A umidade excessiva contribui para uma rápida fermentação e a ocorrência de trincadura nos grãos. Por esse motivo, a palha do arroz emedado deve estar completamente seca (Fonseca & Silva, 1989).

## Regulagem e manutenção da colhedora

É possível obter maior rendimento com custo reduzido, se forem seguidas as instruções contidas no manual do operador, que acompanha a colhedora, efetuando a regulagem adequada dos mecanismos externos e internos da máquina. Deve-se atentar,



principalmente, para o seu estado de conservação e sua manutenção, verificando se há navalhas defeituosas, falta de peças integrantes do molinete e outras irregularidades nos mecanismos de trilhamento e abanação.

A velocidade do molinete deve ser suficiente para puxar as plantas para o interior da máquina, devendo ser até 25% superior à velocidade de deslocamento da colhedora. Operar a colhedora com velocidade excessiva predispõe a máquina a desgastes prematuros e contribui para maior risco de acidentes.

Quando o arroz estiver acamado, a velocidade de deslocamento da colhedora deve ser reduzida, e o molinete regulado com menor altura e mais avançado do que nas lavouras normais, sempre com alinhamento paralelo às navalhas. A colheita realizada no sentido do acamamento é mais eficiente e, por isso, às vezes torna-se necessário colher em uma só direção, apesar de haver redução do rendimento diário da operação.

Recomenda-se que, após a colheita de cada cultivar, a colhedora e o local de trilha, sejam cuidadosamente limpos, para evitar misturas varietais.

### **Drenagem da lavoura**

Em cultivos irrigados é de grande importância o conhecimento da melhor época para se drenar a lavoura antes da colheita. Deve-se levar em consideração que a drenagem antecipada, embora favoreça a economia de água, pode acarretar decréscimo na produtividade (Stone & Fonseca, 1980).

A época da drenagem varia em função das características do solo e da cultivar e deve ser efetuada, geralmente, dez dias antes do corte do arroz, para maior facilidade de locomoção da máquina na área, sem prejuízo para a produção e a qualidade dos grãos, assegurando bom rendimento no beneficiamento.

Além da colheita, devem ser observados cuidados nas etapas subseqüentes, de pós-colheita, como transporte, secagem, limpeza, tratamento e conservação do produto, para que essas operações não contribuam para elevar as perdas.





## REFERÊNCIAS

- BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 41-53.
- CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N. R. de A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. da. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).
- DORFMAN, E.; ROSA, J. L. V. da. Ponto de colheita e temperatura de secagem na qualidade do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 33, n. 318, p. 69-74, jan./fev. 1980.
- FONSECA, J. R. Colheita do arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 157-161.
- FONSECA, J. R.; SILVA, J. G. da. Colheita do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 79-80, 1989.
- FONSECA, J. R.; SILVA, J. G. da. **Levantamento de perdas de grãos na colheita mecanizada do arroz de sequeiro**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 3 p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 34).
- FONSECA, J. R.; SILVA, J. G. da. **Perdas de grãos na colheita do arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 20 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 24).
- FONSECA, J. R.; CASTRO, E. da M. de; ZIMMERMANN, F. J. P.; CUTRIM, V. dos A. Ponto de colheita dos cultivares de arroz de terras altas BRS Liderança, BRS Talento e BRSMG Curinga. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 51, n. 296, p. 535-540, jul./ago. 2004.
- FONSECA, J. R.; FREIRE, M. S.; VIEIRA, N. R. de A.; FREIRE, A. de B.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeitos da época de colheita sobre o rendimento de engenho e qualidade da semente do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 1., 1979, Curitiba. **Resumos dos trabalhos técnicos...** Curitiba: ABRATES, 1979. p. 50.
- GUIMARÃES, H. M. A. **Época de cultivo e de colheita de três cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigados por inundação**. 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- IRGA. Departamento de Obras e Assistência Técnica. Perdas de grãos de arroz na colheita mecanizada: safra de 1981/82. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 36, n. 342, p. 40-45, maio/jun. 1983.
- KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M. J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 249-259.
- MARCHEZAN, E.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J. Relações entre época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 7, p. 843-848, jul. 1993.
- PEDROSO, B. A. Efeito do ponto de colheita de duas cultivares de arroz irrigado em quatro densidades de semeadura. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 415, p. 3-5, jul./ago. 1994.



PEDROSO, B. A. Ponto ideal para a colheita do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 31, n. 304, p. 4-10, jan./fev. 1978.

RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; BASTOS, R. A.; SANTIAGO, C. M.; COSTA, V. M.; SANTOS, G. R. dos. **Determinação do ponto ideal de colheita das cultivares de arroz irrigado Formoso e Metica 1**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 29).

ROCHA, S. B.; PEDROSO, B. A.; REGINATO, M. P. V. Efeito do grau de maturação sobre o rendimento de grãos, rendimento de engenho, poder germinativo, centro branco, comprimento de plúmula e comprimento de raiz de oito cultivares de arroz. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DE ARROZ, 6., 1976, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA: IRGA, 1976. p. 55-59.

SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S. Efeitos de sistemas de colheita e de aplicação de fungicidas no desempenho da soca do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 572-576, set./dez. 2003.

SILVA, J. G. da. **Características e avaliação de uma ceifadeira-enleiradora de arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1987. 13 p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim de Pesquisa, 5).

SILVA, J. G. da; FONSECA, J. R.; SOARES, D. M.; GUIMARÃES, C. M. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos para mecanização das culturas de arroz e feijão**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1999. 41 p. (EMBRAPA. Programa 12 – Automação Agropecuária. Subprojeto 12.0.94.020-05). Projeto concluído.

STONE, L. F.; FONSECA, J. R. Épocas de drenagem final em duas cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 2, p. 171-174, abr. 1980.





# Cultivo da Soca

*Alberto Baêta dos Santos*

**RESUMO** - O cultivo da soca, que é a capacidade das plantas de arroz em regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos na colheita, pode se constituir numa maneira prática para aumentar a produção de arroz por unidade de área e de tempo. Além disso, a soca pode ser cultivada com 50 a 60% menos trabalho e sem necessidade de preparo do solo nem de semeadura e usa 60% menos água que um novo cultivo de arroz. A soca pode aumentar a produtividade onde a intensificação do cultivo de arroz é limitada pela disponibilidade de água para irrigação ou pela ocorrência de baixas temperaturas por ocasião do segundo cultivo. Com base na literatura disponível e em nossos próprios estudos, apresentamos neste capítulo a importância da soca, suas características principais e os fatores que a afetam. Com o desenvolvimento de técnicas adequadas aos diferentes sistemas de cultivo, como a disponibilidade de cultivares com maior potencial produtivo e de práticas apropriadas de manejo, acredita-se que o cultivo da soca possa contribuir substancialmente para aumentar a produção de arroz e atender à demanda crescente por este cereal. Com isso, a soca possibilita aumentar a produtividade das várzeas tropicais com qualidade da produção, reduzir a sazonalidade do uso de máquinas e implementos, aumentar a ocupação da mão-de-obra rural e incrementar a renda líquida dos produtores.

## INTRODUÇÃO

O uso sustentável das várzeas compreende a utilização de sistemas de cultivos múltiplos, produzindo duas a três safras por ano na mesma área. Conseqüentemente, uma segunda colheita de arroz, mediante o cultivo da soca, que é a capacidade das plantas de arroz em regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos na colheita, pode ser uma das primeiras alternativas viáveis para aumentar a produtividade de grãos em regiões tropicais, visto ser o arroz a espécie mais adaptada ao ecossistema várzeas (Santos, 2001).

A melhoria de um dado sistema de produção, como o do arroz irrigado, pode ser alcançada mediante o aumento da produção por unidade de área, com maior relação benefício/custo, ou pela manutenção do nível da produtividade com redução do custo de produção. A soca de arroz oferece oportunidade para aumentar a produção de grãos por unidade de área cultivada, pois apresenta menor duração de crescimento que um novo cultivo. A sua importância, como alternativa para aumentar



a produção sem acrescer a área de cultivo e com menor custo de produção, deve ser enfatizada (Santos, 1999, 2001).

O termo soca é originado do Tupi, *soka*, significa renovo, pimpolho; vulgarmente, o rizoma ou caule subterrâneo; significa, também, a segunda produção de uma dada cultura depois de cortada a primeira.

Uma nova dimensão da pesquisa com arroz tem sido dada com enorme atenção ao potencial da soca. Embora o seu conceito não seja novo, com a disponibilidade de cultivares modernas, semi-anãs, responsivas aos fertilizantes, e o aumento do custo de produção, o interesse no aproveitamento da soca tem sido renovado.

Os primeiros resultados de pesquisa sobre aproveitamento da soca de arroz, surgiram em Karnataka, na Índia, em 1942 - 1943, e mostraram que a cultivar S-684 produziu 2,75 t ha<sup>-1</sup> no cultivo principal e 1,01 t ha<sup>-1</sup> na soca (Krishnamurthy, 1988). O ciclo da soca foi 65% menor que o do cultivo principal. Krishnamurthy (1988) relata que, desde então, 174 publicações foram divulgadas, sendo a maioria das pesquisas referentes à soca de arroz irrigado, cultivado em várzeas. Publicações sobre o cultivo da soca de arroz no ecossistema terras altas são raras, como a de Arf et al. (1998).

Um intensivo programa de pesquisa foi iniciado em 1955, no Rice-Pasture Research and Extension Center, para determinar a possibilidade de produção da soca de arroz no Texas (Evatt, 1966). Embora o cultivo da soca seja um objetivo de interesse nesse programa, a importância maior está na produtividade do cultivo principal, que constitui a maior parcela do rendimento total e apresenta maior estabilidade de produção.

Até os anos 70, a soca não era explorada de maneira sistemática na maioria das regiões produtoras de arroz do mundo, exceto no sul dos Estados Unidos (Bollich & Turner, 1988). Até então, apesar de ser praticada pelos agricultores, não era considerada como componente integrante do sistema de cultivo.

Com os objetivos de discutir as perspectivas da exploração da soca de arroz, identificar práticas culturais mais adequadas e estabelecer trabalhos colaborativos para a obtenção de sistema de cultivo de alta capacidade de produção da soca, foi realizado, em 1986, em Bangalore, Índia, o Workshop on Rice Ratooning, que se constituiu no primeiro evento internacional sobre o tema. Naquela ocasião, um grande número de trabalhos foi apresentado, tendo sido publicados em 1988.



A produção de grãos na soca é obtida com menor uso de defensivos, comparativamente ao do cultivo principal, pois não se empregam herbicidas e raramente é necessário o uso de fungicidas. Com isso, esse pode ser considerado um cultivo pouco poluente, o que contribui para o equilíbrio ecológico.

## IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS

Em razão da soca de arroz apresentar menor duração de crescimento e menor requerimento de água de irrigação que um novo cultivo (Santos & Stone, 1987; Santos et al., 2002b), ela pode ter potencial para aumentar a produtividade onde o cultivo intensivo é limitado pela falta de água para irrigação, ou onde a época de cultivo de arroz é limitada pelas condições climáticas. O cultivo da soca pode ser uma opção viável também para áreas onde a distribuição das chuvas é irregular e a umidade do solo reduz a intensidade dos cultivos (Quddus & Pendleton, 1983).

A prática da soca é encontrada em algumas áreas distribuídas em todos os continentes que cultivam arroz, exceto na Europa (Chauhan et al., 1985). Vários países no mundo podem ser citados onde a soca é praticada desde o final da década de 20 (De Datta & Bernasor, 1988), destacando-se os Estados Unidos (Evatt, 1958, 1966), Colômbia e Equador (Mahadevappa & Yogeesh, 1988), Índia (Saran & Prasad, 1952; Mahadevappa, 1988), Tailândia, Taiwan, Filipinas (Plucknett et al., 1970), China (Krishnamurthy, 1988; Xu et al., 1988), Suazilândia (Evans, 1957), Japão (Krishnamurthy, 1988), Malásia (Chauhan et al., 1985), Madagascar (Shahi & Raharinirian, 1988), República Dominicana (Cuevas-Pérez, 1988), Bangladesh (Hossain & Farooq, 1988) e no Brasil (Faria & Soares, 1984; Santos & Gadini, 1986; Santos et al., 1986; Andrade et al., 1987, 1988).

A soca é cultivada extensivamente em escala comercial no sul dos Estados Unidos desde 1960 (Bollich & Turner, 1988). Aproximadamente, em 50% da área cultivada com arroz no Texas, cerca de 200 mil hectares, é feito o cultivo da soca, sendo também amplamente praticada na Louisiana e em cerca de 75% da limitada área cultivada com arroz na Flórida.

Nas regiões sul e sudeste da Ásia tropical, o arroz é cultivado numa área em torno de 88,7 milhões de hectares, com uma produção anual de aproximadamente 183,8 milhões de toneladas de grãos e uma produtividade média de 2,7 t ha<sup>-1</sup>. Apenas 14% dessa área tem condições



do duplo cultivo de arroz por ano, sob irrigação (Krishnamurthy, 1988). O sistema de cultivo da soca em escala comercial não tem se expandido na Ásia tropical devido, principalmente, à falta de cultivares com maior potencial produtivo na soca, com resistência às pragas e às doenças, e também devido à carência de práticas culturais adequadas. A área com potencial de utilização para o cultivo da soca nessa região pode ser estimada em 30%, o que corresponde a cerca de 26,6 milhões de hectares e uma produção de 36 milhões de toneladas de grãos, anualmente.

Chauhan et al. (1985) afirmam que a baixa aceitação do cultivo da soca em escala comercial pode ser atribuída à falta de cultivares com maior potencial produtivo, maturação desuniforme, ocorrência de pragas e de doenças, falta de práticas culturais adequadas, baixa qualidade de grãos e insegurança quanto ao retorno dos investimentos.

Na Índia, no final dos anos 70 e início dos 80, a pesquisa sobre cultivo da soca foi intensificada nas regiões de Andhara Pradesh, Assam, Bihar, Karnataka, Kerala, Orissa, Tamil Nadu, Uttar Pradesh e West Bengal (Mahadevappa, 1988) mas o progresso tem sido considerado lento, em virtude da falta de cultivares e de tecnologia de produção da soca. Porém, em várias lavouras e estações experimentais em Karnataka, têm sido obtidas produções expressivas da soca, o que tem estimulado o uso dessa prática em áreas extensivas.

Em Madagascar, o arroz é um alimento básico para a população e desempenha papel importante no desenvolvimento socio-econômico do país. Da condição de exportador de arroz, esse país tornou-se importador desde 1973 (Shahi & Raharinirian, 1988). Cerca de 1,2 milhão de hectares são cultivados nos mais diferentes sistemas, com uma produtividade de 1,8 t ha<sup>-1</sup>. Em virtude do consumo *per capita* de arroz ser um dos mais altos do mundo, 150 kg ano<sup>-1</sup>, e a grande necessidade de aumentar a produção para alimentar a crescente população e reduzir a importação de arroz, o cultivo da soca pode representar um papel importante em Madagascar. O país apresenta excelentes condições ambientais para o cultivo da soca e, conseqüentemente, grande potencial para aumentar a produção e tornar-se um dos maiores exportadores de arroz da África, no futuro.

Com uma oscilação de 100 a 120 mil hectares por ano, o arroz ocupa o quarto lugar em área cultivada entre as principais culturas na República Dominicana, onde o cultivo da soca é uma prática comumente usada para a obtenção da segunda colheita (Cuevas-Pérez, 1988). No



inverno de 1991, cerca de 12 mil hectares foram cultivados com soca, o que correspondeu a um quarto da área total cultivada, e o duplo cultivo foi estimado em 10 mil hectares, indicando que ambas as práticas são igualmente importantes nessa estação de cultivo.

Em Bangladesh, o arroz é cultivado em cerca de 10,6 milhões de hectares. Segundo Hossain & Farooq (1988), das três épocas de plantio, o cultivo da soca parece ter maior perspectiva durante o período de abril a agosto, ou seja, após a colheita dos plantios de novembro a abril. Entretanto, o cultivo da soca ainda não tem sido aceito, devido, entre outros, aos seguintes aspectos: falta de cultivares com alta capacidade produtiva de grãos na soca; falta de garantia de água para irrigação; baixa qualidade dos grãos; problemas fitossanitários. Flinn & Mercado (1988) enfatizaram que os produtores não utilizam extensivamente o cultivo da soca devido à dependência desta prática a expectativa sobre o clima, principalmente quanto à temperatura e a radiação solar, previsão de um futuro suprimento de água e situação sanitária do solo.

No Brasil, os primeiros estudos sobre o cultivo da soca de arroz foram desenvolvidos no início da década de 60 (Orsi & Godoy, 1963, 1967) em Piracicaba, SP, onde foi evidenciado que as cultivares precoces mostraram-se mais produtivas. A soca foi praticada em diversas áreas em diferentes regiões brasileiras. Alguns agricultores, que outrora usavam este sistema de cultivo, abandonaram-no em virtude da baixa capacidade produtiva das cultivares tradicionais de arroz, com plantas altas que apresentavam alta porcentagem de acamamento e baixa capacidade produtiva na soca, aliada à utilização de cultivares de ciclo longo, que, na maioria das vezes, eram semeadas tardiamente, fazendo com que o cultivo da soca ocorresse em um período em que a temperatura estava em declínio. O cultivo da soca torna-se inviável quando ocorre acamamento das plantas do cultivo principal (Alfonso-Morel et al., 1997a, 1997b). Mesmo aqueles produtores que ainda adotam esta prática, conduzem-na sem a preocupação de empregar técnicas que possibilitem a obtenção de maiores produtividades de grãos (Santos, 1987).

Embora não se disponha de levantamentos específicos quanto à área envolvida no cultivo da soca no Brasil, presume-se que vários produtores, em pequenas áreas, conhecem e utilizam este sistema de produção para aumentar a renda familiar, em diferentes regiões do país. Muitos não cultivam intensivamente suas áreas de várzeas com outras culturas, na entressafra do arroz irrigado, simplesmente as abandonam após a colheita; outros utilizam os restos de suas lavouras para a alimentação do gado, sob regime de pastoreio direto (Uchoa & Brandão,





1991), e poucos fazem o aproveitamento mais racional dos restos culturais por meio da fenação (Faria & Soares, 1984). Embora a pesquisa não tenha dado ênfase ao cultivo da soca no ecossistema terras altas, ele tem sido praticado esporadicamente nos Estados do Mato Grosso (Fig. 19.1), Maranhão e Rondônia, alcançando produtividades de até 1.200 kg ha<sup>-1</sup>, com a cultivar Primavera.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 19.1.** Cultivo da soca da cultivar BRS Primavera de arroz de terras altas no Estado do Mato Grosso.

A soca foi mais cultivada em alguns estados brasileiros, destacando-se o Rio de Janeiro, na região Norte Fluminense (Oliveira & Amorim Neto, 1979), Minas Gerais (Faria & Soares, 1984), São Paulo, no vale do Paraíba, e Goiás, em áreas restritas (Santos, 1987). Andrade et al. (1989) relataram que na região das baixadas litorâneas, considerada como uma área de expansão da cultura de arroz no Rio de Janeiro, é grande o potencial para o cultivo da soca, tendo sido utilizados aproximadamente 400 ha no ano agrícola 1988/89. Relataram, também, que a utilização da soca é baixa nas regiões tradicionais, embora se tenha tecnologia disponível para o seu cultivo e, após a colheita do arroz, as áreas são usadas como pastagens. Pedroso & Souza (1974) concluíram que é possível obter duas colheitas por safra nas condições de Cachoeirinha, no Rio Grande do Sul, desde que seja utilizada cultivar apropriada. No Nordeste, estudos sobre o cultivo da soca de arroz irrigado mostraram ser uma prática rentável e de fácil execução pelos orizicultores da região do submédio e baixo São Francisco, em Belém do São Francisco, PE (Uchoa & Brandão, 1991) e em Neópolis, SE (Santos et al., 2002c) devido ao ciclo curto, baixo consumo de água, reduzidos



trabalhos de campo, qualidade de grãos e à produtividade média de grãos que corresponde a duas ou mais vezes à obtida no sistema de cultivo de terras altas, naquela região.

No Estado de Santa Catarina, visando a aumentar a rentabilidade das áreas sistematizadas nas regiões do baixo e médio vale do Itajaí e do litoral norte por meio de sistemas de cultivo intensivos, Ramos (1982) obteve produtividade na soca da ordem de 50% daquela obtida no cultivo principal. O autor afirma que o cultivo da soca é um sistema de produção viável economicamente, sendo superado por um novo cultivo, se a produtividade for maior que 7.000 a 8.000 kg ha<sup>-1</sup>, tendo o cultivo da soca apresentado uma taxa de retorno de 195%. Segundo Schiocchet (2001), nessas regiões de Santa Catarina, os produtores efetuavam dois cultivos de arroz por ano, utilizando-se cultivares de ciclo curto. Atualmente, em cerca de 80% da área cultivada, que está em torno de 25 mil ha, o que representa aproximadamente 20% da área do estado, o segundo cultivo foi eliminado e está sendo praticado o cultivo da soca, obtendo-se produtividade de grãos de até 4.000 kg ha<sup>-1</sup>, com até 110 dias de ciclo. O custo de produção do cultivo da soca compreende somente a água, a uréia e o óleo diesel utilizado na roçada ou no preparo da soca, além da colheita. Na safra 2002/2003, nessa região onde está sendo incorporada a técnica de cultivo da soca, foi atingida a média adicional de 2.770 kg ha<sup>-1</sup> (Previsão..., 2003).

Apesar do potencial que a região tropical apresenta para o cultivo da soca, somente mais recentemente essa prática tem despertado maior interesse pelos produtores, especialmente no Estado do Tocantins (Fig. 19.2), onde a soca de arroz irrigado tem se mostrado vantajosa, em decorrência da obtenção de relação benefício/custo mais favorável. Em lavouras melhor conduzidas, em áreas de várzea, têm-se obtido produtividade de 22 sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup>, com um custo de produção equivalente a cinco sacas, com um ciclo ao redor de 50 dias. No entanto, resultados de pesquisa têm mostrado que com o uso de tecnologia é possível obter produtividades mais expressivas, o que tem estimulado o uso da prática em áreas extensivas. O maior interesse dos produtores, atualmente, na adoção dessa prática tem sido decorrente da maior capacidade produtiva das cultivares nos dois cultivos, principal e soca, do desenvolvimento de práticas culturais que possibilitam as cultivares expressarem seu potencial produtivo e da elevação do custo de produção do arroz, em função do maior aumento dos insumos, como fertilizantes, sementes, defensivos e combustíveis, entre outros, em comparação ao valor da produção agrícola. Com isso, o cultivo da soca de arroz irrigado constitui uma das estratégias de aumento da produtividade, estabilização da produção e aumento da lucratividade dos orizicultores.



Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 19.2.** Cultivo da soca da cultivar Epagri 108 de arroz irrigado no Estado do Tocantins.

Exceto a viabilidade das sementes, que não diferiu entre sementes produzidas na soca e no cultivo principal, as demais características como altura de planta, comprimento da panícula, tamanho da espigeta, número de perfilhos produtivos e coloração de grão, foram menos pronunciadas na soca que no cultivo principal (Saran & Prasad, 1952).

Webb et al. (1975) verificaram que a recuperação de grãos inteiros no beneficiamento, bem como o rendimento total, foram geralmente menores na soca que no cultivo principal. Em vários casos, contudo, o rendimento no beneficiamento obtido na soca equiparou-se, ou excedeu, o obtido na primeira colheita. A temperatura de gelatinização e valores de viscosidade máxima foram consistentemente menores na soca. O teor de amilose não apresentou tendência definida, ao passo que o teor de proteína variou amplamente na soca, tendendo a ser consideravelmente maior, de 1 a 5%, que no cultivo principal. Nadal & Carangal (1979) observaram que os grãos produzidos na segunda soca tiveram qualidade superior àqueles da primeira soca. Nagaraja & Mahadevappa (1986) observaram que a qualidade das sementes da soca e do cultivo principal foi variável em função da cultivar estudada e que as sementes da soca deterioraram mais rapidamente que as do cultivo principal. Rosamma et al. (1988) obtiveram menor massa das sementes da soca em relação ao cultivo principal, entretanto não diferiram na germinação.

A qualidade industrial dos grãos da soca não foi afetada pelo manejo de água ou de nitrogênio (Mengel & Wilson, 1981). Andrade et al. (1987) obtiveram menor rendimento de grãos inteiros e maior percentual de grãos



translúcidos na soca do que no cultivo principal. A qualidade de cocção do arroz da soca é igual ou superior ao do cultivo principal (Bollich & Turner, 1988).

## FATORES QUE AFETAM O POTENCIAL PRODUTIVO

O potencial produtivo da soca depende da capacidade das gemas dormentes na resteva do cultivo principal em permanecerem viáveis. Vários são os fatores que determinam direta ou indiretamente o crescimento e desenvolvimento dos perfilhos e a capacidade de produção de grãos na soca de arroz: as gemas estão em diferentes estádios de desenvolvimento; os perfilhos regenerados dos nós mais altos do colmo crescem rapidamente e amadurecem mais cedo (Prashar, 1970a, 1970b); as panículas da soca originadas dos nós mais baixos produzem maior número de espiguetas que aquelas dos nós superiores, todavia a fertilidade decresce (Sun et al., 1988) e, com isso, as panículas dos nós superiores contribuem mais para a produtividade de grãos do que aquelas dos nós mais baixos.

### Planejamento

Para obter êxito no cultivo da soca é necessário um planejamento do sistema de produção de arroz, compreendendo desde o estabelecimento do cultivo principal até a segunda colheita. Altas produtividades de grãos das culturas somente serão obtidas se a cultivar, as práticas culturais e o ambiente estiverem adequadamente associados. Para isto, são definidas as épocas de plantio que possibilitam à cultivar expressar maior potencial produtivo no cultivo principal e na soca. Deve-se cultivar a soca de genótipos com reconhecida capacidade produtiva nas duas colheitas. Como a soca representa um percentual da produtividade do cultivo principal, é interessante que para o seu cultivo sejam selecionadas, preferencialmente, aquelas áreas mais produtivas.

### Cultivar

As cultivares comportam-se diferentemente em relação à produtividade de grãos e à origem dos perfilhos na soca e, conseqüentemente, ao seu potencial produtivo. Algumas desenvolvem perfilhos em todos os nós do colmo, enquanto outras formam perfilhos apenas dos nós inferiores. A emissão de perfilhos se dá inicialmente nos nós mais altos do colmo cortado. A duração do ciclo da soca também está associada à posição do perfilho no colmo; quanto mais basal for, maior será seu ciclo. Vergara et al. (1988) mencionam que algumas diferenças que afetam a soca são: a capacidade inerente para produzir



perfilhos; a origem dos perfilhos (perfilhos basais são preferidos); o atraso na senescência das folhas; a capacidade de acumulação de carboidrato, que pode ser afetada pela duração de crescimento; o vigor do sistema radicular do cultivo principal; e a viabilidade das gemas dormentes.

Algumas cultivares de arroz podem apresentar alta produtividade de grãos no cultivo principal e não serem produtivas na soca, como é o caso da Metica 1, enquanto outras, como a BRS Formoso e a Epagri 108, têm alto potencial produtivo nos dois cultivos. As cultivares precoces tendem a comportar-se melhor que as de ciclo médio em regiões onde as condições climáticas são limitantes ao desenvolvimento da soca. Entretanto, sob condições favoráveis, as cultivares de ciclo médio apresentam maior produção biológica que as de ciclo curto, tanto no cultivo principal quanto na soca.

Estudos realizados em diversas regiões brasileiras mostraram que a relação entre as produtividades da soca e do cultivo principal de diferentes cultivares e linhagens de arroz varia de 5 a 89% (Orsi & Godoy, 1963, 1967; Oliveira & Amorim Neto, 1979; Ramos & Ditttrich, 1981; Ramos, 1982; Faria & Soares, 1984; Santos & Gadini, 1986; Santos et al., 1986, 2002c, 2003; Santos & Cutrim, 1987; Uchoa & Brandão, 1991; Dario, 1993). As maiores variações percentuais foram observadas nos estudos desenvolvidos em São Paulo (Orsi & Godoy, 1963, 1967) de 89%, com a cultivar Dourado Precoce, e em Goiás (Santos & Gadini, 1986; Santos, 1987) com a linhagem CNA 3771, a qual atingiu 73%. As maiores produtividades de grãos foram de 4.822 kg ha<sup>-1</sup>, com essa mesma linhagem, em Goiás (Santos & Gadini, 1986; Santos, 1987), 4.978 e 4.900 kg ha<sup>-1</sup> na região do submédio e baixo São Francisco, em Pernambuco com a linhagem CNA 4212 (Uchoa & Brandão, 1991) e em Sergipe com a cultivar São Francisco (Santos et al., 2002c), respectivamente.

De modo geral, os trabalhos mostram que a produtividade de grãos da soca varia de 5 a 350% daquela do cultivo principal, indicando considerável escopo para a seleção de cultivares para o cultivo da soca.

A maioria dos estudos não tem mostrado correlação positiva e significativa entre as produtividades de grãos do cultivo principal e da soca (Orsi & Godoy, 1963, 1967; Cuevas-Pérez, 1980; Chauhan et al., 1985; Santos et al. 1998; Costa et al., 2000a; Dario, 2001). Entre os poucos trabalhos que mostraram correlação, encontra-se o de Prakash & Prakash (1988) que obtiveram coeficientes de correlação altamente significativos entre as produtividades de grãos dos dois cultivos.

Avaliando o comportamento de genótipos de arroz afetados por práticas culturais na Estação Experimental de Campos, no Estado do



Rio de Janeiro, Andrade et al. (1988) verificaram que a cultivar IR 841-63-5, na semeadura de setembro, apresentou o maior potencial produtivo na soca, com produtividade correspondente a 62% do cultivo principal. Ademais, o comportamento das cultivares modernas P 899-55-6-4-6-1B e IR 841-63-5 foram melhores que a da cultivar tradicional De Abril.

Em estudo conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, Costa et al. (2000a) consideraram as produtividades obtidas pelos genótipos de arroz de ciclo médio (Tabela 19.1), a linhagem CNA 3771 com 3.053 kg ha<sup>-1</sup> e a cultivar BRS Formoso com 2.702 kg ha<sup>-1</sup>, como índices adequados de produtividade, o que justifica plenamente a utilização dessa prática cultural. Os autores verificaram que, na soca, a produtividade de grãos e o índice de colheita foram influenciados pelos genótipos dentro dos ciclos, curto e médio. Quanto à relação soca/cultivo principal, maiores percentuais foram determinados nos genótipos precoces CNA 7556, PR 380 e Javaé, que produziram acima de 55% das produtividades obtidas no cultivo principal e pelos genótipos de ciclo médio BRS Formoso e CNA 3771, cujas relações foram superiores a 48%. Nesse estudo, o valor comercial dos grãos do cultivo principal e da soca foi semelhante.

**Tabela 19.1.** Produtividade do cultivo principal, da soca, total e relação soca/cultivo principal de nove genótipos de arroz irrigado.

Genótipos	Produtividade de grãos <sup>(1)</sup>			Soca/cultivo principal (%)
	Cultivo principal	Soca (kg ha <sup>-1</sup> )	Total <sup>(2)</sup>	
	Ciclos - Grupos			
Ciclo Curto	4.517	2.685	7.202	60
Ciclo Médio	5.575	2.170	7.940	38
	Genótipos de ciclo curto			
CNA 7546	5.064a	2.763a	7.828a	55
CNA 7151	2.750b	2.833a	5.583b	103
PR 380	5.062a	3.018a	8.079a	60
BR-Irga 409	5.486a	2.111b	7.597a	39
Javaé	4.223ab	2.699a	6.922ab	64
	Genótipos de ciclo médio			
BRS Formoso	5.089	2.702a	7.792ab	53
CNA 3771	6.311	3.053a	9.364a	48
Metica 1	6.370	920c	7.290b	14
Diamante	5.308	2.005b	7.313b	38

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>(2)</sup>Produtividade do cultivo principal + soca.

Fonte: Adaptada de Costa et al. (2000a).



O ciclo do cultivo principal afeta o comportamento da soca, porquanto as cultivares de ciclo curto são recomendadas para as regiões de clima temperado, possibilitando, assim, o desenvolvimento da soca em condições climáticas favoráveis. Para o cultivo da soca no norte fluminense, é recomendável que cultivares tardias sejam semeadas mais cedo (Oliveira & Amorim Neto, 1979). Estudos desenvolvidos por Orsi & Godoy (1963, 1967), evidenciaram que as cultivares precoces mostraram-se mais produtivas, possibilitando um segundo corte econômico.

O perfilhamento é, provavelmente, o fator genético mais importante que afeta o comportamento da soca das gramíneas. Essa característica frequentemente determina a população de plantas. A produtividade da soca foi significativamente correlacionada com o número de perfilhos (Cuevas-Pérez, 1980; Das & Ahmed, 1982). Em várzeas tropicais, Costa et al. (2000a) verificaram que o número de panículas por  $m^2$  foi o principal componente na determinação da produtividade da soca. O ciclo e o número de grãos por panícula foram maiores no cultivo principal. Em média, os valores de massa de 100 grãos obtidos em ambos cultivos ficaram próximos aos 2,5 g, considerado ideal para o arroz. No cultivo principal, as características que mais se correlacionaram com a produtividade de grãos foram a altura de plantas e o índice de colheita, enquanto, na soca, o número de panículas e o de perfilhos por  $m^2$ . A produtividade da soca de arroz se correlaciona com a sua produção de matéria seca total da parte aérea (Costa et al., 2000b).

Santos et al. (1998) verificaram que, em geral, na maioria dos genótipos avaliados houve redução dos componentes da produtividade: o número de panículas por área, o número de grãos por panícula, a massa de 100 grãos e, conseqüentemente, da produtividade de grãos na soca, em relação à do cultivo principal. Entre esses componentes, o número de grãos por panícula foi o que apresentou maiores diferenças entre as duas colheitas, havendo redução em torno de 50%. Os autores concluíram que, para aumentar a produtividade da soca, há necessidade de aumentar este componente, seja mediante um programa de melhoramento de plantas ou pelo emprego de técnicas apropriadas de manejo da cultura. Em alguns genótipos, o número de panículas por área da soca foi semelhante ou até superior ao obtido no cultivo principal.

Palchamy & Soundrapandian (1988) atribuíram a ampla variabilidade na produtividade diária da soca à cultivar, ao local, ao solo, à água, à época de semeadura e às práticas culturais. Nas cultivares de ciclo curto, a produtividade diária variou de 6 a 80  $kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ , enquanto no cultivo principal foi de 7 a 90  $kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ .



## Condições climáticas

Os elementos meteorológicos que mais influenciam a produtividade são a temperatura do ar, a radiação solar, a precipitação pluvial e o fotoperíodo. Dentre a literatura disponível sobre os valores críticos desses parâmetros no desenvolvimento vegetativo e na produção de arroz, destacam-se as seguintes revisões: Morais et al. (1979); Yoshida (1981); Venkateswarlu (1989); Souza & Costa (1992); Souza (1993); Lobato & Silva (1995); Santos & Lobato (1996).

Entre os fatores do ambiente que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas de arroz, a temperatura e a luz têm sido relatadas como os de maior influência no comportamento da soca, particularmente o perfilhamento (De Datta & Bernasor, 1988).

A temperatura do ar afeta diferentemente as características da planta de arroz em função dos estádios de crescimento. Conforme Samson (1980), plantas expostas à baixa temperatura do ar, 20/20°C, no estágio de emborrachamento formaram três vezes mais perfilhos basais na soca que aquelas expostas à temperatura alta, 35/27°C, e duas vezes mais que as expostas à temperatura normal, ou seja, em torno de 29/21°C. Os números de perfilhos total e produtivos foram significativamente maiores sob temperatura do ar abaixo de 29/21°C, embora a diferença entre o número total e o de perfilhos produtivos não tenha diferido significativamente. Entretanto, a produtividade de grãos a 20/20°C foi significativamente menor que em temperaturas do ar alta e normal, devido à maior esterilidade de espiguetas. A produtividade de grãos na soca não diferiu nas temperaturas normal e alta. A temperatura também afetou a duração de crescimento da soca. O ciclo da cultura alongou-se de 56 dias, em alta temperatura do ar, para 96 dias, em baixa.

De acordo com Fageria (1984), os elementos climáticos, tais como temperatura, radiação solar e precipitação pluvial, influenciam o crescimento e, conseqüentemente, a produção de arroz, de dois modos: diretamente, afetam em termos fisiológicos os processos que envolvem a produção, como crescimento vegetativo, formação e tamanho dos grãos; e, indiretamente, afetam a produção por meio da incidência de pragas e de doenças. A temperatura é relatada como o fator climático mais importante, com valores críticos, tanto baixo quanto alto, dependendo da fase da cultura, mas, em geral, valores abaixo de 20°C e acima de 30°C são prejudiciais. As temperaturas críticas variam com a cultivar, com o grau e a duração da temperatura crítica, como estágio





de desenvolvimento da planta (Fageria, 1984) e com as práticas culturais (Terres & Galli, 1985).

A ocorrência de temperaturas do ar abaixo de 20°C, na fase de divisão-redução celular e durante a floração, pode causar alta esterilidade de espiguetas. Terres & Galli (1985) mencionam que a produtividade de grãos é reduzida em consequência da alta esterilidade e atrofia das espiguetas, emissão incompleta das panículas, grãos mal formados e alongamento do período de floração, quando temperaturas do ar inferiores a 17°C ocorrem na fase reprodutiva. Xu et al. (1988) relatam que as temperaturas baixas críticas são: 13°C para a semeadura; e 23°C para a emissão de panículas. Nessa mesma linha de estudo, Mackill & Lei (1997) citam que na fase reprodutiva, especialmente na microsporogênese, temperaturas noturnas baixas induzem ao aumento da esterilidade das espiguetas e, conseqüentemente, à redução da produtividade de grãos.

Quando a planta de arroz é exposta à temperaturas do ar acima de 30°C, pode ocorrer redução do número de perfilhos, altura das plantas, comprimento da raiz, produção de matéria seca da parte aérea e, conseqüentemente, da produtividade de grãos e seus componentes (Martins et al., 1981). O efeito da temperatura no crescimento das plantas e nas funções metabólicas é diversificado e complexo. A temperatura do solo afeta a fisiologia das raízes, pelo seu efeito na absorção de nutrientes e de água, e a temperatura do ar, a produção metabólica, o armazenamento de carboidratos, a alongação das células, a fotossíntese, a transpiração e a respiração da planta (Kramer & Kozlowski, 1960). Os produtos da fotossíntese são perdidos em maior quantidade em condições de tempo mais quentes, devido às taxas de respiração mais altas (Thompson, 1975). As plantas de arroz podem tolerar temperaturas máximas da água até 35°C; acima desse valor, a produtividade reduz drasticamente. Xiong et al. (1990) determinaram que as condições ambientais ótimas para o perfilhamento da soca foram temperatura média diária de 25 - 26°C e 84 - 85% de umidade relativa, para uma produtividade de grãos de 3,4 t ha<sup>-1</sup>.

A importância do estudo dos elementos climáticos sobre a produtividade de grãos de arroz é relatada por Andrade (1991), que salienta a grande influência da radiação solar e, particularmente, o efeito da temperatura do ar sobre o período reprodutivo das plantas. O autor menciona que o ambiente e a constituição genética, principalmente porte e arquitetura foliar, determinam a quantidade de radiação solar absorvida pelas plantas, indispensável para uma alta atividade fotossintética.



O requerimento das exigências térmicas varia com as fases de desenvolvimento da planta. O parâmetro graus-dia reflete o acúmulo diário de energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta. Souza & Costa (1992) observaram diferenças de graus-dia entre as quatro cultivares estudadas de até 83%, e que a duração do ciclo sofre influência marcante da época de semeadura. Com o objetivo de identificar os principais elementos meteorológicos que influenciam o crescimento e desenvolvimento da planta de arroz e determinar as suas exigências térmicas para a identificação de épocas de semeadura, onde a cultura possa expressar todo o seu potencial produtivo, tanto no cultivo principal quanto na soca, Santos & Lobato (1996) verificaram que a fase vegetativa do cultivo principal exigiu cerca de 50% da soma térmica total. A soca necessita, aproximadamente, do mesmo acúmulo de energia exigido pela fase vegetativa do cultivo principal.

Em condições de terras altas, estudos de Lobato & Silva (1995) mostraram que as exigências térmicas e as produtividades das cultivares estudadas variaram com as épocas de semeadura. Devido à ocorrência de baixas temperaturas, abaixo de 15°C, e à influência de fotoperíodo sobre o crescimento da planta de arroz, os mesmos autores observaram diminuição do porte da planta, menor índice de área foliar e queda da produtividade. Revelaram, também, que outros fatores interferem na acumulação térmica durante o ciclo. O fotoperíodo faz com que a planta complete seu ciclo com maior acumulação térmica, à medida que se atrasa a semeadura, e é certamente um dos fatores condicionantes da determinação do somatório térmico em arroz de terras altas.

O requerimento em radiação solar pela cultura de arroz difere de um estágio de crescimento para outro. A radiação solar no estágio reprodutivo tem maior efeito sobre a produtividade de grãos que nos estádios vegetativo e de maturação. Radiação solar de 300 cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> no estágio reprodutivo possibilita uma produtividade de grãos ao redor de 5 t ha<sup>-1</sup> (Yoshida, 1981). Para Chang (1985), a radiação solar durante os estádios reprodutivo e de maturação é o principal fator que determina a produtividade de grãos de arroz.

Mota (1995) observou que as maiores produtividade de grãos do arroz irrigado ocorreram quando o ambiente apresentou altos níveis de radiação solar global e baixa ocorrência de temperaturas do ar  $\leq 15^\circ\text{C}$ .

O sombreamento do cultivo principal afetou o perfilhamento da soca, a altura e a produtividade de grãos (Quddus, 1981; Ichii & Sumi,



1983). A duração do sombreamento também influenciou o crescimento da soca (Quddus, 1981). Sombreamento no período da floração até sete dias após a colheita do cultivo principal, compreendendo 28 dias, causou menor produtividade de grãos da soca que sombreamento no período do estágio leitoso tardio até sete dias após a colheita, 24 dias, ou da colheita até sete dias após. Plantas não sombreadas produziram 72% mais que plantas sombreadas. A aplicação de nitrogênio nos estádios leitosos inicial e tardio em combinação com diferentes períodos de sombreamento não afetou significativamente a produtividade de grãos.

Estudos de Garcia (1981) mostraram que a capacidade de regeneração dos perfilhos não foi afetada pelo sombreamento do cultivo principal. Contudo, o número de perfilhos produzidos na soca decresceu com o aumento do sombreamento. Em geral, sem ou com 49% de sombreamento tiveram efeitos similares sobre a produtividade de grãos, espiguetas e grãos por panícula, massa de 1.000 grãos e porcentagem de espiguetas estéreis. Entretanto, 66% de sombreamento do cultivo principal reduziu a produtividade de grãos, o que foi atribuído aos menores números de espiguetas e de grãos por panícula, e aumento da esterilidade de espiguetas. O número de panículas não foi afetado significativamente pelo sombreamento.

A altura da soca, a produtividade de grãos e a porcentagem de perfilhos de plantas submetidas a diferentes intensidades de luz (sem sombreamento; com 50%; e com 75% de sombreamento, por duas semanas após o corte) decresceram significativamente com o aumento do sombreamento (Ichii & Sumi, 1983). A altura máxima foi atingida aos 30 dias sem sombreamento, aos 25 dias com 50% de sombreamento e aos 20 dias com 75% de sombreamento. Independente da intensidade de luz, os valores máximos de porcentagem de perfilhos e da altura da soca ocorreram 15 dias após o corte.

As maiores produtividades de arroz observadas nos países de clima temperado em relação aos de clima tropical são atribuídas às baixas temperaturas que ocorrem durante a maturação, as quais proporcionam um alongamento do ciclo nesta fase, propiciando mais tempo para enchimento das espiguetas. Maior quantidade de energia solar, nesse prolongamento, contribui sensivelmente para maiores produtividades.

Além da temperatura do ar, Ichii (1988) relata que em condições de alta luminosidade, o desenvolvimento do arroz é vigoroso em virtude da maior eficiência da atividade fotossintética. O crescimento da soca



varia conforme o ambiente interno e externo dos colmos, pois, além da temperatura do ar, depende da fertilidade do solo e das reservas do próprio colmo.

## **MANEJO DO CULTIVO PRINCIPAL**

A constituição genética das cultivares, o ambiente e o manejo do cultivo principal afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade da soca. Várias práticas culturais que afetam o crescimento da planta, em geral, afetam também o crescimento da soca. Entretanto, algumas práticas específicas determinam, em grande parte, o sucesso do cultivo da soca. Chauhan et al. (1985) relatam que a capacidade da soca é influenciada pelo preparo do solo, época de transplântio ou de semeadura, método de plantio, população de plantas, manejo de água e fertilizantes e sistema de colheita. As cultivares respondem na soca diferentemente às práticas culturais empregadas no cultivo principal. Não obstante, os efeitos do manejo do cultivo principal sobre o comportamento da soca não têm sido estudados em grande escala.

### **Preparo do Solo**

O sucesso do cultivo da soca é, em grande parte, dependente do preparo do solo do cultivo principal. A aração profunda alongou os colmos e aumentou o número de panículas por planta. Na aração a 25 cm de profundidade, obteve-se maior produtividade que no preparo do solo superficial (Chauhan et al., 1985).

Em estudos desenvolvidos no IRRI, o comportamento da soca foi significativamente influenciado pelo método de preparo do solo (Bahar & De Datta, 1977). As plantas da soca, onde foi efetuada aração seguida por gradagem para o cultivo principal, tiveram maior produção de grãos, maior número de panículas por m<sup>2</sup> e menor percentagem de esterilidade de espiguetas que aquelas provenientes da semeadura sem preparo. Houve uma tendência de o preparo mais intensivo do solo, aração e gradagem, produzir mais perfilhos na soca. Contudo, o método de preparo do solo não afetou o número de grãos por panícula e o número de colmos que não rebrotaram (Samson, 1980).

### **Época de semeadura ou de transplântio**

Épocas diferentes de semeadura ou de transplântio expõem as plantas do cultivo principal e da soca a diferentes comprimentos do dia,



temperaturas e condições de luz, que, por sua vez, influenciam o comportamento da soca (Chauhan et al., 1985). A ocorrência de baixas temperaturas é relatada como o elemento climático que exerce maior efeito na variabilidade de crescimento e desenvolvimento das plantas de arroz, com conseqüências na produtividade e na qualidade dos grãos. As temperaturas mínima, ótima e máxima para a germinação das sementes de arroz são 8 - 10°C, 30 - 32°C e 42°C, respectivamente. Yoshida (1981) relatou que a temperatura ótima para a germinação do arroz é 20 - 35°C, para o perfilhamento 25 - 31°C, para diferenciação de panícula 25 - 28°C e maturação dos grãos 20 - 25°C. Baixa temperatura no estágio tardio de crescimento do cultivo principal pode aumentar a esterilidade de espiguetas e também reduzir o desenvolvimento da soca.

Os efeitos da época de semeadura do cultivo principal sobre a duração do ciclo e a produtividade de grãos da soca de três cultivares foram estudados por Oliveira & Amorim Neto (1979), nas condições do Norte Fluminense. Dentre as épocas estudadas, que variaram de 18 de setembro a 22 de fevereiro, com intervalos de 30 dias, a semeadura de setembro propiciou a maior produtividade de grãos em todas as cultivares em comparação com as épocas mais tardias, devido, principalmente, ao fato da temperatura e da luminosidade favorecer o desenvolvimento das plantas. A produtividade de grãos declinou rapidamente com cada data de semeadura posterior. Nenhuma produção na soca foi obtida nas semeaduras após novembro. A duração de crescimento não mostrou nenhuma tendência consistente com o atraso na semeadura.

Para o Estado de Santa Catarina, Ramos & Dittrich (1981), avaliando cultivares de ciclo médio em duas épocas, verificaram que setembro foi a época de semeadura do cultivo principal que mais favoreceu o cultivo da soca de três cultivares, em comparação a outubro. As produtividades de grãos obtidas na soca alcançaram de 42 a 51% das obtidas no cultivo principal. Baixas temperaturas nos estádios tardios de crescimento do cultivo principal impossibilitaram o desenvolvimento da soca. Para o cultivo da soca, Ramos (1982) verificou que a semeadura pode ser efetuada no final de setembro. Neste estudo, a produtividade de grãos da soca variou com a época de semeadura, alcançando 3,0 t ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 50% do cultivo principal. Esses resultados foram corroborados pelos estudos de Alfonso-Morel et al. (1997b) e de Schiocchet (2001). Para a obtenção de maior potencial produtivo do cultivo principal e da soca da cultivar Epagri 106, de ciclo curto, no município de Turvo, em Santa Catarina, Alfonso-Morel et al. (1997b) verificaram que a época mais indicada corresponde à semeadura realizada antes do período normal



recomendado, ou seja, de 15 de setembro a 10 de outubro. Entre as épocas estudadas por Schiocchet (2001), a maior produtividade da soca da cultivar Epagri 108, no município de Itajaí, em Santa Catarina, foi verificada na semeadura do cultivo principal em 15 de setembro e colheita em torno do dia 20 de fevereiro, seguida da semeadura em 15 de outubro e colheita em torno do dia 15 de março. Nestas duas épocas de semeadura, verificou-se também a maior produtividade total de grãos, cultivo principal e soca.

A viabilidade do cultivo da soca foi constatada por Dario (1993), nas condições de Piracicaba, no Estado de São Paulo, desde que a semeadura seja realizada no início do período da safra. Com semeadura realizada depois do mês de outubro, houve diminuição do desenvolvimento vegetativo, ciclo e produtividade de grãos e seus componentes. Nenhuma soca foi obtida a partir de novembro, nas três cultivares estudadas.

Bollich & Turner (1988), em estudo desenvolvido no Texas, também verificaram efeitos da época de semeadura sobre a duração do ciclo e a produtividade da soca. A ocorrência de baixas temperaturas alongou o tempo para maturação.

As cultivares de arroz irrigado avaliadas por Santos (1987, 1999) em Goianira, no Estado de Goiás, comportaram-se diferentemente nas distintas épocas de semeadura, quanto à duração do ciclo e à produtividade de grãos no cultivo principal e na soca. Em função das épocas de semeadura em todos os meses do ano, o ciclo das cultivares variou de 115 a 198 dias no cultivo principal e de 60 a 147 dias na soca. De modo geral, os períodos mais favoráveis ao cultivo da soca corresponderam às semeaduras realizadas de agosto a outubro. O autor considerou que o duplo cultivo de arroz numa mesma área na região é inviável, pois a semeadura do segundo cultivo coincidiria com períodos de alta precipitação pluvial. Entretanto, o aproveitamento mais intensivo das várzeas pode ser obtido com o cultivo da soca de arroz, que apresenta menor custo de produção e menos tempo de cultivo.

A definição das épocas de plantio se baseia no conhecimento das condições climáticas preponderantes na região e na disponibilidade de água para irrigação. Nas Regiões Norte e Nordeste, o arroz pode ser cultivado durante todo o ano, portanto a época de semeadura não limita o cultivo da soca. Como exemplo, pode ser citado o Estado de Tocantins, caracterizado pela ocorrência de dois regimes pluviais bastante definidos: o período de maio a setembro com índices de pluviosidade



muito baixos, considerada época seca; e de outubro a abril, o período de maior ocorrência de chuvas, que é a época predominante de cultivo de arroz irrigado. Como, no início da época recomendada de plantio, que vai de outubro a dezembro, o nível do lençol freático e dos rios está baixo na maioria das áreas, a semeadura é dependente da ocorrência da precipitação pluvial. De modo geral, as épocas de semeadura do cultivo principal mais favoráveis ao cultivo da soca correspondem ao início da época recomendada de plantio para a região.

Os efeitos de seis épocas de semeadura, de setembro a fevereiro, no desenvolvimento e produtividade da soca de nove genótipos de arroz do ecossistema de terras altas, com irrigação por aspersão, foram avaliados por Arf et al. (1998) em área experimental pertencente a UNESP – Campus de Ilha Solteira, no município de Selvíria, no Mato Grosso do Sul. A semeadura realizada no mês de novembro propiciou maior produtividade de grãos nas duas colheitas, sendo muito baixas as produtividades de grãos na soca nas semeaduras a partir desta época. A maior resposta foi obtida com a cultivar IAC 202 com  $844 \text{ kg ha}^{-1}$ , atingindo 17% da produtividade obtida no cultivo principal.

### Sistema de plantio

A semeadura direta, em solo seco ou úmido, e o transplântio constituem dois métodos de plantio de arroz. Embora os seus efeitos sobre o comportamento da soca não tenham sido estudados extensivamente, a grande maioria das pesquisas referentes ao aproveitamento da soca de arroz foi conduzida com a semeadura direta em solo seco. Uma das vantagens da semeadura direta no cultivo da soca, em comparação ao transplântio, é o grande número de plantas por unidade de área. Com isso, poucos perfilhos por planta da soca são necessários para produzir um grande número de perfilhos por unidade de área. Para aumentar o potencial de perfilhos na soca no arroz transplântado, a população de plantas no cultivo principal pode ser aumentada pela redução do espaçamento.

Comparando três métodos de produção de arroz em duplo cultivo, Bahar & De Datta (1977) verificaram que as produções máximas totais de seis cultivares foram, respectivamente, de 11,7, 10,4 e  $8,7 \text{ t ha}^{-1}$  para as duas culturas transplântadas, para o transplântio seguido de semeadura direta sem preparo do solo e para o transplântio seguido do cultivo da soca. Ainda que o cultivo da soca tenha apresentado menor produtividade, teve a vantagem de apresentar menor requerimento de dias para maturação, água, trabalho e custo de produção. Assim, torna-se uma



alternativa para aumentar a produção de arroz em áreas com recursos limitados para dois plantios. As produtividades de grãos da soca das seis cultivares variaram de 0,7 a 2,1 t ha<sup>-1</sup> (Tabela 19.2). Chauhan et al. (1985) mencionam que, independentemente do método de plantio, uma população adequada e uniforme de plantas é um pré-requisito para uma soca produtiva, mas outros fatores são igualmente importantes na determinação da produtividade de grãos da soca.

**Tabela 19.2.** Produtividade de grãos de arroz de seis cultivares no segundo cultivo: soca, semeadura direta e transplântio.

Sistema de manejo no segundo cultivo	Cultivares					
	IR 2061-464-2	IR 561-228-3	IR 747 B <sub>2</sub> -6	IR 28	IR 2061-465-1	IR 2061-632-3-1
	Produtividade de grãos (t ha <sup>-1</sup> )					
Soca	1,5c	1,2c	0,7b	2,1c	1,6b	2,1b
Semeadura direta	3,7b	3,6b	3,2a	2,8b	4,1a	3,8a
Transplântio	4,6a	5,3a	3,9a	4,4a	4,5a	4,4a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptada de Bahar & De Datta (1977).

## População de plantas

A população de plantas por unidade de área é determinada pela combinação entre espaçamento entre linhas e número de plantas na linha. A competição entre plantas por nutrientes, água e luz é determinada, em grande parte, por esses dois fatores. A população de plantas pode ser um importante fator que afeta o comportamento da soca, visto que seus perfilhos surgem de gemas dormentes da resteva do cultivo principal.

Maiores populações de plantas no cultivo principal aumentam o número de perfilhos por unidade de área (Wells & Faw, 1978) e, com isso, é também aumentado o número potencial de perfilhos na soca. Não obstante, este acréscimo não é proporcional para aumentar a população da soca, pois maior número de plantas propicia maior número de perfilhos inviáveis. A população de plantas, apesar de afetar o número de perfilhos inviáveis na soca, pode não afetar significativamente a produtividade de grãos.

Orsi & Godoy (1963, 1967) obtiveram maiores produtividades no cultivo principal e na soca da cultivar precoce Batatais com a densidade de semeadura de 3 g de sementes, em comparação com 6 g de sementes por metro de sulco, bem como no espaçamento de 20 cm em comparação com 40 e 60 cm entre linhas.





Bahar & De Datta (1977) verificaram que a produtividade de grãos do cultivo principal decresceu à medida que o espaçamento no transplântio aumentou de 15 x 15 cm, 20 x 20 cm e 25 x 25 cm, mas a produtividade de grãos da soca não foi afetada significativamente. O número de perfilhos improdutivo no espaçamento de 20 x 20 cm foi significativamente menor que no de 15 x 15 cm e não diferiu daquele de 25 x 25 cm, sendo, portanto, considerado o melhor para o cultivo da soca. Menor número de perfilhos foi produzido na soca no espaçamento mais amplo.

Em estudo desenvolvido por Jones & Snyder (1987), os tipos de plantas altas e semi-anãs responderam similarmente à densidade de semeadura e ao espaçamento entre linhas, em semeadura direta em solo seco. As densidades de semeadura, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, e suas interações não afetaram significativamente a produtividade da soca. Os espaçamentos entre linhas de 15, 20 e 25 cm não tiveram efeito sobre os componentes da produtividade da soca, enquanto o aumento na densidade de semeadura incrementou o número de panículas por metro quadrado e decresceu o número de grãos por panícula na soca. Esses foram considerados os componentes primários da produtividade da soca, explicando mais de 85% da variação. Não houve correlação significativa entre as produtividades de grãos da soca e do cultivo principal.

Srinivasan & Purushothaman (1990) também não obteve efeito significativo dos espaçamentos estudados (15 x 10 cm, 20 x 10 cm e 25 x 10 cm) sobre a produtividade de grãos da soca, embora no cultivo principal transplantado isto tenha ocorrido. O número de perfilhos por m<sup>2</sup> e a produção de matéria seca da soca foram significativamente maiores nos menores espaçamentos. A correlação do número de plantas por m<sup>2</sup> com a produtividade de grãos da soca foi positiva e significativa.

Nas condições do sul do Estado de Santa Catarina, no município de Turvo, Alfonso-Morel et al. (1997a), avaliando os efeitos das densidades de semeadura de 100 a 260 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, verificaram que as produtividades e massas de grãos da cultivar Epagri 106 no cultivo principal e na soca não diferiram, no sistema pré-germinado. Com isso, os autores consideraram a recomendação da densidade de semeadura de 130 kg ha<sup>-1</sup> de sementes para o sistema de produção de arroz irrigado como válida.

### Manejo de fertilizantes

A fertilidade do solo afeta direta ou indiretamente o crescimento e a produtividade de grãos da soca de arroz. O N e o P afetam significativamente o crescimento da soca, e o P é especialmente



importante, pois promove um bom desenvolvimento das raízes. O requerimento em fertilizantes varia amplamente no cultivo da soca. Alguns estudos indicam que o crescimento da soca é dependente da composição e da dose do fertilizante usado (Ganguli & Ralwani, 1954; Evatt, 1958), como também que vários fertilizantes são necessários, não apenas no cultivo principal, como também no cultivo da soca (Szokolay, 1956). Evatt (1958) mostra que a aplicação de P no cultivo principal aumentou significativamente a produtividade da soca. Em outros estudos, efeito significativo tem sido obtido apenas com a aplicação de N. Evatt & Beachell (1960) relatam que a aplicação de P e K na soca não é necessária se o cultivo principal recebeu quantidades adequadas desses nutrientes.

As doses, métodos e épocas de aplicação adequadas de fertilizantes de fontes apropriadas são práticas importantes para a obtenção de altas produtividades de grãos no cultivo principal, o que irá refletir na produtividade da soca. Entre os nutrientes essenciais, as principais deficiências verificadas no cultivo de arroz irrigado em várzeas são a de N, P, K e Zn, particularmente quando são usadas cultivares modernas e práticas culturais melhoradas (Yoshida, 1981; Fageria, 1992; Fageria et al., 1997; Fageria & Baligar, 1999, 2001; Fageria & Gheyi 1999). Zitong (1991) relatou que na China, maior produtor mundial, a produtividade de arroz aumentou na última década e esse aumento está associado à melhoria das condições do solo e à aplicação de fertilizantes, especialmente N e P.

O fertilizante nitrogenado é necessário para a obtenção de altas produtividades de grãos, tanto no cultivo principal quanto na soca. Bahar & De Datta (1977) verificaram que a produtividade de grãos nas duas colheitas aumentou com as doses de N aplicadas em duas épocas no cultivo principal. Houve, também, aumento do número de grãos por panícula, apenas na soca.

O método de aplicação de N no cultivo principal também afetou a soca (Samson, 1980; Quddus, 1981; De Datta & Bernasor, 1988). A colocação de N em maior profundidade, 8 a 10 cm, no cultivo principal aumentou a altura da soca da cultivar IR 36, o número de perfilhos da IR 42 e a produtividade de ambas as cultivares (De Datta & Bernasor, 1988). A aplicação de N em profundidade aumentou a produtividade e o número de panículas em 15% em comparação com a aplicação parcelada. Esta promoveu atraso na maturação e menor índice de área foliar na soca.

A aplicação de altas doses de fertilizante nitrogenado no cultivo principal reduziu a viabilidade da soca, por estimular crescimento excessivo



com plantas mais fracas (Chauhan et al., 1985). Entretanto, resultados contrários mostraram que o aumento da dose de N até 120 kg ha<sup>-1</sup> aumentou a produtividade de grãos do cultivo principal e da soca (Bahar & De Datta, 1977).

Com o objetivo de determinar a influência de épocas e métodos de aplicação de N sobre o comportamento do cultivo principal de arroz irrigado, Santos et al. (2002a) conduziram dois experimentos, sendo um na Fazenda Palmital, da Embrapa Arroz e Feijão, no município de Goianira, GO, e o outro na Fazenda Xavante Agroindustrial de Cereais SA, no município de Dueré, TO, em solos classificados como Plintossolos. Verificaram que, de modo geral, as maiores produtividades de grãos foram verificadas quando parte do N foi aplicado por ocasião da semeadura e parte em duas coberturas, ou seja, até 65 dias após a emergência. A aplicação de todo N no plantio propiciou menor resposta do arroz, indicando a ocorrência de maiores perdas de NH<sub>3</sub><sup>+</sup>. Nos dois experimentos, a produtividade da soca não foi afetada pelo manejo de N, indicando que, uma vez efetuada uma aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup>, logo após o corte das plantas, o manejo de N no cultivo principal não tem efeito residual sobre a produtividade da soca (Tabela 19.3).

**Tabela 19.3.** Efeito do manejo de nitrogênio no cultivo principal sobre a produtividade da soca de três cultivares de arroz irrigado, em duas localidades, Goianira/GO e Dueré/TO.

Manejo de Nitrogênio	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Goianira, GO	
	BRS Jaburu	BRS Formoso
Todo N no plantio, no sulco	3.656	3.031
Todo N no plantio, no sulco e lanço	2.743	3.549
½ N no plantio, no sulco, e ½ aos 40 DAE	2.626	3.402
½ N no plantio, no sulco e lanço, e ½ aos 40 DAE	2.639	3.274
¼ N no plantio e ¾ aos 40 DAE	3.394	3.253
¼ N no plantio e ¾ aos 65 DAE	2.662	2.109
¼ N no plantio, ½ aos 40 DAE e ¼ aos 65 DAE	3.017	2.646
¼ N no plantio, ¼ aos 40 DAE e ½ aos 65 DAE	2.932	2.500
¼ N no plantio, 30 kg ha <sup>-1</sup> de N aos 40 e 65 DAE	3.118	3.254
		Dueré, TO
		Epagri 108
Todo N no plantio, no sulco e a lanço		1.502 <sup>(1)</sup>
½ N no plantio, no sulco e lanço, e ½ aos 40 DAE		1.348
12 kg ha <sup>-1</sup> de N no plantio e 68 kg ha <sup>-1</sup> de N aos 40 DAE		1.391
12 kg ha <sup>-1</sup> de N no plantio e 34 kg ha <sup>-1</sup> de N aos 40 e 60 DAE		1.495

<sup>(1)</sup> Produtividade de grãos considerando a área pisoteada pelas esteiras da colhedora.  
Fonte: Santos et al. (2002a).



A aplicação parcelada de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N nas fases inicial e tardia do grão leitoso, e de 7 a 15 dias antes da colheita do cultivo principal, não afetaram a produtividade e o número de perfilhos por m<sup>2</sup> (Quddus, 1981). Nenhuma interação significativa entre a época de aplicação de fertilizante e a altura de corte foi obtida.

Não obstante, Zhang (1991) menciona que a aplicação de 45 a 68 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, duas semanas antes da colheita, atrasa a senescência do cultivo principal, produzindo mais perfilhos e panículas na soca. As práticas culturais recomendadas para o cultivo da soca de cultivares de arroz de ciclo médio, no sudeste da Província de Sichuan, na China, incluem a fertilização nitrogenada com 35 a 70 kg ha<sup>-1</sup>, 14 dias antes da colheita do cultivo principal para aumentar a porcentagem de brotação e promover um crescimento precoce e vigoroso da soca (Xu et al., 1988).

Sun et al. (1988) estudaram, na China, os efeitos de níveis e épocas de aplicação de N no cultivo principal e na soca de arroz híbrido cortado a 40 cm de altura. A aplicação de 75 e 187,5 kg ha<sup>-1</sup> de N aumentou a produtividade de grãos do cultivo principal, mas apresentou pequeno efeito na soca. As doses de 34,5 e 69 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicadas antes da colheita, não afetaram a produtividade de grãos do cultivo principal, mas produziram significativamente mais perfilhos e panículas na soca, resultando em maior produtividade de grãos, em comparação à testemunha não fertilizada.

Sun et al. (1988) mencionam em seus estudos que a aplicação de N a lanço, 14 dias antes da colheita, nas doses de 0, 27, 54 e 81 kg ha<sup>-1</sup>, não afetou significativamente a produtividade e a maturação do cultivo principal, embora tenha aumentado o metabolismo de N no estágio tardio de crescimento, atrasado a senescência e promovido a germinação das gemas dormentes. O teor de N na resteva aumentou com as doses aplicadas na fase de maturação, os açúcares solúveis decresceram e o conteúdo de carboidratos aumentou ligeiramente. O teor de N na resteva correlacionou-se com o número de panículas por colmo da soca.

A aplicação de N, P e K, dez dias antes da colheita do cultivo principal, não influenciou significativamente o número de perfilhos e a produção de matéria seca da parte aérea da soca, mas essas características variaram consideravelmente com a quantidade aplicada dez dias após a colheita (Ichii, 1988). Os decréscimos do número de perfilhos e da produção de matéria seca foram mais severos com a deficiência de N, seguida pela carência de P. Nenhum efeito significativo foi detectado com a deficiência de K.



Avaliando a resposta da soca da cultivar Epagri 106 à aplicação NPK, em Santa Catarina, Alfonso-Morel et al. (1997b) consideraram a metade da recomendação para o cultivo principal com sendo a adubação mais indicada para a soca de arroz irrigado.

### **Sistema de colheita**

Outra preocupação no planejamento é com a colheita do cultivo principal, especialmente, quanto à época, à altura de corte e aos equipamentos das colhedoras. Deve-se evitar o “passeio” desnecessário de colhedoras e graneleiros, para não danificar excessivamente as plantas de arroz, pois a área pisoteada pela esteira da colhedora pode corresponder a até 38% da área total cultivada.

### **Época de colheita**

A duração do período de formação e enchimento de grãos oscila de 30 a 40 dias. Essa diferença decorre, principalmente, da variação da temperatura do ar, havendo pouca influência do ciclo da cultivar. Os grãos passam pelas etapas de grãos leitosos, grãos pastosos e grãos em massa dura até atingirem a maturação fisiológica, na qual o grão está com o máximo acúmulo de matéria seca (Congresso..., 2003). Nesta fase, as sementes estão praticamente desligadas da planta mãe, como que armazenadas nas condições de campo. O ponto de maturidade fisiológica é definido como o período no qual cessa a translocação dos fotossintatos e a planta aciona mecanismos para desidratação das sementes. Durante o processo de maturação ocorrem transformações morfológicas e fisiológicas nas sementes, como alteração no tamanho, redução do teor de água, acúmulo de matéria seca e aumento gradativo na germinação e no vigor. Teoricamente, o arroz poderia ser colhido no ponto de maturidade fisiológica, desde que fossem dadas condições para secagem imediata, pois, nessa fase, a umidade dos grãos ainda é elevada, na faixa de 30%.

O estágio de maturação do cultivo principal por ocasião da colheita afeta a soca (Votong, 1975). As melhores épocas de colheita do cultivo principal para a obtenção de um bom cultivo da soca são quando os seus colmos estão ainda verdes (Saran & Prasad, 1952; Chauhan et al., 1985), antes da cultura completar a fase de maturação (Saran & Prasad, 1952; Balasubramanian et al., 1970) ou na maturação completa, quando as gemas da soca já iniciaram a brotação (Szokolay, 1956).

Atraso na colheita do cultivo principal de 44 para 56 dias após o florescimento reduziu a duração de crescimento da soca (Votong, 1975). A duração de crescimento, a massa, a altura e a porcentagem de



perfilhamento da soca declinaram, quando o corte foi efetuado 10 e 20 dias após a emissão das panículas (Ichii & Kuwada, 1981). Contudo, as características da soca melhoram ligeiramente nos cortes efetuados 30 e 40 dias após a emissão das panículas.

Em outros estudos, a colheita do cultivo principal efetuada aos 30, 35, 40 e 45 dias após o florescimento não afetou significativamente a produtividade da soca (Reddy et al., 1979; Reddy & Mahadevappa, 1988).

Com o intuito de avaliar as relações entre a capacidade da soca de 21 cultivares de arroz e a resistência ao acamamento, Ichii & Hada (1983) efetuaram cortes em cinco estádios de desenvolvimento: na emissão das panículas e aos 10, 20, 30 e 40 dias após. Verificaram que houve interações negativas e significativas entre o índice de acamamento durante o desenvolvimento dos grãos e a porcentagem de perfilhamento e a altura da soca. Os autores sugerem que as características da soca podem ser usadas como indicadoras da resistência das cultivares ao acamamento.

A ocorrência de baixas temperaturas, abaixo de 18°C, prolonga a duração do cultivo principal. Por isso, qualquer atraso na semeadura do cultivo principal atrasará a colheita e também afetará a produção da soca (Krishnamurthy, 1988).

Xiong et al. (1991), estudando os efeitos de diferentes épocas de colheita do cultivo principal (22, 25, 28, 31 e 34 dias após a emissão das panículas), verificaram que o corte realizado na época mais tardia, quando as gemas axilares começam a brotação, resultou em maiores produtividades de grãos em ambos cultivos, principal e soca. O incremento na produtividade da soca foi atribuído ao maior número de panículas produtivas.

Na avaliação dos efeitos das épocas de colheita aos 24, 31, 38 e 45 dias após o florescimento do cultivo principal e das alturas de corte 0, 15, 30 e 45 cm no comportamento da soca dos genótipos de arroz irrigado CNA 3771, de ciclo médio e Javaé, de ciclo curto, em três anos consecutivos, Santos et al. (1999) verificaram que houve interação entre ano e os fatores estudados, devido à ocorrência, mais cedo, no segundo e terceiro anos, de temperaturas do ar abaixo de 17°C, que afetaram as épocas mais tardias de colheita, especialmente nos cortes realizados no nível do solo (Tabela 19.4). Menores alturas de corte das plantas do cultivo principal alongaram o ciclo da soca e, aliadas às épocas tardias de colheita, propiciaram o seu desenvolvimento em condições de ocorrência de temperatura do ar baixa, afetando a produtividade de grãos, especialmente



do genótipo de ciclo médio. Épocas tardias de colheita influenciaram mais a produtividade de grãos da Javaé que a da CNA 3771. Isso evidencia a necessidade de se realizar a colheita do cultivo principal da cultivar precoce o mais cedo possível para se obter maior produtividade de grãos na soca. Quanto ao genótipo de ciclo médio, exceto nos cortes efetuados no nível do solo, apenas na época mais tardia de colheita observou-se redução substancial da produtividade de grãos. Nas épocas mais favoráveis de colheita dos dois genótipos, cortes efetuados a 15 cm, ou acima, propiciaram maiores produtividades de grãos.

**Tabela 19.4.** Interação entre anos, épocas de colheita e alturas de corte sobre a produtividade de grãos da soca de dois genótipos de arroz irrigado.

Época de Colheita (dia após a floração)	Altura de corte (cm)							
	0		15		30		45	
	Genótipo							
	CNA 3771	Javaé	CNA 3771	Javaé	CNA 3771	Javaé	CNA 3771	Javaé
Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )								
1994/95								
24	2.047	2.602	2.172	2.313	2.268	2.520	2.364	2.487
31	1.990	1.807	1.884	1.739	1.723	1.161	2.012	1.613
38	2.935	2.006	3.056	1.671	2.614	1.479	2.301	1.698
45	1.909	2.053	2.830	1.825	2.413	1.309	2.109	1.490
1995/96								
24	971	1.804	1.998	1.509	2.177	2.010	2.050	1.737
31	489	1.125	1.931	1.386	2.341	1.011	1.888	1.369
38	386	1.291	1.579	1.172	1.974	1.192	2.180	987
45	485	729	1.027	1.252	1.245	903	1.233	1.042
1996/97								
24	2.277	1.410	2.544	2.244	1.946	2.383	1.611	2.152
31	1.020	1.198	2.322	1.704	2.356	1.416	1.713	1.578
38	1.018	1.524	1.971	1.435	1.363	1.079	1.826	1.074
45	98	1.091	1.190	1.104	915	985	1.654	878

Fonte: Adaptada de Santos et al. (1999).

### Altura de corte

A altura da resteva determina o número de gemas úteis para o perfilhamento (Chauhan et al., 1985) e a origem dos perfilhos da soca (Vergara et al., 1988). Os efeitos da altura de corte sobre o vigor da soca são variáveis, dependendo da cultivar usada. Algumas cultivares apresentam maior número de perfilhos nos nós superiores, enquanto



que outras nos nós da base, não sendo afetadas pela altura de corte. Os efeitos da altura de corte sobre o comportamento da soca têm sido extensivamente estudados.

Entre as características da planta da soca mais afetadas pela altura de corte, citam-se a produtividade de grãos, o perfilhamento e a duração de crescimento (De Datta & Bernasor, 1988). Contudo, a resposta da produtividade de grãos da soca à altura de corte tem sido inconsistente. Têm sido estudadas alturas de corte do cultivo principal variando de 0 a 50 cm do nível do solo.

Evatt (1958) menciona que o desenvolvimento de novos perfilhos após o corte está diretamente relacionado com as condições ambientais e o manejo da cultura, sendo a altura de corte de importância secundária, visto que os perfilhos são originários de gemas localizadas junto à base de colmo, rente à superfície do solo.

Em poucos trabalhos, não se obtiveram efeitos significativos da altura de corte do cultivo principal sobre a produtividade de grãos da soca, como os de Balasubramanian et al. (1970), Reddy et al. (1979) e Balasubramanian & Ali (1990).

Vários estudos mostraram que cortes rentes ou próximos ao nível do solo tiveram significativamente maiores produtividades em comparação às maiores alturas (Chauhan et al., 1985; Prashar, 1970a, 1970b; Charoendham, 1975). Nas Filipinas, corte ao nível do solo foi indicado para evitar o crescimento de perfilhos improdutivo (Chauhan et al., 1985). Estudos preliminares de Prashar (1970a, 1970b), na Etiópia, mostraram que a altura de corte do cultivo principal afetou o período de maturação e a produtividade de grãos na soca. Esta foi significativamente maior quando o cultivo principal foi cortado ao nível do solo que a 4, 8 e 12 cm de altura, mas o período de maturação foi menor com cortes mais altos. O aumento da altura de corte de 2 para 12 cm decresceu a produtividade de grãos, mas não afetou a produção de matéria seca total (Charoendham, 1975). Essa redução foi mais pronunciada quando o cultivo principal recebeu maiores doses de N.

Entretanto, a maioria dos trabalhos demonstrou que a produtividade da soca aumentou com maiores alturas de corte (Saran & Prasad, 1952; Evatt & Beachell, 1960; Cheaney & Neira, 1972; Bahar & De Datta, 1977; Ramos & Dittrich, 1981; Andrade et al., 1987). A cultivar CH10 produziu melhor quando cortada a 15 cm do que ao nível do solo, a 35 cm ou na panícula (Saran & Prasad, 1952). Estudando, no CIAT, os efeitos das alturas de corte, Cheaney & Neira (1972) verificaram maiores





produtividades quando a planta de arroz foi cortada a 15 cm que a 1 cm, e a colheita da soca foi antecipada em seis dias no corte mais alto. Bahar & De Datta (1977) e Ramos & Dittrich (1981) encontraram consistentemente melhores produtividades na soca em cortes a 15 e a 20 cm do que ao nível do solo ou a 5 cm. Palchamy & Soundrapandian (1988) citam que vários trabalhos desenvolvidos na Índia, para avaliar a influência da altura de corte no comportamento da soca de oito cultivares, mostraram que, em média, maiores produtividades foram obtidas com corte a 20 cm, em comparação aos efetuados desde rente à superfície do solo até 30 cm de altura, em intervalos de 5 e 10 cm.

Com as cultivares IR 841 e P 899, as maiores respostas obtidas por Andrade et al. (1987) foram com as alturas de corte de 20 a 30 cm. Resultado similar foi obtido por Jones (1993) quando comparou as alturas de 10 até 50 cm do solo, com intervalados de 10 cm. Andrade et al. (1988), avaliando o potencial da soca de dez genótipos de arroz, em Campos, no Estado do Rio de Janeiro, constataram que o corte a 10 cm mostrou-se prejudicial à brotação e que os melhores resultados ocorreram quando as plantas foram cortadas a 30 cm de altura, com produtividade média de 30% do cultivo principal. Os autores verificaram também que a altura de corte não influenciou a qualidade industrial dos grãos. Por sua vez, Sun et al. (1988) e Zhang (1991) mencionam que a altura de corte adequada situa-se entre 30 e 40 cm. Na China, a cultivar Zhe-8619 foi submetida à alturas de corte de 15, 25, 30 e 40 cm para avaliação do seu potencial na soca (Jin et al., 1991). As produtividades foram de 3,9, 4,1, 4,3 e 4,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e o ciclo foi reduzido, com o aumento da altura de corte.

Quando a altura de corte do cultivo principal variou de 23 para 43 cm, a soca formou mais panículas, a maturação foi mais rápida, teve a maior fertilidade de espiguetas e produtividade, cujo aumento foi de 48% (Sun et al., 1988).

As melhores respostas da produtividade de grãos na soca com aumento da altura de corte são atribuídas à potencialidade de brotação nos nós superiores. Normalmente, as lavouras de arroz são cortadas a uma altura de 45 a 60 cm. Cortes menores que a altura necessária para remover os grãos do cultivo principal podem não apresentar vantagens, pois a colhedora recolhe mais palha, causando atraso na colheita, e aumenta a perda de grãos que são deixados no campo. Ceifar ou roçar a resteva após a colheita propicia maturação mais uniforme e, em alguns casos, pode melhorar a qualidade industrial do grão (Bollich & Turner, 1988). Entretanto, essa prática atrasa o cultivo da soca, podendo resultar



em uma época de crescimento desfavorável e, conseqüentemente, perda na produtividade.

A grande maioria dos trabalhos tem mostrado que cortes mais altos reduzem o ciclo da soca, exceto o estudo de Bahar & De Datta (1977), no qual a maior altura de corte aumentou a duração do ciclo. Além de afetar a produtividade, diferentes alturas de corte causam diferenças significativas na massa média de grãos, no número de panículas por m<sup>2</sup>, na duração do ciclo da soca e falha na brotação (Samson, 1980).

A maioria dos estudos mostra que as maiores respostas foram obtidas com alturas de corte de 20 a 30 cm. Em condições de lavoura, os colmos cortados muito rentes podem permanecer submersos por longo período, especialmente nas áreas com nivelamento imperfeito, causando o seu apodrecimento e impossibilitando a sua brotação (Andrade et al. 1987; Santos, 1987). A operação de colheita manual é facilitada quando o corte é realizado mais alto.

### **Equipamento de colheita**

Santos & Prabhu (2001, 2003) verificaram que a colheita do cultivo principal realizada com colhedoras equipadas com picador de palha propicia, na soca, maior produtividade de grãos e rendimento de grãos inteiros que a sem picador.

O sistema de colheita influencia substancialmente o comportamento da soca, tanto no que se refere à produtividade quanto à qualidade do produto colhido, pois a leira de palha que se forma sobre os colmos remanescentes do cultivo principal dificulta o crescimento dos perfilhos e favorece a ocorrência de doenças. Com isso, o uso do picador de palha é fundamental.

### **MANEJO DA SOCA**

Práticas culturais que promovam uma rápida e uniforme brotação são especialmente importantes. Dentre as empregadas no cultivo da soca, que afetam o comportamento da planta de arroz, destacam-se a fertilização nitrogenada, o manejo de água e os tratos fitossanitários.

### **Fertilização nitrogenada**

Dentre os nutrientes, o N é o elemento que maior resposta tem proporcionado à soca de arroz. Quantidades adequadas de P e de K aplicadas no cultivo principal têm propiciado aumento significativo na



produtividade da soca, mostrando, com isso, que ainda se encontram disponíveis para o crescimento e desenvolvimento da mesma. Entretanto, os efeitos do P e do K no comportamento da soca foram avaliados em um número reduzido de trabalhos, não estando, portanto, suficientemente esclarecidos.

Inúmeros estudos demonstram que a aplicação de N aumenta a produtividade da soca (Evatt, 1958; Cheaney & Neira, 1972; Balasubramanian et al., 1970; Charoendham, 1975; Bahar & De Datta, 1977; Reddy et al., 1979; Samson, 1980; Mengel & Wilson, 1981; Quddus, 1981; Chauhan et al., 1985; Santos & Gadini, 1986; Santos & Stone, 1987; Turner & McIlrath, 1988; Santos, 2001) e que as cultivares diferem em sua resposta. De modo geral, as cultivares com maior capacidade produtiva na soca são mais responsivas ao fertilizante.

A maioria dos trabalhos mostra que a melhor época de aplicação do N na soca é, no máximo, aos 15 dias após a colheita do cultivo principal, pois, assim, obtém-se uma brotação mais rápida e perfilhos mais saudáveis, o que incrementa a produtividade de grãos (Srinivasan & Purushothaman, 1989). O fertilizante nitrogenado aplicado imediatamente após o corte do cultivo principal teve maior influência na produtividade da soca do que quando aplicado antes da colheita do cultivo principal. A disponibilidade desse elemento imediatamente após a remoção da parte aérea das plantas do cultivo principal é importante na utilização das reservas de carboidratos acumuladas na base do colmo e no crescimento da soca (Turner & McIlrath, 1988). O fertilizante aplicado na soca deve ser colocado próximo às fileiras da resteva para rápida absorção e crescimento (Chauhan et al., 1985). O método de aplicação não afetou significativamente o número de falhas no perfilhamento da soca (Samson, 1980). A colocação do N em profundidade apresentou significativamente maior produtividade na soca do que a aplicação a lanço. A maior produtividade de grãos foi associada com plantas da soca mais vigorosas, mais panículas por planta e mais grãos por panícula. Maiores doses de N também aumentaram o vigor da planta, mas, no mesmo nível, houve menos plantas vigorosas com a aplicação a lanço que com a colocação em profundidade (Quddus, 1981).

A resposta da soca ao N depende da dose. Palchamy & Soundrapandian (1988) não observaram comportamento consistente dos diferentes genótipos nos mesmos níveis de N em anos e locais distintos. Evatt & Beachell (1960) e Evatt (1966), em seus estudos sobre requerimento de fertilizante na soca, verificaram que a produtividade foi maior no nível de N correspondente a 75% daquele



aplicado no cultivo principal. Ganguli & Ralwani (1954) obtiveram pequena diferença na produtividade da soca entre as aplicações de 22 e 44 kg ha<sup>-1</sup> de N, mas na testemunha sem N foi registrada uma redução de 25%. Resultados semelhantes foram observados por Cheaney & Neira (1972).

Com 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, a produtividade de grãos da soca dobrou, em comparação à testemunha não fertilizada (Charoendham, 1975; Prakash & Prakash, 1987). Setty et al. (1993) também verificaram aumentos da produtividade de grãos da soca até essa dose.

Nos estudos de Bahar & De Datta (1977), as doses de 60 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicados após a colheita do cultivo principal, aumentaram as produtividades de grãos da soca em 50%, em comparação à ausência desse nutriente, e não diferiram significativamente entre si. Mengel & Wilson (1981) obtiveram resposta linear na produtividade até 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Produções máximas foram registradas por Palchamy & Soundrapandian (1988) e por Turner & McIlrath (1988) com aplicações de 112 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. A produção de matéria seca de palha e de grãos e a produtividade diária na soca foram significativamente maiores na dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> de N do que com 75 kg ha<sup>-1</sup>, nos estudos de Balasubramanian & Ali (1990), na Índia.

Estudos desenvolvidos por Santos & Stone (1987) e Santos (1987) na Embrapa Arroz e Feijão, em Goianira, GO, no ano agrícola 1984/85, demonstraram que as cultivares IR 841 e BR Irga 409 aumentaram a produtividade de grãos em 373 e 507 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, quando se aplicaram 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, imediatamente após a colheita do cultivo principal, enquanto as cultivares Cica 8 e Metica 1 não responderam ao fertilizante. No ano seguinte, os genótipos Cica 8, CNA 3771, RJ 010 e CNA 3879 foram avaliados com relação às aplicações de 0, 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, após o corte do cultivo principal. Embora não tenha havido diferença significativa na produtividade de grãos entre as doses de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, foram observados acréscimos ao redor de 500 kg ha<sup>-1</sup>, em comparação à testemunha. Os índices de infecção nos grãos, causados principalmente por *Drechslera oryzae*, aumentaram com as doses de N, porém não diferiram significativamente.

Com o objetivo de determinar a resposta da soca da linhagem CNA 8502 de arroz irrigado ao N aplicado em épocas distintas, Santos (2001) avaliou quatro doses de N (0; 30; 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup>) e três épocas de aplicação: (1 – todo N logo após o corte das plantas; 2 - todo N aos 25



dias após o corte – DAC; 3 - ½ logo após o corte e ½ 25 DAC). Na época 1, as doses de N tiveram efeito quadrático sobre a produtividade de grãos, sendo o valor máximo 3.518 kg ha<sup>-1</sup> estimado com 56 kg ha<sup>-1</sup> de N.

### Manejo de água

Ainda que apenas cerca de 60 % da água normalmente exigida pelo cultivo principal seja requerida, a água é essencial para o sucesso da soca. Pesquisas conduzidas em diversas regiões do mundo indicam que a produtividade de grãos da soca é influenciada pelo manejo de água e técnicas de colheita do cultivo principal (Chauhan et al., 1985).

O manejo da água, antes e após a colheita do cultivo principal, afeta a capacidade produtiva da soca (Prashar, 1970a, 1970b; Votong, 1975; Bahar & De Datta, 1977; Nadal & Carangal, 1979). Contudo, a disponibilidade de água, *per se*, não garante êxito na soca e a época de inundação é igualmente importante. Alguns pesquisadores têm sugerido que o campo seja drenado, mas mantido úmido por duas semanas ou por, no mínimo, dez dias após a colheita do cultivo principal para promover a brotação. Outros sugerem que a inundação seja feita assim que os perfilhos da soca atingirem 10 a 15 cm de altura. A inundação feita imediatamente após a colheita pode causar apodrecimento dos colmos, impedindo a brotação. É essencial que a irrigação seja efetuada imediatamente após a aplicação de fertilizante.

Os efeitos das épocas de drenagem do cultivo principal e de reinício da irrigação na soca sobre a produtividade de grãos foram avaliados por Votong (1975). Quanto mais cedo a drenagem do cultivo principal foi realizada, maiores foram as produtividades de grãos e de matéria seca de ambos os cultivos, principal e soca, o que foi refletido pelo aumento do número de panículas por m<sup>2</sup> e decréscimo das porcentagens de perfilhos inviáveis e de esterilidade de espiguetas. O aumento do período entre a colheita e o reinício da irrigação teve efeito pouco consistente na produtividade da soca.

Há interação entre época de reinício da inundação e altura de corte. Quando os colmos do cultivo principal foram cortados ao nível do solo, atraso na irrigação de zero para até 16 dias propiciou maior produtividade da soca (Bahar & De Datta, 1977). Com essa altura de corte, houve maior falha no perfilhamento e redução no número de perfilhos viáveis. A porcentagem de falhas foi maior quanto mais próximo da colheita se fez a irrigação. Contudo, quando o corte foi feito a 15 cm



de altura, o tempo de reinício da irrigação não afetou o número de perfilhos e a produtividade de grãos da soca. A irrigação tardia pode resultar em severa competição entre as plantas daninhas e a soca.

Mengel & Wilson (1981) verificaram que a aplicação de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e o reinício da inundação da soca imediatamente após a colheita do cultivo principal resultaram em 68% maior produtividade de grãos da soca do que a inundação tardia, com banhos periódicos, até que os perfilhos da soca atingissem 10 a 15 cm de altura. A inundação mais cedo promoveu o crescimento mais rápido e uniforme dos perfilhos do que a inundação tardia e, em consequência, as plantas da soca apresentaram maior altura e produtividade de grãos. A época de inundação da soca está intimamente associada com a fertilização nitrogenada e a eficiência de uso desse elemento.

Chauhan et al. (1985) mencionam que a combinação apropriada de altura de corte e época de reinício da irrigação deve ser considerada para se ter uma soca produtiva.

O baixo requerimento de água e a maior eficiência de seu uso são relatados como as principais vantagens do cultivo da soca (Prashar, 1970a, 1970b; Santos & Stone, 1987). Em Goianira, GO, Santos & Stone (1987) verificaram que o uso de banhos periódicos durante o desenvolvimento da soca proporcionou uma redução no consumo de água de  $1 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , em comparação ao emprego de lâmina contínua, sem afetar a produtividade. Isso apresenta maior importância nas regiões onde a água de irrigação é bombeada, e tem grande participação no custo de produção do arroz.

Com o objetivo de determinar os efeitos dos períodos de drenagem aos 0, 5, 15, 25, 35 e 45 dias a partir da maturação do cultivo principal, sobre a produtividade da soca, Coale & Jones (1994) obtiveram resposta quadrática, sendo a produtividade máxima estimada com 28 dias. Os autores sugeriram que essa resposta resultou dos efeitos combinados do aumento do estresse hídrico e da disponibilidade de N mineral com o aumento do período de drenagem, expressando alterações no número e na massa de grãos. Para períodos de drenagem inferiores a 28 dias, o efeito benéfico do aumento da disponibilidade do N, resultante da oxidação da matéria orgânica, resultou em menores incrementos na produtividade da soca. Para períodos de drenagem maiores que 28 dias, o impacto detrimental do estresse hídrico prolongado dominou a resposta ao período de reinício da irrigação e à produtividade da soca declinou.



Uma preocupação na colheita do cultivo principal é que o solo esteja seco, de maneira que a colhedora não provoque sulcos no solo e destrua os colmos. Colmos danificados não se recuperam, ou recuperam-se tardiamente, resultando em inferior qualidade industrial de grãos (Bollich & Turner, 1988). Durante a colheita do cultivo principal, embora o solo deva estar seco o suficiente para suportar as máquinas pesadas, se for drenado antes de três semanas após o início da emissão das panículas, pode secar demais, a ponto de suprimir o perfilhamento da soca.

Em várzeas tropicais, Santos et al. (2002b) verificaram que o melhor desempenho da soca é obtido quando a inundação é iniciada nove dias após a colheita do cultivo principal, proporcionando uma economia de água de 14%. Dessa forma, a soca tem potencial para aumentar a produtividade onde o cultivo intensivo de arroz é limitado pela falta de água para irrigação.

### Tratos fitossanitários

Excepcionalmente, a aplicação de fungicidas pode ser necessária para a obtenção de maior produtividade e melhoria da qualidade dos grãos da soca, dependendo da ocorrência de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de doenças. Com o uso de fungicidas obtém-se menor porcentagem de manchas-nos-grãos, causadas especialmente pelo fungo *Dreschlera oryzae*, o que resulta em maior rendimento de grãos inteiros (Santos & Prabhu, 2001, 2003).

A soca, apesar de ser uma das garantias de sobrevivência da praga conhecida como “bicheira da raiz do arroz” na entressafra, aparentemente não se apresenta favorável ao desenvolvimento de populações daninhas de *Oryzophagus oryzae*. Portanto, a necessidade de se fazer o seu controle durante o cultivo da soca mostra-se bastante remota (Santos et al., 2002b).

## REFERÊNCIAS

ALFONSO-MOREL, D.; ALTHOFF, D. A.; DITTRICH, R. C. Densidade de semeadura do arroz irrigado e seu efeito na produção da soca. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997a. p. 169-172.

ALFONSO-MOREL, D.; ALTHOFF, D. A.; DITTRICH, R. C. Soca de arroz irrigado: adubação e épocas de semeadura. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997b. p. 173-176.



- ANDRADE, A. X. A produção de arroz e a influência dos fatores climáticos. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 44, n. 397, p. 3-4, jul./ago. 1991.
- ANDRADE, W. E. de B.; AMORIM NETO, S.; FERNANDES, G. M. B. Efeito de cultivares e alturas de corte na colheita do arroz sobre a produção e qualidade do grão no cultivo da soca. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18., 1989, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1989. p. 168-175.
- ANDRADE, W. E. de B.; AMORIM NETO, S.; FERNANDES, G. M. B.; PEREIRA, R. P.; RIVERO, P. R. Y.; SILVA, V. R. da. Rendimento da soca em função da altura de corte na colheita do arroz. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 115. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).
- ANDRADE, W. E. de B.; AMORIM NETO, S.; OLIVEIRA, A. B. de; FERNANDES, G. M. B. Utilization of rice ratooning by farmers in Rio de Janeiro State, Brazil. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 55-60.
- ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M. E. de; CRUSCIOL, C. A. C.; BUZZETTI, S. Influência da época de semeadura no comportamento da soca de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por aspersão, na região de Selvíria, MS. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1998. v. 1, p. 37-39. (EMBRAPA - CNPAF. Documentos 85).
- BAHAR, F. A.; DE DATTA, S. K. Prospects of increasing tropical rice production through ratooning. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, n. 4, p. 536-540, July/Aug. 1977.
- BALASUBRAMANIAN, R.; ALI, A. M. Effect on variety, nitrogen, and stubble height on ratoon rice yield. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 15, n. 6, p. 7, Dec. 1990.
- BALASUBRAMANIAN, B.; MORACHAN, Y. B.; KALIAPPA, R. Studies on ratooning in rice. I. Growth attributes and yield. **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 57, n. 11, p. 565-570, 1970.
- BOLLICH, C. N.; TURNER, F. T. Commercial ratoon rice production in Texas, USA. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 257-263.
- CHANG, J. H. A climatological analysis of yield difference between the first and second rice crop in Taiwan. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 36, n. 2, p. 113-120, Dec. 1985.
- CHAROENDHAM, P. **Effect of nitrogen level and cutting height on the ratoon yield of RD1 and RD5 rice**. 1975. 100 f. Thesis (Mestrado) – Faculty of Agriculture, University of Sydney, Sydney.
- CHAUHAN, J. S.; VERGARA, B. S.; LOPES, F. S. S. **Rice ratooning**. Los Baños: IRRI, 1985. 19 p. (IRRI Research Paper Series, 102).
- CHEANEY, R. L.; NEIRA, PS. Plantio na soca da variedade CICA 4. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 25, n. 268, p. 51-52, jul./ago. 1972.
- COALE, F. J.; JONES, D. B. Reflood timing for ratoon rice grown on Everglades Histosols. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 3, p. 478-482, My/June 1994.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Balneário Camboriú: EPAGRI, 2003. 126 p.





- COSTA, E. G. de C.; SANTOS, A. B. dos; ZIMMERMANN, F. J. P. Características agronômicas da cultura principal e da soca de arroz irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, p. 15-24, 2000a. Edição Especial.
- COSTA, E. G. de C.; SANTOS, A. B. dos; ZIMMERMANN, F. J. P. Crescimento da cultura principal e da soca de genótipos de arroz irrigado por inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, p. 1949-1958, Out. 2000b.
- CUEVAS-PÉREZ, F. **Inheritance and associations of six agronomic traits and stem-base carbohydrate concentrations on ratooning ability in rice (*Oryza sativa* L.)**. 1980. 102 p. Thesis (Doutorado) – Oregon State University, Oregon.
- CUEVAS-PÉREZ, F. Rice ratooning in the Dominican Republic. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 61-67.
- DARIO, G. J. A. **Desenvolvimento das plantas e viabilidade das soqueiras de três cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em diferentes épocas de semeadura**. 1993. 110 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DARIO, G. J. A. Viabilidade do cultivo de soqueiras de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 159-160.
- DAS, G. R.; AHMED, T. The performance of semidwarf varieties on ratoon crop after summer harvest. **Oryza**, Cuttack, v. 19, n. 3/4, p. 159-161, 1982.
- DE DATTA, S. K.; BERNASOR, P. C. Agronomic principles and practices of rice ratooning. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 163-176.
- EVANS, L. J. C. Ratoon rice. **World Crops**, London, v. 9, n. 6, p. 227-228, 1957.
- EVATT, N. S. High annual yields of rice in Texas through ratoon or double-cropping. **The Rice Journal**, New Orleans, v. 69, n. 12, p. 10-12, 32, 1966.
- EVATT, N. S. Stubble rice productions tests. **The Rice Journal**, New Orleans, v. 61, n. 6, p. 18-19, 1958.
- EVATT, N. S.; BEACHELL, H. M. Ratoon cropping of short season rice varieties in Texas. **International Rice Commission Newsletter**, Roma, v. 9, n. 3, p. 1-4, 1960.
- FAGERIA, N. K. **Adução e nutrição mineral da cultura do arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 341 p.
- FAGERIA, N. K. **Maximizing Crop Yields**. New York: Marcel Dekker, 1992. 274 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Improving nutrient use efficiency of annual crops in Brazilian acid soils for sustainable crop production. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 7/8, p. 1303-1319, 2001.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Yield and yield components of lowland rice as influenced by timing of nitrogen fertilization. **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 1, p. 23-32, 1999.
- FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Efficient crop production**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 547 p.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; BALIGAR, V. C. Phosphorus soil test calibration for lowland rice on an Inceptisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 5, p. 737-742, Sept./Oct. 1997.



FARIA, E. A.; SOARES, P. C. Produção da soca de arroz irrigado em Minas Gerais: situação atual e perspectivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 114, p. 51-55, jun. 1984.

FLINN, J. C.; MERCADO, M. D. Economic perspectives of rice ratooning. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 17-29.

GANGULI, B. D.; RALWANI, L. L. Possibilities of growing ratoon crop of paddy and increasing its yield under irrigated conditions. **Science and Culture**, Calcutta, v. 19, n. 7, p. 350-351, 1954.

GARCIA, R. N. **The effects of growth duration and different levels of high intensity on the ratooning ability of rice**. 1981. 45 f. Thesis (Bacharelado) - University of the Philippines, Los Baños.

HOSSAIN, M. M.; FAROOQ, A. K. M. Ratooning in Bangladesh: prospects and potentials. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 143-149.

ICHII, M. Some factors influencing the growth of rice ratoon. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 41-46.

ICHII, M.; HADA, K. Application of ratoon to a test of agronomic characters in rice breeding. II. The relation between ratoon ability and lodging resistance. **Japanese Journal Breeding**, Tokyo, v. 33, n. 3, p. 251-258, 1983.

ICHII, M.; KUWADA, H. Application of ratoon to a test of agronomic characters in rice breeding. I. Variation in ratoon ability and its relation to agronomic characters of mother plant. **Japanese Journal Breeding**, Tokyo, v. 31, n. 3, p. 273-278, 1981.

ICHII, M.; SUMI, Y. Effect of food reserves on the ratoon growth of rice plant. **Japanese Journal Crop Science**, Tokyo, v. 52, n. 1, p. 15-21, 1983.

JIN, Q.; QIU, B.; LU, R. Zhe 8619, a promising rice with high yields and high ratooning ability in China. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 16, n. 6, p. 15, Dec. 1991.

JONES, D. B. Rice ratoon response to main crop harvest cutting height. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 6, p. 1139-1142, Nov./Dec. 1993.

JONES, D. B.; SNYDER, G. H. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of ratoon rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 4, p. 627-629, July/Aug. 1987.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill, 1960. 642 p.

KRISHNAMURTHY, K. Rice ratooning as an alternative to double cropping in tropical Asia. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 3-15.

LOBATO, E. J. V.; SILVA, S. C. da. **Parâmetros meteorológicos, fenologia e produtividade do arroz de sequeiro sob condições de cerrado**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 11 p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 30).

MACKILL, D. J.; LEI, X. Genetic variation for traits to temperat adaptation of rice cultivars. **Crop Science**, Madson, v. 37, n. 4, p. 1340-1346, July/Aug. 1997.

MAHADEVAPPA, M. Rice ratooning practices in India. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 69-78.



MAHADEVAPPA, M.; YOGESHHA, H. S. Rice ratooning: breeding, agronomic practices, and seed production potentials. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 177-185.

MARTINS, A. A. E.; GHEYI, H. R.; FAGERIA, N. K. Efeito da temperatura no crescimento, componentes da produção e rendimento do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 42-46, jan./abr. 1981.

MENGEL, D. B.; WILSON, F. E. Water management and nitrogen fertilization of ratoon crop rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 6, p. 1008-1010, Nov./Dec. 1981.

MORAIS, O. P. de; ANTUNES, F.Z.; SOARES, P. C. Exigências climáticas da cultura do arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 55, p. 16-19, jul. 1979.

MOTA, F. S. da. Influência da radiação solar e do “frio” no período reprodutivo sobre o rendimento do arroz irrigado em Pelotas e Capão do Leão. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 413, p. 22-23, mar./abr. 1995.

NADAL, A. M.; CARANGAL, V. R. Performance of the main and ratoon crops of thirteen advanced rice selections under dry-seeded rainfed bunded conditions. **Philippines Journal Crop Science**, Manila, v. 4, n. 2/3, p. 95-101, 1979.

NAGARAJA, A.; MAHADEVAPPA, M. Quality of main and ratoon crop seeds of rice. **Oryza**, Cuttack, v. 23, n. 2, p. 118-122, 1986.

OLIVEIRA, A. B. de; AMORIM NETO, S. **Produção da soca de cultivares de arroz em diferentes épocas de semeadura, nas condições do Norte-Fluminense**. Campos: PESAGRO-RIO, 1979. 3 p. (PESAGRO-RIO. Comunicado Técnico, 31).

ORSI, E. W. de L.; GODOY, O. P. Arroz: ensaio fatorial variedade x espaçamento x densidade. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 223-224, set. 1963. Ref. I-29. Edição de Resumos da XV Reunião Anual da SBPC, Campinas, SP, jul. 1963.

ORSI, E. W. de L.; GODOY, O. P. Arroz: ensaio fatorial variedade x espaçamento x densidade. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 24, p. 45-55, 1967.

PALCHAMY, A.; SOUNDRAPANDIAN, G. Status of and potential for rice ratoon cropping in Tamil Nadu. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 111-117.

PEDROSO, B. A.; SOUZA, P. R. Cultivo de soca de oito variedades de arroz, em duas densidades. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DE ARROZ, 4., 1974, Pelotas. **Anais...** Pelotas: IPEAS, 1974. p. 48-50.

PLUCKNETT, D. L.; EVERSON, J. P.; SANFORD, W. G. Ratoon cropping. **Advances in Agronomy**, New York, v. 22, p. 285-330, 1970.

PRAKASH, K. S.; PRAKASH, B. G. Effect of nitrogen source and insect control on growth of a ratoon crop. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 12, n. 3, p. 41-42, June 1987.

PRAKASH, K. S.; PRAKASH, B. G. Screening rice genotypes for ratooning ability in the Tungabhadra River Project of Karnataka. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 265-269.

PRASHAR, C. R. K. Paddy ratoons. **World Crops**, London, v. 22, n. 3, p. 145-147, 1970a.



PRASHAR, C. R. K. Some factors governing rice ratoon yield. **Plant and Soil**, The Hague, v. 32, n. 2, p. 540-541, Apr. 1970b.

PREVISÃO e acompanhamento da safra 2002/2003: quinto levantamento junho/2003. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/safra20022003Lev05.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2003.

QUDDUS, M. A. **Effect of several growth regulators, shading and cultural management practices on rice ratooning**. 1981. 100 f. Thesis (Mestrado). University of the Philippines, Los Baños.

QUDDUS, M. A.; PENDLETON, J. W. Effect of deep placement off nitrogen fertilizer on ratoon rice. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 8, n. 4, p. 22-23, Aug. 1983.

RAMOS, M. G. Cultivo intensivo de arroz irrigado em algumas regiões de Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 6, p. 883-888, jun. 1982.

RAMOS, M. G.; DITTRICH, R. C. Efeito da altura de corte na colheita do arroz sobre o rendimento do cultivo da soca. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 11., 1981, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UEPAE de Pelotas, 1981. p. 137-140.

REDDY, T. G.; MAHADEVAPPA, M. Rice ratoon crop management in the hilly region of Karnataka. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 87-95.

REDDY, T. G.; MAHADEVAPPA, M.; KULKARNI, N. R. Rice ratoon crop management in hilly regions of Karnataka, India. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 4, n. 6, p. 22-23, 1979.

ROSAMMA, C. A.; KARUNAKARAN, K.; CHANDRIKA, P.; NAIR, N. R. Weight and germination of main and ratoon crop seeds. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 13, n. 4, p. 4, Aug. 1988.

SAMSON, B. T. **Rice ratooning**: effects of varietal type and same cultural management practices. 1980. 116 f. Thesis (Mestrado) - University of the Philippines, Los Baños.

SANTOS, A. B. de. Aproveitamento da soca. In: VIEIRA, N. R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 463-492.

SANTOS, A. B. dos. **Cultivo da soca de arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 40).

SANTOS, A. B. dos. **Fatores que afetam a produtividade da soca de arroz irrigado**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura, 1987. 35 p.

SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos A. Comportamento de linhagens de arroz irrigado no aproveitamento da soca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 75. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).

SANTOS, A. B. dos; GADINI, F. Aproveitamento da soca de arroz irrigado. **Agricultura Irrigada**, Brasília, DF, v. 5, n. 49, p. 3-4, abr. 1986.

SANTOS, A. B. dos; LOBATO, E.J.V. Exigências bioclimáticas da cultura principal e da soca de arroz irrigado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. p. 132. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 62).



SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S. Efeitos de sistemas de colheita e de aplicação de fungicidas no comportamento da soca do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 572-576, set./dez. 2003.

SANTOS, A. B. dos; PRABHU, A. S. Sistema de colheita e fungicida na produtividade e na qualidade de grãos da soca de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 266-268.

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F. Influência da fertilização nitrogenada e do manejo de água no aproveitamento da soca de arroz irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia, GO. **Resumos...** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1987. p. 105. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 19).

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; PRABHU, A. S. Rice ratooning management practices for higher yields. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 5/6, p. 881-918, May/June 2003.

SANTOS, A. B. dos; FERREIRA, E.; FAGERIA, N. K.; BARRIGOSI, J. A. F.; FREITAS, V. M. de. Manejo de nitrogênio em arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002a. p. 565-568. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

SANTOS, A. B. dos; FERREIRA, E.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da; RAMOS, C. G. Manejo de água no comportamento da cultura principal e da soca de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 10, p. 1413-1420, Out. 2002b.

SANTOS, A. L. C. dos; BARROS, L. C. G.; LIMA, A. P. de. Cultivo da soca de arroz irrigado: uma alternativa para aumento da rentabilidade da rizicultura do Baixo São Francisco. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002c. p. 331-332. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

SANTOS, A. B. dos; ZIMMERMANN, F. J. P.; SANTOS, C.; RAMOS, C. G. Influência de época de colheita e de altura de corte no aproveitamento da soca de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 23, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 280-281.

SANTOS, A. B. dos; SANTOS, C.; RAMOS, C. G. Avaliação de genótipos de arroz irrigado para o aproveitamento da soca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**: resumos expandidos. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. p. 147-149. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 85).

SANTOS, A. B. dos; CUTRIM, V. dos A.; CASTRO, E. da M. de. Comportamento de linhagens de arroz irrigado no aproveitamento da soca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 6, p. 673-675, jun. 1986.

SARAN, A. B.; PRASAD, M. Ratooning in paddy. **Current Science**, Bangalore, v. 21, n. 8, p. 223-224, 1952.

SCHIOCCHET, M. A. Efeito de época de semeadura na produção de grãos da soca do arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 172-174.



- SETTY, T. K. P.; PARAMESHWAR, N. S.; MAHADEVAPPA, M. Response of Mukthi (CTH1) ratoon to nutrition in coastal Karnataka, India. **International Rice Research Notes**, Manila, v. 18, n. 1, p. 42-43, Mar. 1993.
- SHAHI, B. B.; RAHARINIRIAN, J. Potential of rice ratooning in Madagascar. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 129-134.
- SOUZA, A. Análise agroclimática de três cultivares de arroz para Dourados-MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8., 1993, Porto Alegre. **Resumos...** Santa Maria: SBA, 1993. p. 176.
- SOUZA, A.; COSTA, J. M. N. da. Temperatura base para cálculo de graus-dias para cultivares de arroz no triângulo mineiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 45, n. 400, p. 24-25, jan./fev. 1992.
- SRINIVASAN, K.; PURUSHOTHAMAN, S. Effect of N application timing on ratoon rice. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 14, n. 6, p. 16, Dec. 1989.
- SRINIVASAN, K.; PURUSHOTHAMAN, S. Effect of plant spacing on ratoon rice performance. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 15, n. 4, p. 21, Aug. 1990.
- SUN, X.; ZHANG, J.; LIANG, Y. Ratooning with rice hybrids. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 155-161.
- SZOKOLAY, G. Ratooning of rice in the Swaziland irrigation scheme. **World Crops**, London, v. 8, n. 2, p. 71-73, 1956.
- TERRES, A. L.; GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 83-94.
- THOMPSON, L. M. Weather variability, climatic change and grain production. **Science**, Washington, v. 188, n. 4188, p. 535-541, May 1975.
- TURNER, F. T.; McLLRATH, W. O. N fertilizer management for maximum ratoon crop yields. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 187-194.
- UCHOA, B. F.; BRANDÃO, R. C. **Estudo preliminar da soca em genótipos de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) nas condições do submédio São Francisco**. Recife: IPA, 1991. 3 p. (IPA. Comunicado Técnico, 42).
- VENKATESWARLU, B. Vulnerability of rice to climate. In: IRRI. **Climate and food security**. Los Baños, 1989. p. 115-121.
- VERGARA, B. S.; LOPEZ, F.S.S.; CHAUHAN, J.S. Morphology and physiology of ratoon rice. In: IRRI (Los Baños, Philippines). **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p.31-40.
- VOTONG, V. **The effect of time of drainage and time of rewatering on the yield of ratoon rice**. 1975. 98 f. Thesis (Mestrado). - University of Sydney, Sydney.
- WEBB, B. D.; BOLLICH, C. N.; SCOTT, J. E. **Comparative quality characteristics of rice from first and ratoon crops**. [S.l.]: Texas Agricultural Experiment Station, 1975. 12 p. (Progress Report, 3324).
- WELLS, B. R.; FAW, W. F. Short-statured rice response to seeding and N rates. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 3, p. 477-480, May/June 1978.



XIONG, H.; FANG, W.; TAN, Z. B. Effects of number of axillary buds and main crop cutting time on ratoon crop yield. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 16, n. 1, p. 19, Feb. 1991.

XIONG, H.; FANG, W.; YU, J. Ecological conditions for auxiliary bud sprouting of ratooning rice. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 15, n. 1, p. 26, Feb. 1990.

XU, X. B.; ZHANG, J. G.; JIANG, J. X. Ratooning in China. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 79-85.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.

ZHANG, J. G. Hybrid rice ratoon exploited in Sichuan, China. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 16, n. 5, p. 27-28, Oct. 1991.

ZITONG, G. Acid rice growing soils of tropical and subtropical China. In: DETURCK P.; PONNAMPERUMA F. N. (Ed.). **Rice production on acid soils of the tropics**. Kandy: Institute of Fundamental Studies, 1991. p. 9-15.



# Produção de Sementes

*Edson Herculano Neves Vieira; Takazi Ishiy; Ronal dir Knoblauch*

**RESUMO** - Este capítulo reúne informações e recomendações referentes à produção de sementes de arroz nos ecossistemas terras altas e várzeas. São descritos procedimentos para a escolha das regiões e das áreas mais adequadas à produção, bem como cuidados na implantação e na condução de lavouras destinadas à semente. As práticas de controle de qualidade, controle de plantas daninhas e eliminação de plantas atípicas são amplamente comentadas. O arroz-vermelho é discutido com base nos dados de pesquisas nos principais estados produtores. Os métodos de inspeção das lavouras e as respectivas fases de execução das inspeções são descritas. Aspectos referentes à escolha de cultivares, descrição e conceituação das classes de sementes, bem como cuidados com a limpeza dos equipamentos, sistemas de multiplicação de sementes de arroz irrigado e de terras altas são também abordados. A legislação atual de sementes é apresentada e comentada, bem como as normas de produção e tabelas com os fatores de tolerância de lavouras e laboratório.

## INTRODUÇÃO

A semente, do ponto de vista agrônomo, é o insumo que dá origem a um novo plantio e da qual, em função de suas características e da maneira como é utilizada, dependem os resultados da nova safra. As características de qualidade da semente abrangem seus atributos fisiológicos, genéticos e físicos. Os atributos fisiológicos são condicionados pelo vigor e pela capacidade germinativa. Os caracteres genéticos determinam o potencial produtivo das cultivares, a qualidade do produto, o nível de resistência a doenças e pragas e a reação da cultura aos estresses ambientais. Os atributos físicos estão relacionados à presença de contaminantes, como restos culturais, partículas de solo, sementes de plantas daninhas, misturas varietais, etc.

No processo de desenvolvimento de cultivares, as linhagens selecionadas caracterizam-se pelo elevado potencial genético, o qual encerra o produto do esforço da pesquisa por meio dos resultados de ensaios experimentais comparativos. Nesses ensaios, busca-se a identificação de genótipos que demonstrem superioridade em relação à sua resposta a estresses bióticos e abióticos, à produtividade e capacidade de adaptação ao sistema de cultivo a que se destinam, culminando com o lançamento de uma nova cultivar. A partir de então, para que o potencial dessa cultivar possa ser expresso nos campos





de produção, é condição básica a utilização de sementes de reconhecido nível de pureza varietal. Contudo, a preservação da identidade varietal e a manutenção dos atributos de qualidade durante multiplicações sucessivas não são tarefas de fácil execução.

## PADRÕES PARA PRODUÇÃO DE SEMENTES

Lavouras para produção de sementes são conduzidas de forma semelhante àquelas para produção de grãos, diferindo, no entanto, em determinados aspectos técnicos e legais, requerendo a adoção de medidas específicas para assegurar um bom nível de controle de qualidade (Tabelas 20.1e 20.2).

**Tabela 20.1.** Padrões de campo para produção de sementes de arroz no Brasil.

Parâmetros Categoria	Padrões			
	Básica	C1 <sup>(1)</sup>	C2 <sup>(2)</sup>	S1 <sup>(3)</sup> e S2 <sup>(4)</sup>
Rotação (Ciclo agrícola) <sup>(5)</sup>	2	2	2	2
Isolamento (metros):				
- Plantio em linha	3	3	3	3
- Plantio a lança	15	15	15	15
Plantas atípicas (nº máximo) <sup>(6)</sup>	1/2.000	1/1.000	1/1.000	1/500
Outras espécies cultivadas <sup>(7)</sup>	-			
Plantas de espécies nocivas:				
- Arroz-vermelho	zero	zero	1/10.000	1/5.000
- Arroz-preto	zero	zero	zero	zero
Pragas <sup>(8)</sup>				
Número mínimo de vistorias <sup>(9)</sup>	2	2	2	2
Área máxima da gleba para vistoria (ha):				
- Irrigado	30	30	30	30
- Sequeiro	50	50	50	100

<sup>(1)</sup> Semente certificada de primeira geração

<sup>(2)</sup> semente certificada de segunda geração

<sup>(3)</sup> Semente de primeira geração

<sup>(4)</sup> Semente de segunda geração

<sup>(5)</sup> Pode-se repetir o plantio no ciclo seguinte, quando se trata da mesma cultivar. No caso de mudança de cultivar na mesma área, devem-se empregar técnicas que eliminem totalmente as plantas voluntárias ou remanescentes do ciclo anterior.

<sup>(6)</sup> Número máximo permitido de plantas, da mesma espécie, que apresentem quaisquer características que não coincidam com os descritores da cultivar.

<sup>(7)</sup> É obrigatória a eliminação de plantas de outras espécies cultivadas no campo de produção de sementes.

<sup>(8)</sup> Controlar as pragas, brusone (*Pyricularia grisea*), mancha-parda (*Bipolaris oryzae*) e outras doenças, mantendo-as em níveis de intensidade que não comprometam a produção e a qualidade das sementes.

<sup>(9)</sup> As vistorias obrigatórias deverão ser realizadas pelo responsável técnico do produtor ou do certificador, nas fases de floração e de pré-colheita.

Fonte: Brasil (2004).



**Tabela 20.2.** Padrões de semente de arroz no Brasil.

Parâmetros	Padrões			
	Básica	C1 <sup>(1)</sup>	C2 <sup>(2)</sup>	S1 <sup>(3)</sup> eS2 <sup>(4)</sup>
<b>Pureza:</b>				
- % mínima de semente pura	99	99	99	99
- Material inerte (%) <sup>(5)</sup>	-	-	-	-
- Outras sementes (% máxima)	0,05	0,05	0,1	0,1
<b>Determinação de outras sementes/ n° (n° máximo):</b>				
- Outra espécie cultivada <sup>(6)</sup>	1	1	1	1
- Semente silvestre <sup>(6)</sup>	1	1	2	2
- Semente nociva tolerada <sup>(7)</sup>				
Arroz-vermelho	zero	zero	1	2
Outras	zero	1	1	2
- Semente nociva proibida <sup>(7)</sup>	zero	zero	zero	zero
<b>Germinação (% mínima)</b>	80 <sup>(8)</sup>	80	80	80
<b>Pragas<sup>(9)</sup></b>	-			
<b>Validade do teste de germinação (máxima em meses)<sup>(10)</sup></b>	10	10	10	10
<b>Validade da reanálise do teste de germinação (máxima em meses)<sup>(10)</sup></b>	8	8	8	8
<b>Prazo máximo para solicitação de inscrição de campos (dias após o plantio)</b>	30	30	30	30

<sup>(1)</sup> Semente certificada de primeira geração

<sup>(2)</sup> semente certificada de segunda geração

<sup>(3)</sup> Semente de primeira geração

<sup>(4)</sup> Semente de segunda geração

<sup>(5)</sup> Relatar o percentual encontrado e a sua composição no Boletim de Análises de sementes.

<sup>(6)</sup> Esta determinação de Outras Sementes por Número em teste reduzido será realizada em conjunto com a análise de pureza.

<sup>(7)</sup> Esta determinação será realizada em complementação ao teste de pureza, observada a relação de sementes nocivas vigentes.

<sup>(8)</sup> A comercialização de semente básica poderá ser realizada com germinação até 10 pontos percentuais abaixo do padrão, desde de que efetuada diretamente entre o produtor e o usuário e com o consentimento formal deste.

<sup>(9)</sup> Observar a lista de pragas quarentenárias A1 e A2 vigente no País

<sup>(10)</sup> Excluído o mês e que o teste de germinação foi concluído.

Fonte: Brasil (2004).

## ESCOLHA DA REGIÃO

Na caracterização de uma determinada região para produção de sementes, o clima é o fator mais importante a ser observado, pois influencia diretamente na produtividade e na qualidade da semente (Nakagawa, 1986), vindo, em seguida, a época de semeadura.



Para a produção de sementes de arroz irrigado os fatores climáticos mais importantes a serem considerados na seleção da região são a luminosidade, a temperatura, a precipitação pluvial e a umidade relativa do ar. Baixa luminosidade, variações bruscas na temperatura, excessiva precipitação pluvial e elevada umidade relativa são desfavoráveis à obtenção de altas produtividades e boa qualidade de grãos ou sementes e altamente favoráveis à incidência de doenças. As doenças, além dos graves prejuízos que causam à produtividade e à qualidade, podem ser transmitidas pelas sementes (Prabhu & Bedendo, 1990; Faiad et al., 1993), como é o caso da brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea*, que é a doença mais importante da cultura tanto no ecossistema de terras altas como no de várzeas.

O cultivo em terras altas, quando não complementado com irrigação, é extremamente dependente do regime pluvial e a ocorrência de estiagens (veranicos) durante a estação chuvosa constitui o problema mais sério para a exploração da cultura (Embrapa, 1992). Dessa forma, na definição das regiões mais apropriadas para produção de sementes nesse ecossistema, devem ser levadas em consideração as recomendações contidas no zoneamento agroclimático onde as regiões são caracterizadas em função do risco climático, como também são feitas recomendações sobre a melhor época de plantio. Assim, é possível selecionar as épocas mais apropriadas para a semeadura do arroz e identificar as localidades analisadas como favorecidas, desfavorecidas ou altamente desfavorecidas (Steinmetz et al., 1988; Meireles et al., 1995; Silva et al., 1995).

## ESCOLHA DA ÁREA

Na definição da área para produção de sementes de arroz no ecossistema várzeas, deve-se considerar o seu histórico no que se refere às cultivares utilizadas anteriormente, ao período de pousio e à infestação com plantas daninhas.

Dependendo do sistema de semeadura adotado, determinadas áreas podem tornar-se inviáveis para produção de sementes (Tecnologia..., 2005). O arroz-vermelho e o arroz preto, conhecidos comumente por arroz daninho, são mais rústicos e competitivos que o arroz cultivado, degranam naturalmente e suas sementes apresentam dormência prolongada, permanecendo viáveis no solo por vários anos. Ademais, por serem da mesma espécie do arroz cultivado, são de



difícil erradicação através dos meios convencionais de controle, tanto na lavoura como durante o beneficiamento. Por isso, áreas muito infestadas por arroz daninho devem ser evitadas quando a semeadura for feita em solo seco, com subsequente inundação. Para o aproveitamento dessas áreas para produção de sementes, recomenda-se o plantio com sementes pré-germinadas, ou o transplântio de mudas, aliado a práticas de controle de plantas daninhas. Igualmente importante é o conhecimento das variedades cultivadas anteriormente na área em questão para prevenir o risco de contaminação varietal pela ocorrência de plantas voluntárias na lavoura.

A rotação de culturas e o pousio devem ser considerados como medidas auxiliares para controlar as plantas daninhas ou para prevenir misturas varietais. Amaral & Bicca (1986), estudando a relação entre tempo de pousio e a contaminação, verificaram que em semeaduras realizadas em área mantida sem cultivo por três anos, a quantidade de contaminantes era tão elevada para algumas cultivares a ponto de inviabilizar o campo para produção de sementes, embora verificassem redução nos índices de contaminação de um ano para o outro.

Outro aspecto a ser considerado é a localização dos campos em locais com baixo risco de ocorrência de enchentes. Adicionalmente, deve-se levar em consideração a disponibilidade e qualidade da água de irrigação, a existência de fonte de energia tanto para a irrigação como para o processamento das sementes, bem como as condições de acesso à propriedade.

No ecossistema terras altas, a lavoura para produção de sementes de arroz deve ser estabelecida, preferencialmente, em terras novas. No entanto, isso não é imprescindível, desde que a área se apresente livre da contaminação por cultivares precedentes ou por plantas daninhas, especialmente aquelas previstas nas normas estaduais de sementes como proibidas, ou aceitas com restrições, dentro dos limites de tolerância.

A rotação de culturas e o pousio são recomendados para um melhor controle de qualidade e maior produtividade da lavoura. Culturas como a soja e o milho produzem melhor quando sucedem o arroz de terras altas em rotação anual (Seguy & Bouzinac, 1992). Este, por sua vez, é igualmente beneficiado, protegendo-se dos decréscimos de produtividade devido ao monocultivo contínuo. A literatura indica reduções de 50% até 81% na produtividade, no terceiro ano de monocultura contínua (Seguy et al., 1989; Stone & Pereira, 1994),



provavelmente devido à concentração de inibidores de crescimento produzidos pelo próprio arroz (Ruschel et al., 1993). O papel do arroz em sistemas de rotação de culturas é discutido no Capítulo 5 deste livro.

Nas regiões tradicionalmente produtoras de arroz de terras altas, o arroz-vermelho era inexistente ou de ocorrência muito baixa. Atualmente, tem sido observado um nível expressivo de ocorrência dessa invasora em algumas lavouras de produção de semente básica. Nesses casos, as sementes utilizadas para plantio são oriundas de áreas irrigadas.

Além desses fatores, deve-se ter em mente a localização da lavoura em áreas de fácil acesso, irrigação suplementar e fonte de energia para as operações de secagem e processamento.

## **ESCOLHA DA CULTIVAR**

A escolha de cultivares deve ser norteada pelas indicações da pesquisa e pelas características do mercado. Embora seja grande o número de cultivares recomendadas para determinada região produtora, nem todas são igualmente utilizadas, havendo quase sempre a predominância de algumas preferenciais. Por exemplo, as cultivares recém-lançadas tendem a substituir as mais antigas. Há, portanto, necessidade de uma programação criteriosa no sentido de atender adequadamente à demanda dos agricultores em termos de qualidade e quantidade. Para isso, torna-se importante o intercâmbio entre os órgãos que participam de programas de criação e lançamento de cultivares, companhias produtoras de sementes e mercado.

A pureza física e a pureza genética são fundamentais para a manutenção da qualidade e a transferência de características de uma geração para outra (Andreoli, 1992). São parâmetros importantes tanto no controle de qualidade pós-colheita, em laboratório (Tabelas 20.1 e 20.2), como por ocasião das inspeções de campo, quando se comparam as características morfo-agronômicas das plantas em desenvolvimento com os descritores da cultivar (Muñoz, 1993).

A descrição botânica e agronômica das cultivares é um instrumento indispensável na inspeção dos campos de produção, no laboratório de controle de qualidade e na indústria de sementes como um todo. Produtividade, qualidade e mercado são fatores importantes na escolha da cultivar, que deve estar em consonância com os anseios do produtor, do industrial e do consumidor.



## CATEGORIAS DE SEMENTES

A semente produzida no Brasil é classificada em quatro categorias: genética; básica; certificada (C1 e C2) e semente sem origem comprovada (S1 e S2). Com exceção da semente genética, as demais classes são obtidas pela multiplicação da classe precedente.

A Lei Federal nº 6.507, de 19/12/77, publicada no Diário Oficial da União e regulamentada pelo Decreto nº 81.771, de 07/06/78, instituiu a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de sementes, objetivando garantir a qualidade da produção e regulamentar a comercialização do produto dentro de padrões oficiais, cabendo ao Ministério da Agricultura a sua implementação. Mais recentemente, uma nova lei foi aprovada pelo Congresso Nacional. Essa lei, de número 10711, de 5 de Agosto de 2003, regulamentada pelo Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004 (Brasil, 2004), alterou a lei anterior em muitos aspectos, principalmente nas categorias de semente, que são as seguintes: semente genética, semente básica, semente certificada de primeira geração, semente certificada de segunda geração, semente sem origem comprovada primeira geração e semente sem origem comprovada de segunda geração. Estas duas últimas categorias não sofrem o processo de certificação. Criou-se também, nesta Lei a semente para uso próprio e também considera sementes de cultivares locais, tradicionais ou crioulas. Descrevemos abaixo as novas categorias de sementes.

Pela nova lei, cabe aos estados e ao Distrito Federal elaborar normas e procedimentos complementares relativos à produção de sementes e mudas, bem como exercer a fiscalização do comércio estadual.

### **Semente genética**

Obtida a partir de processo de melhoramento de plantas, sob a responsabilidade e controle direto de seu obtentor ou introdutor, mantidas as suas características de identidade e de pureza.

Para essa categoria de semente não são previstos padrões de tolerância de campo ou de laboratório, como os previstos para as demais categorias. Os sistemas de multiplicação de arroz de terras altas e irrigado diferem um pouco quanto aos procedimentos utilizados para a produção de semente genética.



No sistema irrigado, um dos métodos freqüentemente utilizados é a multiplicação de panículas por linha. Para tal, são selecionadas panículas representativas do genótipo em questão, semeadas em linhas individuais, com espaçamento de 5 a 10 cm entre sementes e 30 a 40 cm entre as linhas. Linhas apresentando plantas atípicas são eliminadas, efetuando-se a colheita conjunta das linhas homogêneas. Para maior segurança na manutenção da pureza varietal, recomenda-se utilizar áreas novas, em rotação com outras culturas ou deixadas em pousio por no mínimo três anos.

Outro sistema utilizado é o transplante manual de mudas. Neste caso, as mudas são obtidas a partir de panículas selecionadas e transplantadas individualmente. Este sistema, descrito em detalhes no capítulo 13 pode utilizar o método de plantio de linhas de mudas por panículas individuais ou por mudas provenientes da mistura de sementes das panículas selecionadas. A área deve ser preparada de forma idêntica à usada para a semeadura de sementes pré-germinadas. O transplante é realizado na lama e, dois dias após, a área é inundada com uma lâmina de água de aproximadamente 3 cm, que deve ser gradativamente elevada até aproximadamente 10 cm, acompanhando o desenvolvimento das plantas. A inspeção da área deve ser constante, para eliminação de toda e qualquer planta atípica. Em ambos os sistemas, deve ser observada uma distância entre genótipos de, no mínimo, 3 m, devendo-se eliminar as duas linhas externas e as duas plantas das cabeceiras de cada linha.

No caso do arroz de terras altas, particularmente no final da década de 70, quando o avanço da agricultura nos cerrados carecia de sementes de qualidade controlada, a obtenção de semente genética através da multiplicação de panículas por linha foi bastante utilizado. Naquela época, a Embrapa ainda não havia desenvolvido suas próprias variedades para esse sistema de cultivo. A semente básica era produzida a partir de estoques de sementes de origem genética desconhecida para atendimento da demanda dos produtores de arroz, cujo cultivo se expandia no Brasil Central.

Com o lançamento das cultivares da Embrapa, no início da década de 80, os incrementos de semente genética passaram a ser feitos, procurando-se conseguir o máximo de produção com o mínimo possível de gerações de campo, para diminuir os riscos de contaminação. Dessa forma, atualmente, produz-se semente genética em volume bem mais elevado do que há alguns anos, sendo mais econômico e mais seguro obter-se uma quantidade maior de



sementes em poucas gerações do que multiplicar pequenas quantidades um maior número de vezes.

### **Semente básica**

A semente básica resulta da reprodução da semente genética. É usualmente produzida sob a responsabilidade da entidade de pesquisa que lançou a cultivar ou por pessoa física, ou jurídica, por ela credenciada. Alguns Estados estabelecem um número máximo de gerações de campo a partir de um mesmo lote de semente genética. Esta classe de semente tem como objetivo principal o abastecimento dos produtores de sementes e a manutenção de estoques das cultivares lançadas e recomendadas pela pesquisa.

Os campos de sementes básicas são inscritos junto às Entidades Certificadoras e inspecionados de acordo com as normas e padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. As inspeções de campo devem ser realizadas por engenheiros agrônomos devidamente treinados.

### **Semente certificada de primeira geração**

É a categoria de semente comercial, obtida através da multiplicação da semente básica ou da semente genética. Dentre as quatro categorias de sementes comerciais, esta é a que está sujeita a maior rigor nos padrões de campo e laboratório.

### **Semente certificada de segunda geração**

É a categoria de semente resultante da reprodução da semente genética, de semente básica ou de semente certificada de primeira geração.

### **Semente sem origem comprovada**

É a categoria de semente resultante da categoria certificada de segunda geração ou de qualquer outra categoria superior, nesse caso, de lotes rebaixados em nível de laboratório.

### **Semente para uso próprio**

É a quantidade de material de reprodução vegetal guardada pelo agricultor, a cada safra, para semeadura ou plantio exclusivamente na safra seguinte.





## **Cultivar local, tradicional ou crioula**

É a variedade desenvolvida, adaptada ou produzida por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígenas, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas pelas respectivas comunidades e que, a critério do MAPA, considerados também os descritores socioculturais e ambientais, não se caracterizem como substancialmente semelhantes às cultivares comerciais.

## **COLHEITA**

A colheita do arroz para semente é semelhante à colheita de grãos para consumo. No entanto, por ser a produção de sementes uma atividade especializada, a colheita também deve ser tratada de maneira mais criteriosa (Toledo & Marcos Filho, 1977). Após a floração, à medida que avança o processo de enchimento dos grãos, a massa seca da semente aumenta gradualmente até atingir um valor máximo, considerado o ponto de maturação fisiológica. A maturação fisiológica da semente ocorre entre 30 e 35 dias após a floração e coincide com o máximo potencial de vigor e poder germinativo (Vieira et al., 1982), mas ainda não é considerada como a fase ideal para a colheita. A semente ainda se encontra com elevado teor de umidade, diminuindo a eficiência do processo de colheita e exigindo maior tempo de secagem. Torna-se necessário, portanto, aguardar até que o teor de umidade da semente decresça até atingir entre 18 e 23%. Nesta fase, conhecida como de maturação de colheita, as panículas apresentam 2/3 dos grãos já maduros e a colheita pode ser efetuada sem prejuízos sobre a qualidade e a produtividade da lavoura (Pedroso, 1978; Fonseca & Silva, 1997).

Da mesma forma que a colheita precoce, o seu retardamento também é prejudicial, tanto em termos qualitativos como quantitativos. Colheita retardada significa armazenamento das sementes no campo sob condições desfavoráveis à manutenção da qualidade. O arroz que permanece no campo após a maturação de colheita está sujeito a oscilações de temperatura, de umidade e ao ataque de patógenos, insetos e animais predadores, com conseqüências danosas à produtividade e qualidade fisiológica das sementes.

## **Limpeza de Máquinas e Equipamentos**

Uma das práticas mais importantes na produção de sementes é a limpeza de máquinas e equipamentos, seja durante a fase de campo ou após a colheita. Na fase de campo, as principais fontes de



contaminação estão nos equipamentos utilizados no preparo do solo, no plantio e na colheita. Todo o maquinário utilizado deve ser rigorosamente limpo antes do início dessas operações e sempre que houver mudança de cultivar. A possibilidade de ocorrência de misturas varietais aumenta tanto quanto maior for o número de cultivares trabalhadas. Na colheita, além da limpeza minuciosa dos equipamentos, é recomendável que sejam também descartados os primeiros sacos colhidos, sempre que que começar a colheita de uma nova cultivar.

## **SISTEMA DE MULTIPLICAÇÃO DE SEMENTE POR TRANSPLANTE**

Esse sistema de plantio vem sendo utilizado para a produção de sementes de arroz irrigado e é especialmente recomendado para regiões onde não há disponibilidade de áreas novas para produção de sementes, ou onde as áreas em uso encontram-se infestadas por arroz daninho e plantas voluntárias.

### **Infraestrutura, máquinas e materiais**

1) Viveiro de mudas: deve ser estabelecido em um local nivelado, com facilidade de irrigação por inundação, em solo de boa drenagem e protegido do ataque de aves e outros animais.

2) Caixa de mudas: as caixas para produção das mudas podem ser de madeira ou de plástico, medindo 60 cm x 30 cm x 4 cm. São necessárias cerca de 120 caixas ha<sup>-1</sup>, com reutilização a cada 15 - 20 dias.

3) Esteira para semeadura: é o equipamento que facilita o manuseio das caixas e permite a semeadura uniforme. Consta de um depósito para as sementes pré-germinadas e dois depósitos para solo, interligados por uma esteira e um conjunto de correias que movimentam a esteira e acionam os mecanismos dos depósitos. As caixas vazias são colocadas sobre a esteira, movimentada por manivela ou motor. Ao passarem sob o primeiro depósito, as caixas recebem uma camada de 2,5 cm de solo e, em seguida, recebem uma camada de sementes do segundo depósito, sendo então recobertas por uma camada adicional de 1 cm de solo, ao passarem pelo terceiro depósito. Com acionamento manual, o rendimento operacional médio desse equipamento é de aproximadamente 200 caixas por hora.

4) Solo: o solo para enchimento das caixas deve ser, preferencialmente, areno-argiloso, retirado de barrancos livres de



sementes de plantas daninhas, seco e peneirado. O volume de solo para o enchimento de uma caixa é de aproximadamente cinco litros.

5) Sementes: as sementes devem estar livres de contaminação, apresentar alto vigor e poder germinativo. A eficiência do sistema de transplante, no controle do arroz daninho e de misturas varietais, pode ser totalmente comprometida pela utilização de mudas obtidas a partir de lotes contaminados. A germinação e o vigor das sementes são igualmente importantes, pois condicionam uniformidade e rapidez na obtenção das mudas. Quanto maior for o tempo requerido para a formação das mudas, maiores serão os riscos de incidência de doenças ou de outros fatores indesejáveis. O consumo de sementes para o transplante mecânico de mudas varia de 30 a 36 kg ha<sup>-1</sup> (250 a 300 g por caixa).

### **Produção das mudas**

1) Pré-germinação e semeadura: as sementes devem permanecer de molho em água por 24 horas, seguido de igual período fora da água, cobertas com lona plástica. A semeadura das sementes pré-germinadas é efetuada pelo uso da esteira anteriormente descrita. Logo após a semeadura, as caixas devem ser irrigadas até o ponto de encharcamento.

2) Empilhamento e distribuição das caixas no viveiro: as caixas semeadas e molhadas são empilhadas e cobertas com lona plástica para acelerar o processo de germinação e emergência. Após dois a quatro dias, quando as plântulas começam a emergir, as caixas são transferidas para o viveiro de mudas, com o cuidado de que não fiquem em contato direto com o piso, o que poderá dificultar a drenagem e provocar o apodrecimento de raízes. Elas são distribuídas sobre tijolos, ou outro suporte, e recebem irrigação duas vezes ao dia, até que as mudas atinjam o estágio de duas ou três folhas, estando, então, prontas para o transplante. Em condições normais, isso acontece entre 12 a 14 dias após a semeadura.

### **Preparo do solo e transplante das mudas**

A operação de transplante das mudas é feita mecanicamente utilizando-se transplantadoras, disponíveis em diversos modelos e capacidades. Uma transplantadora de seis linhas gasta cerca de três horas para transplantar um hectare.

O preparo do solo para esse sistema de plantio é feito de forma semelhante àquele utilizado para o sistema de semeadura com sementes pré-germinadas. A área deve ser completamente drenada



algumas horas antes do início da operação, para permitir que o solo atinja a condição ideal para o transplante das mudas. Solos alagados ou muito drenados prejudicam o transplante, pois, em ambos os casos, ocorrem problemas na fixação das mudas.

A partir do segundo dia após o transplante, recomenda-se colocar água suficiente para cobrir toda a superfície do solo. À medida que as plantas vão se desenvolvendo, aumenta-se a espessura da lâmina de água até cerca de 10 cm. Os tratamentos fitossanitários e demais práticas culturais deverão ser realizados sempre que necessário.

### **CONTROLE DE MISTURAS VARIETAIS E ARROZ DANINHO**

As misturas varietais são representadas por sementes de cultivares utilizadas em plantios anteriores que permanecem na lavoura após a colheita, ou estão presentes no lote de sementes utilizadas para o plantio.

Dentre as plantas daninhas mais prejudiciais e de difícil controle encontra-se o arroz daninho que, em função de sua relevância e do prejuízo que causa à produção de sementes, merece uma abordagem especial.

A presença dessa espécie, além de causar prejuízos à produtividade e qualidade das sementes, não raro leva à condenação da produção para uso como semente. A grande dificuldade no controle e erradicação, tanto das misturas varietais como do arroz daninho, é o fato de pertencerem à mesma espécie do arroz cultivado, não podendo, portanto, ser controladas por métodos convencionalmente utilizados no combate a outras espécies, como o uso de herbicidas.

A disseminação de sementes de arroz daninho de uma área para outra, ou de uma região para outra, ocorre principalmente através de lotes de sementes contaminadas. Atualmente, no sul do país, a maioria das áreas de produção apresentam níveis críticos de contaminação por um ou mais ecotipos de arroz daninho. A necessidade de constatação desses índices de contaminação levou alguns pesquisadores a investigar a qualidade das sementes utilizadas, com resultados alarmantes. Os estudos de Ramos & Santini (1979), Miura et al. (1981), Marques et al. (1987) e Noldin & Marques (1988) demonstram o nível de contaminação por arroz-vermelho nas sementes utilizadas por agricultores catarinenses (Tabelas 20.3 e 20.4).



**Tabela 20.3.** Número de sementes de arroz vermelho contidas em amostras de 500 g de sementes de arroz, coletadas em propriedades rurais de Santa Catarina.

Sementes (nº 500 g <sup>-1</sup> )	%
0	11.8
1-5	26.5
6-10	15.8
11-15	9.2
16-20	6.1
21-30	5.6
31-50	7.7
51-75	5.1
76-100	3.1
101-150	3.6
151-200	2.0
201-300	0.5
301-500	1.0
501-1000	2.0
> 1000	0

Fonte: Marques et al. (1987).

**Tabela 20.4.** Número de sementes de arroz vermelho em amostras de 500 g de sementes de arroz, coletadas em Santa Catarina.

Número de sementes de arroz vermelho 500 g <sup>-1</sup>	Número de amostras
0	2
1-5	3
6-10	5
11-20	6
21-50	27
51-100	27
101-200	27
201-500	14
501-1000	8
1001-2000	6
> 2000	2

Fonte: Ramos & Santini (1979).

Da mesma forma, pelo grau de contaminação que vem sendo observado nas lavouras gaúchas, a qualidade das sementes produzidas no Rio Grande do Sul apresenta problemas semelhantes aos de Santa Catarina, com relação ao arroz daninho. Amaral & Bicca (1986) estimaram a disseminação de arroz-vermelho, partindo de uma área não contaminada, considerando uma densidade de semeadura de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Lotes



contendo uma única semente de arroz-vermelho em cada 500 g estariam contaminando um hectare com 200 sementes de arroz-vermelho. Considerando-se uma germinação de 50%, estas 200 sementes estariam aptas a produzir uma população de 100 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , as quais, produzindo 150 grãos  $\text{planta}^{-1}$  iriam gerar 15.000 sementes de arroz-vermelho. Considerando, adicionalmente, uma taxa de degrane natural de 60%, estas sementes, além de estarem contaminando a semente colhida, ainda deixariam no solo 6.000 sementes. Pelo mesmo raciocínio, lotes de arroz contendo 50 sementes de arroz-vermelho em 500 g dariam origem a 300.000 grãos  $\text{ha}^{-1}$ , desde que nenhum tipo de controle seja utilizado (Tabela 20.5).

**Tabela 20.5.** Estimativa de disseminação de arroz-vermelho (AV), através de sementes de arroz cultivado ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ), com diferentes graus de infestação.

Grãos de AV (nº 500 $\text{g}^{-1}$ )	Área (ha)	Plantas <sup>(1)</sup> (nº $\text{ha}^{-1}$ )	Grãos de AV <sup>(2)</sup> (nº $\text{ha}^{-1}$ )	Grãos de AV <sup>(3)</sup> (nº $\text{ha}^{-1}$ )
5	200	100	15.000	6.000
5	1000	500	75.000	30.000
10	2000	1000	150.000	60.000
20	4000	2000	300.000	120.000
50	10000	5000	750.000	300.000

<sup>(1)</sup> Germinação = 50%.

<sup>(2)</sup> Produção de 150 grãos  $\text{planta}^{-1}$ .

<sup>(3)</sup> Degrane de 40%.

Fonte: Amaral & Bicca (1986).

O degrane natural é extremamente elevado no arroz daninho, e as sementes que caem no solo, devido à dormência, permanecem viáveis por vários anos. Além dessas características, o arroz daninho apresenta uma alta taxa de alogamia, o que facilita o cruzamento natural com o arroz cultivado. Dessa forma, com exceção da coloração do pericarpo, as plantas de arroz-vermelho passam a apresentar características fenotípicas do arroz cultivado, impossibilitando a sua identificação em campo ou a sua separação através do beneficiamento, conforme relatado por Marques (1983).

É possível atingir resultados satisfatórios no controle do arroz-vermelho e demais plantas daninhas, adotando-se medidas de controle integrado, que contemplam ações preventivas, culturais, físicas e químicas e, entre elas, a prática do "roguing", que consiste na eliminação de plantas atípicas, misturas varietais, segregações ou arroz daninho.



Um trabalho realizado por Formoso et al. (1993) demonstra a importância econômica das plantas daninhas na produção de sementes. Os autores observaram que, do total de sementes certificadas de arroz irrigado produzidas no Rio Grande do Sul em 1990 (39.117 sacas de 60 kg), 1991 (37.507) e 1992 (57.665), foram reprovadas 8,2, 7,6 e 13,4%, respectivamente, tendo como causa principal a contaminação por arroz-vermelho.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. S.; BICCA, L. H. F. Período de pousio de resteva de arroz irrigado e pureza varietal da semente produzida. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 15., 1986, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1986. p. 359-363.
- ANDREOLI, C. Mistura varietal: aspectos genéticos e físicos na produção de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 32-37, dez. 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço de Proteção de Cultivares. **Legislação brasileira sobre sementes e mudas**: Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 e Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004. Brasília, DF, 2004. 121 p.
- EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação. **Recomendações técnicas para o arroz em regiões com deficiência hídrica**: zonas 10, 16, 19, 20, 58, 59, 60, 61 e 91. Brasília, DF, 1992. 130 p.
- FAIAD, M. G.; MACHADO, J. C.; VIEIRA, M. G. G. C.; CORNELIO, V. M. O. Efeitos e transmissibilidade de *Pyricularia oryzae* CAV. em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) sob condições controladas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 90, jun. 1993. Suplemento, ref. 140. Edição de Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Sementes, Foz do Iguaçu, PR, ago. 1993.
- FONSECA, J. R.; SILVA, J. G. da. **Perdas de grãos na colheita do arroz**. 2. ed. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1997. 26 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 24).
- FORMOSO, A. M. R. T.; SOUZA, H. S. de; PEDERZOLLI, R.; ALTMAYER, M. Qualidade da semente certificada de arroz, produzida no Rio Grande do Sul, nas safras 89/90, 90/91 e 91/92. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 3, n. 3, p. 61, jun. 1993. Suplemento, ref. 082. Edição de Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Sementes, Foz do Iguaçu, PR, ago. 1993.
- MARQUES, L. F. **Viabilidade do arroz vermelho e preto e suas consequências na produção de sementes**. Florianópolis: EMPASC, 1983. 9 p. (EMPASC. Comunicado Técnico, 62).
- MARQUES, L. F.; ISHIY, T.; NOLDIN, J. A. Qualidade de semente de arroz irrigado utilizada em Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., 1987, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 1987. p. 354-362.
- MEIRELES, E. J. L.; SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; BEZERRA, H. da S.; EVANGELISTA, B. A.; MOREIRA, L.; CUNHA, M. A. C. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado do Tocantins**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 72 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 58).



- MIURA, L.; MARQUES, L. F.; FROSI, J. F.; VIEIRA, N. R. de A.; PALHARES, Y. **Qualidade da semente de arroz irrigado utilizada em Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1981. 17 p. (EMPASC. Comunicado Técnico, 49).
- MUÑOZ, G. **Descriptorios varietales**: arroz, frijol, maíz, sorgo. Cali: CIAT, 1993. 169 p.
- NAKAGAWA, J. Técnica cultural para produção de semente. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., 1986, Piracicaba. **Trabalhos apresentados**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 75-79.
- NOLDIN, J. A.; MARQUES, L. F. A qualidade da semente do arroz irrigado em SC. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 1, n. 3, p. 19-20, set. 1988.
- PEDROSO, B. A. Ponto ideal para a colheita do arroz. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 31, n. 304, p. 4-10, jan./fev. 1978.
- PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P. **Principais doenças do arroz no Brasil**. 2. ed. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 31 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 2).
- RAMOS, M. G.; SANTINI, S. V. **Ocorrência de arroz vermelho na semente utilizada em lavouras de arroz irrigado no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, 1979. 8 p. (EMPASC. Comunicado Técnico, 24).
- RUSCHEL, A. P.; SILVEIRA, P.M. da; PAULA, M. M. de. Alelopatia em arroz de sequeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. v. 1, p. 315-316.
- SEGUY, L.; BOUZINAC, S. **Gestão dos solos das culturas nas fronteiras agrícolas dos cerrados úmidos do Centro Oeste**: I. Destaques 1992 e síntese atualizada 1986/1992. Lucas do Rio Verde: CIRAD-CA, 1992. 117 p.
- SEGUY, L.; BOUZINAC, S.; PACHECO, A.; CARPENEDO, V.; SILVA, V. da. **Perspectiva da fixação da agricultura na Região Centro-Norte do Mato Grosso**: caso da Fazenda Progresso – Sorriso/MT. 2. ed. Campo Grande: EMPA-MT, 1989. 52 p.
- SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; SANO, E. E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. da S.; CUNHA, M. A. C. da; SILVA, F. A. M. da. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 80 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 43).
- STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; FOREST, F. **Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil**: síntese e interpretação dos resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1988. 66 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).
- STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 11, p. 1701-1713, nov. 1994.
- TECNOLOGIA de colheita, pós-colheita e industrialização de grãos e sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4. ; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26., 2005, Santa Maria, RS. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. p. 137-149.





TOLEDO, F. F. de; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes**: tecnologia da produção. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. 224 p.

VIEIRA, N. R. de A.; GUIMARÃES, E. P.; VIEIRA E. H. N. Germinação do arroz na formação e maturação da semente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 10, p. 1471-1475, out. 1982.



# Secagem e Beneficiamento de Sementes

*Cláudio Bragantini*

**RESUMO** - A secagem é uma operação de rotina na produção de sementes de arroz, que são normalmente colhidas com umidade superior àquela indicada para um armazenamento seguro. A secagem de sementes tem por objetivo reduzir a umidade até próximo de 13%, preservando assim sua qualidade fisiológica. O ar atmosférico é o agente secante mais utilizado nesse processo. A carta psicrométrica e o higrômetro são ferramentas indispensáveis durante a secagem, pois permitem o entendimento das propriedades do ar. A secagem da semente pode ser efetuada pelo método natural, em terreiros, ou artificialmente pelo uso de secadores estacionários, contínuos ou intermitentes. Além da secagem, a semente deve ser também beneficiada, com o objetivo de melhorar as características físicas do lote e assim facilitar o plantio. O beneficiamento compreende as seguintes fases: pré-limpeza, limpeza, classificação e ensaque. Em cada uma dessas fases são utilizadas máquinas específicas. Na pré-limpeza são utilizadas máquinas com ventiladores e peneiras que retiram do lote as impurezas bem maiores e bem menores que a semente. As duas máquinas mais importantes na limpeza e classificação são a máquina de ar e peneiras e a mesa densimétrica. No ensaque da semente podem ser utilizadas balanças ensacadoras automáticas ou manuais.

## INTRODUÇÃO

A semente de arroz, ao chegar do campo à Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), principalmente após ser colhida mecanicamente, traz consigo grande número de impurezas: palha, restos de plantas, terra, pedras, sementes de plantas daninhas e de outras culturas, restos de insetos, etc. Estes materiais indesejáveis necessitam ser retirados da massa de sementes para que o produto atinja padrões de pureza que possibilitem sua utilização como semente. O beneficiamento é efetuado por uma série de máquinas e implementos, como veremos neste capítulo. Além das matérias estranhas, existe ainda um fator também indesejável que, muito embora não se apresente de forma visível na massa de semente, pode causar muitos problemas para o produtor: o excesso de umidade. O armazenamento de sementes de arroz com alto teor de umidade tem sido freqüentemente a causa da perda de qualidade. Por essa razão, a operação de secagem se reveste de fundamental importância para o produtor, que deve conhecer como secar e saber quais os níveis de umidade considerados seguros para que possa controlar ou eliminar perdas desnecessárias.



As operações de secagem e beneficiamento, embora sendo muito importantes e indispensáveis para a obtenção de sementes de alta qualidade, não asseguram, por si só, a qualidade do produto. A expressão máxima do potencial qualitativo de um lote de sementes é função direta das condições de produção no campo.

## SECAGEM

A secagem é um procedimento muito comum na produção de semente de arroz, que é quase sempre colhida com alta umidade para evitar a sua exposição desnecessária às intempéries no campo. Quando a semente está ainda na planta e atinge o ponto de maior vigor durante o seu processo de formação (ponto de maturação fisiológica), ela encontra-se totalmente formada, mas ainda com alto teor de umidade e portanto deve permanecer ainda no campo por um determinado período até que atinja a maturação de colheita, ou seja, quando o teor de umidade dos grãos já atingiu níveis mais adequados para a colheita.

A secagem da semente é, muitas vezes, confundida com a secagem do produto para consumo, que também é colhido com alta umidade para aumentar o seu rendimento industrial (Andales, 1983). Contudo, tanto os equipamentos utilizados na secagem como as temperaturas de secagem são diferenciadas conforme o uso que se dará ao produto. A temperatura é uma variável extremamente importante na secagem tanto da semente quanto do grão. Quando se seca sementes a temperaturas altas, principalmente quando a umidade da semente ainda está muito alta, pode-se causar perdas na qualidade fisiológica. Altas temperaturas de secagem também causam perdas na qualidade de beneficiamento do arroz, causando fissuras no interior dos grãos com um aumento na porcentagem de grãos quebrados durante o processamento (Thompson, 2003).

Outro fator a ser considerado é que, em regiões de clima úmido, mesmo as sementes já secas e armazenadas são capazes de reabsorver umidade da atmosfera ao ponto de comprometer a sua qualidade. Torna-se, portanto, necessário conhecer os níveis de umidade ideais para o armazenamento da semente, como secar, se necessário, e ainda como armazenar com segurança. Neste capítulo, a secagem da semente de arroz será abordada enfatizando o ponto de vista do tecnólogo de semente, interessado na manutenção da qualidade fisiológica da semente, expressa pela sua germinação e vigor.



## Objetivos

A secagem tem por objetivo desidratar a semente até um nível de umidade suficientemente baixo para que seu metabolismo seja reduzido ao mínimo. Nessas condições, a semente mantém-se viva por períodos mais longos, com poucas perdas na qualidade fisiológica. Ao mesmo tempo, a baixa umidade diminui a proliferação de bactérias, fungos e insetos (Welch & Delouche, 1967). A secagem da semente é também necessária para facilitar as operações subseqüentes de beneficiamento. Sempre que for colhida com umidade superior a 13%, a secagem imediata torna-se uma necessidade.

Uma vez reconhecida a influência da umidade na longevidade da semente, é preciso entender os fatores que controlam a absorção ou a perda de água por esse organismo vivo. Sendo a semente um material higroscópico, o movimento de água para dentro ou fora dela é influenciado pelas propriedades do ar ao seu redor.

## Propriedades do ar

Em qualquer processo de secagem, existe a transferência de umidade do material que está sendo submetido à secagem para o outro que está absorvendo a umidade. Na secagem de semente, o ar é o agente secante mais utilizado por diversas razões: ele é abundante na natureza; envolve cada semente no interior da massa de grãos; pode ser forçado no interior da massa de grãos, através de um ventilador; quando aquecido, suas propriedades são alteradas, aumentando a sua capacidade de reter umidade (Campbell, 1969). O ar utilizado na secagem da semente tem duas funções principais: 1) leva calor para evaporar a água da semente; e 2) é o meio pelo qual o vapor d'água que se encontra ao redor da semente pode ser removido, permitindo que mais umidade evapore da semente (Matthes & Rushing, 1972).

O ar atmosférico é composto por uma mistura de gases, impurezas sólidas e microorganismos. Possui também uma certa porcentagem de vapor d'água que a todo o momento está sendo trocado com outros elementos, vivos ou não, existentes na atmosfera. O teor de umidade pelo qual a semente entra em equilíbrio num determinado ambiente depende de diversas propriedades do ar que se encontra ao redor dela. Algumas dessas propriedades são descritas a seguir.



## Pressão de vapor

O movimento da umidade do ar para o interior da semente, e vice versa, é controlado pela pressão de vapor. Quando ocorre a evaporação, moléculas de água escapam da superfície da semente e alojam-se no ar ao seu redor. Essas moléculas de água, na forma de vapor, exercem uma pressão chamada pressão de vapor. Quanto mais água é evaporada, maior é a pressão de vapor, até o ponto de tornar-se constante. Desse ponto em diante, qualquer evaporação que ocorra é equilibrada com o retorno de igual quantidade de vapor d'água para a forma líquida. A pressão de vapor é então chamada de pressão de saturação, para aquela determinada temperatura. Portanto, é a força motriz que leva a umidade a mover-se de um local de alta umidade para outro de baixa umidade (Henderson & Perry, 1982).

## Umidade relativa

A umidade relativa do ar é outra propriedade importante usada para expressar a umidade existente no ar atmosférico. É definida como a relação entre a massa do vapor d'água contido em 1 kg de ar seco e a massa máxima de vapor d'água que este ar pode conter, no seu ponto de saturação, a uma determinada temperatura. O ar é considerado saturado quando está retendo o máximo de vapor d'água possível. Além desse ponto, nenhuma umidade pode ser absorvida pelo ar sem que ocorra a condensação. O conhecimento da umidade relativa é muito útil no processo de secagem, pois mostra as condições do ar naquele determinado momento. Se a umidade relativa for alta, o ar, conseqüentemente, estará úmido e a adição de qualquer pequena quantidade de umidade fará com que ele atinja seu ponto de saturação. Se, por outro lado, a umidade relativa for baixa, o ar poderá absorver bastante umidade antes de atingir a saturação, facilitando o processo de secagem (Welch & Delouche, 1967).

Para o processo de secagem, devemos considerar que a umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água que o ar retém e a quantidade que ele reteria naquela mesma temperatura, se estivesse totalmente saturado. A umidade relativa do ar é expressa em porcentagem.

## Ponto de condensação

A quantidade máxima de vapor d'água que o ar pode conter varia muito conforme a temperatura. Aumentando a temperatura do ar, aumenta também sua capacidade de absorção de umidade. Se a temperatura do ar aumenta mantendo a mesma quantidade de vapor d'água, a umidade



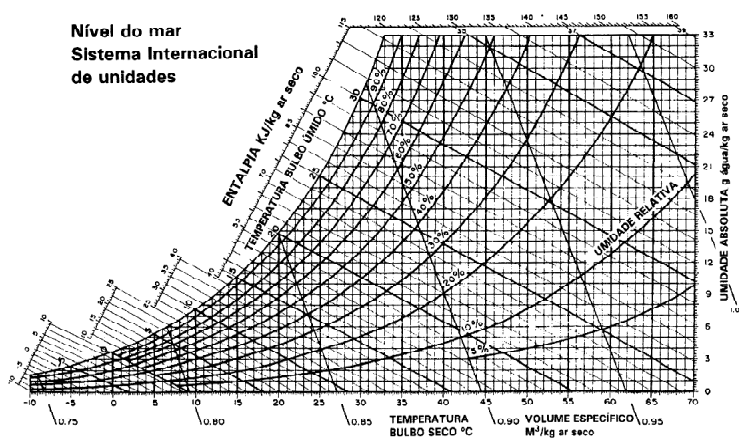
relativa do ar diminui, aumentando a sua capacidade de secagem. O ponto de condensação é a temperatura na qual o ar se satura, sendo a umidade relativa, nesse momento, de 100%. Essa propriedade do ar é muito importante no processo de secagem da semente.

O ponto de condensação do ar é especialmente importante no processo de secagem de sementes com ar natural. Em regiões frias, a camada superior da massa de semente, armazenada em silos circulares de fundo falso, pode estar com uma temperatura suficientemente fria para que a umidade retirada das sementes das camadas inferiores condense sobre as sementes da parte superior do silo (Aguirre & Peske, 1992).

### Relação entre as propriedades do ar

A umidade relativa do ar e a temperatura, são os fatores mais importantes para determinar a capacidade e o tempo de secagem. Por exemplo, a uma umidade relativa de 70%, o ar com 26°C é capaz de absorver três vezes mais água que a 10°C (Welch & Delouche, 1967). Por essa razão, a secagem da semente acontece elevando-se a temperatura do ar, mesmo quando a umidade relativa estiver alta.

Para facilitar o entendimento da inter-relação dos fatores que afetam as propriedades do ar, foi desenvolvida a carta psicrométrica (Fig. 21.1), que é um conjunto de gráficos em que são mostradas as propriedades do ar e suas relações dentro de determinadas condições climáticas. Ela simplifica a medida das propriedades do ar e elimina uma série de cálculos necessários ao processo de secagem (Beck, 1970).

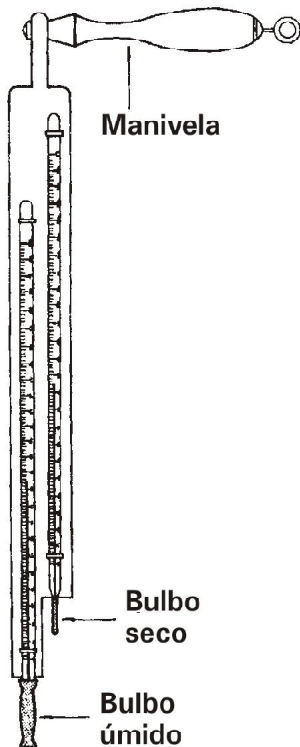


**Fig. 21.1.** Carta psicrométrica.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).



Para medir uma das mais importantes propriedades do ar, a umidade relativa, utiliza-se, com frequência, um instrumento chamado higrômetro, conforme ilustrado na Fig. 21.2 (Beck, 1970). Os modelos mais simples encontrados no mercado são compostos de dois termômetros, montados num suporte. Um dos termômetros tem o bulbo coberto com um tecido, mantido sempre úmido. Com a movimentação contínua dos dois termômetros, através de movimentos circulares contra o ar atmosférico, a água presente no tecido úmido que envolve o bulbo de um dos termômetros começa a evaporar e, com isso, rouba calor do bulbo, fazendo com que a temperatura medida por este termômetro seja menor que a temperatura do termômetro com bulbo seco. Quanto mais seco estiver o ar atmosférico, mais água é evaporada pelo tecido e, conseqüentemente, maior será a diferença de temperatura entre os dois termômetros. Ambas as medições, quando levadas à carta psicrométrica, permitem verificar, entre outras propriedades, a umidade relativa do ar naquele ambiente. Se a umidade do ar estiver muito alta, próxima a 100%, a evaporação no bulbo úmido será mínima e as leituras dos dois termômetros serão muito aproximadas.



**Fig. 21.2.** Psicrômetro portátil.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).



Para facilitar a utilização, alguns desses higrômetros já possuem escalas, uma para cada temperatura, as quais, colocadas lado a lado e fazendo coincidir as duas temperaturas, permitem verificar a umidade relativa do ar diretamente no aparelho, sem a necessidade de utilizar a carta psicrométrica.

## Umidade da semente

Para que ocorra a secagem das sementes, é preciso considerar a interação entre as propriedades do ar e as da semente. É necessário o conhecimento dessas características e dos métodos de medição para a compreensão do processo como um todo e assim lograr uma secagem eficiente, que preserve a qualidade fisiológica da semente. Sabemos que a semente é higroscópica, ou seja, absorve ou perde umidade para o ambiente, conforme as condições de temperatura e umidade do ar ao seu redor.

A água presente na semente pode ser encontrada sob três situações:

**Água de constituição:** essa água está unida quimicamente à semente e, portanto, encontra-se fortemente aderida. Essa porção de água não é retirada da semente no processo de secagem.

**Água adsorvida:** é atraída para a superfície da semente por interação de várias forças de atração entre as moléculas de água e as substâncias da semente.

**Água livre:** é aquela porção da umidade da semente retida nos espaços intercelulares ou outros poros que a semente possa ter. Essa é a porção de água mais facilmente retirada da semente durante o processo de secagem.

A água absorvida que se encontra no interior da semente é considerada “livre” pois é fracamente retida por forças de capilaridade. Ela funciona como solvente e é facilmente removida durante a secagem. Por sua vez, a água de constituição é fortemente retida na semente, não funciona como solvente e não é medida pelos equipamentos que funcionam através da condutividade elétrica.

O equilíbrio higroscópico da semente, para uma determinada condição ambiental, varia principalmente com a sua composição química. Na Tabela 21.1 encontra-se a umidade de equilíbrio da semente de arroz exposta a diferentes condições de umidade e temperatura do ar ambiente (Aguirre & Peske, 1992).





**Tabela 21.1.** Umidade de equilíbrio da semente de arroz em diferentes condições de temperatura e umidade do ar.

U.R.(%)	Temperatura (°C)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
5	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
10	5.1	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.6	4.5
15	6.7	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.8
20	7.9	7.8	7.6	7.4	7.3	7.1	7.0	6.9
25	8.9	8.7	8.5	8.3	8.2	8.0	7.8	7.7
30	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7	8.5	8.4
35	10.4	10.2	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9
40	11.0	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5
45	11.5	11.3	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0
50	12.0	11.8	11.5	11.3	11.1	10.9	10.6	10.4
55	12.5	12.3	12.0	11.8	11.6	11.4	11.1	10.9
60	13.1	12.8	12.6	12.3	12.1	11.9	11.6	11.4
65	13.7	13.4	13.2	12.9	12.7	12.4	12.2	12.0
70	14.4	14.1	13.8	13.6	13.3	13.1	12.8	12.6
75	15.2	14.9	14.6	14.4	14.1	13.8	13.6	13.3
80	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0	14.7	14.5	14.2
85	17.4	17.1	16.7	16.4	16.1	15.8	15.5	15.2
90	18.8	18.4	18.0	17.7	17.4	17.0	16.7	16.4
95	20.3	19.9	19.5	19.2	18.8	18.4	18.0	17.7

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

## Mecanismos da secagem

O arroz ganha e perde umidade de acordo com o teor de umidade e a umidade relativa do ar ao seu redor. Se a umidade relativa do ar é baixa, o arroz com um teor de umidade alto irá perder umidade até que atinja uma umidade baixa e constante e encontre um equilíbrio com o ambiente. Se a umidade relativa do ar é alta, as sementes de arroz com baixa umidade irão ganhar umidade. Essa relação entre a umidade do arroz e a umidade relativa do ar é afetada pela temperatura, como pode ser visto na Fig. 21.3.



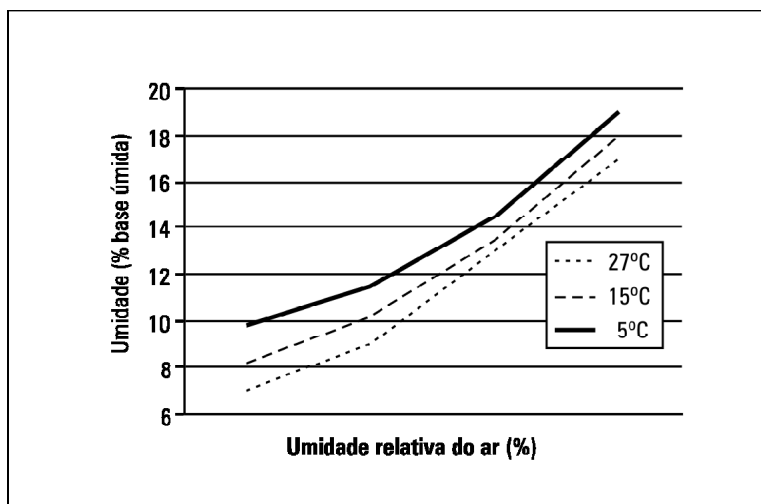


Fig. 21.3 Umidade de equilíbrio para arroz em casca.

A longevidade da semente armazenada está relacionada diretamente com o seu teor de umidade. Antes da colheita, quando a umidade ainda é alta e as sementes estão ligadas à planta-mãe, elas estão dispersas e a troca de umidade com o meio ambiente é favorecida. Nessas condições, e na ausência de chuva, a semente perde umidade na busca de encontrar o equilíbrio com o ambiente. Após a colheita, as sementes são ensacadas ou amontoadas em silos, formando uma massa compacta, restringindo a movimentação do ar e dificultando a troca de umidade com o ambiente. Quando a umidade da semente é alta no momento da colheita, a situação pode ser agravada com o aumento da temperatura na massa de grãos, em função da atividade respiratória das sementes e dos microrganismos presentes, afetando negativamente a conservação do produto armazenado. Por essa razão, a partir do momento que se inicia a colheita, deve-se ter em mente as condições de umidade da semente para tomar a decisão adequada sobre as operações seguintes.

De acordo com o teor de umidade, a semente comporta-se de forma distinta durante o armazenamento (Araullo et al., 1976; Carvalho & Nakagawa, 1983). Se o teor de umidade for superior a 45-60%, a semente começa o processo germinativo. Abaixo desse nível, até um mínimo em torno de 18 - 20%, o processo respiratório das sementes, microrganismos e insetos é elevado, podendo provocar o aquecimento da massa de sementes, se a aeração for deficiente ou inexistente. Condições de alta umidade e de alta temperatura favorecem o processo de deterioração, podendo comprometer a viabilidade das sementes.



Em umidades entre 14 e 20% ainda pode ocorrer o desenvolvimento de microrganismos, tanto interna como externamente. Além disso, o processo respiratório das sementes ainda está bastante ativo contribuindo para uma perda rápida do vigor e da germinação. Ao reduzir a umidade para 8-9%, a atividade de insetos diminui ou torna-se nula (Harrington, 1972; Carvalho & Nakagawa, 1983). No Capítulo 14 deste livro são descritas as principais pragas do armazenamento do arroz e indicados os métodos de controle.

Quando for necessário guardar as sementes por longos períodos em embalagens herméticas, o seu teor de umidade deve estar entre 4 e 8%.

### Determinação do teor de umidade

Quando se inicia o processo de secagem de sementes, freqüentemente ocorrem alguns questionamentos sobre o tempo de secagem, a temperatura a utilizar ou a quantidade adequada de semente no silo secador. A resposta para essas questões só pode ser dada com base, principalmente, na quantidade de água que a semente contém. O teor de umidade está estreitamente associado com a manutenção da qualidade fisiológica da semente, sendo muito importante determinar este parâmetro com precisão.

O teor de umidade é normalmente expresso com base no peso úmido (base úmida), sendo calculado através pela seguinte fórmula:

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 = \%$$

Onde:  $M_1$  = Massa da amostra úmida

$M_2$  = Massa da amostra seca

Por exemplo:

Massa da amostra original: 200 g

Massa da mesma amostra depois de seca: 150 g

$$\frac{200 - 150}{200} \times 100 = 25\%$$



O teor de umidade de sementes e grãos pode também ser expresso tendo como base a massa da matéria seca, calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 = \%$$

Utilizando os mesmos valores do exemplo anterior, constata-se que o valor obtido para o teor de umidade, quando calculado em base seca, é bastante diferente:

$$\frac{200 - 150}{150} \times 100 = 33,3\%$$

Como regra geral, sempre que se tratar de sementes e não for mencionado o contrário, considera-se que o teor de umidade tenha sido calculado com base na massa da amostra úmida.

Os métodos de determinação de umidade que envolvem a remoção da água da semente são considerados básicos ou diretos, e são os mais precisos. A seguir, são descritos, sucintamente, alguns desses métodos.

**Secagem sem calor:** as amostras são secadas a vácuo, com temperatura baixa, usando algum produto químico como agente dessecante.

**Liofilização:** as sementes são congeladas e a água é removida através da sublimação, a vácuo.

Os métodos acima requerem muito tempo, equipamentos mais sofisticados e maior habilidade do laboratorista, não sendo, portanto, muito utilizados. Existem outros métodos básicos, ou diretos, que são utilizados constantemente pela indústria sementeira:

**Método da estufa:** esse método está descrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). A estufa é aquecida através de resistência elétrica e o ar, no seu interior, é mantido sob pressão atmosférica. A circulação do ar pode se dar por convecção, ou ar forçado. A perda de água durante a secagem é calculada em porcentagem, através da diferença de massa antes e depois da secagem da amostra. A temperatura utilizada é 105°C e as amostras são mantidas na estufa por 24 horas. Quando é necessário conhecer rapidamente o



teor de umidade da semente, pode utilizar-se a temperatura de 130°C por duas horas. O método da estufa é considerado padrão pelos laboratórios de sementes e é muito utilizado para aferir outras formas de determinação do teor de umidade.

**Método "Brown Duvel":** nesse método, a amostra de semente é pesada e aquecida em óleo até à temperatura de 180°C. A água evaporada da semente é condensada e coletada num cilindro graduado onde é feita a leitura do teor de umidade. É um método simples, barato e preciso, principalmente porque o equipamento pode ser facilmente construído em laboratório. Detalhes de construção e utilização são apresentados por Aguirre & Peske (1992).

Os métodos indiretos medem alguma característica química ou física da semente. Essas medições são calibradas mediante a comparação com a umidade medida por algum método direto. Os instrumentos mais comuns, que fazem a medição da umidade pelo método indireto, utilizam-se das propriedades de condutividade elétrica da semente. Atualmente são muito utilizados pela rapidez, facilidade de operação e precisão que oferecem.

A precisão na leitura feita por esses tipos de equipamento depende da uniformidade de distribuição da umidade no interior da semente, pois a medição geralmente é feita com base na condutividade elétrica da superfície da semente. Por essa razão, ao medir o teor de umidade durante o processo de secagem, recomenda-se esperar que a umidade da semente se uniformize, antes de utilizar tais equipamentos, evitando, assim, erros de leitura, uma vez que nas sementes recém-saídas do secador, a superfície estará mais seca que seu interior.

Não existe um método único de medição de umidade que atenda a todas as necessidades da indústria de sementes. De acordo com cada finalidade, muitos fatores devem ser considerados: precisão da leitura; tempo disponível para completar o teste; facilidade de operação e treinamento técnico requerido; destruição da amostra; facilidade de manuseio e transporte do equipamento; tamanho da amostra; custo do equipamento.

O método da estufa é o mais recomendável, quando não se necessita resultado imediato e se deseja maior precisão. Quando a situação requer resultados rápidos, monitoramento da colheita e secagem, por exemplo, os equipamentos que se valem da condutividade elétrica são muito utilizados.



## Considerações sobre a necessidade de secagem

O teor de umidade da semente, no momento da colheita, é fator preponderante na tomada de decisão do produtor sobre os procedimentos subseqüentes à colheita.

**Umidade até 13%:** a semente pode ser armazenada diretamente, sem necessidade de secagem.

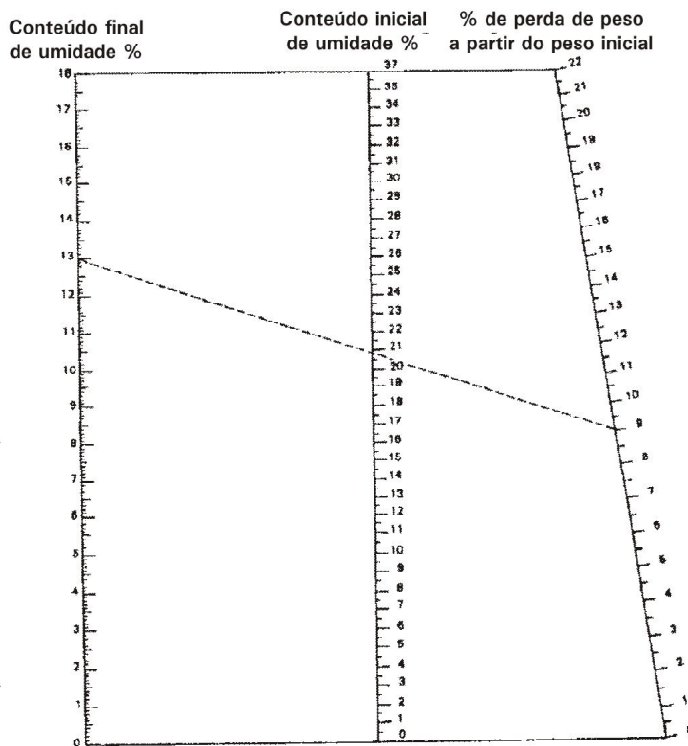
**Umidade entre 13 e 16%:** se a umidade relativa do ar for baixa, a semente pode simplesmente ser ventilada dentro do secador, com ar natural, sem aquecimento.

**Umidade acima de 17%:** deve-se iniciar o processo de secagem, elevando a temperatura do ar, para evitar que o tempo de secagem se prolongue demasiadamente, causando danos à semente. A secagem com calor é mais indicada quando as condições atmosféricas forem adversas.

Para melhor ilustrar esta interação entre a umidade da semente, a umidade relativa e a temperatura do ar, e melhor orientar o produtor de sementes na tomada de decisão quanto ao tipo de secagem a ser utilizado, considerar-se-á uma situação hipotética que ocorre com muita frequência em uma UBS: se um lote de sementes de arroz der entrada na UBS com umidade de 16%, deve ser secado a 13%. Supondo que a umidade relativa do ar no local seja de 75% e a temperatura de 20°C, verifica-se que, nessas condições, a semente de arroz entrará em equilíbrio com o ambiente a um teor de umidade de 14,4%. Portanto, se esta situação atmosférica persistir, para que a semente atinja 13% será necessário modificar alguma propriedade do ar. Ao aumentar a temperatura do ar para 40°C, observar-se-á que a umidade da semente poderá chegar bem próximo a 13%, teor de umidade considerado seguro para o armazenamento (Tabela 21.1). Se, contudo, as condições atmosféricas na UBS forem favoráveis como, por exemplo, umidade relativa do ar em torno de 50% e temperatura de 25°C, verifica-se que o equilíbrio higroscópico da semente é atingido aos 11,1% de umidade, podendo ser secada, neste caso, somente insuflando ar na massa de grãos, sem necessidade de aquecimento.

Outro aspecto importante a ser considerado no processo de secagem refere-se à perda de massa que ocorre no lote de sementes após a perda de umidade. A semente de arroz com 18% de umidade possui uma massa volumétrica de 615 kg m<sup>-3</sup>. Com uma umidade de 12%, este valor cai para 586 kg m<sup>-3</sup> (Aguirre & Peske, 1992). A perda de massa, devido à secagem, pode ser estimada através da escala apresentada na Fig. 21.4.





**Fig. 21.4.** Escala para analisar perda de massa do grão após secagem.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

## Princípios da secagem

A semente de arroz ganha ou perde umidade de acordo com o seu teor de umidade e a umidade relativa do ar (UR) ao seu redor. Quando a UR está baixa, sementes de arroz com alta umidade perdem umidade para o ambiente até atingir um nível de umidade constante, em equilíbrio com aquelas condições. Se a UR é alta sementes de arroz com umidade baixa irão absorver umidade do ambiente. Essa relação é afetada também pela temperatura. Outra forma de descrever essa relação é, quando o arroz é exposto a uma temperatura e umidade relativa do ar constantes ele atingirá um umidade de equilíbrio (UEQ) que corresponde àquela UR e temperatura. Da mesma forma, se a semente de arroz é colocada em embalagem hermética, o ar dentro dessa embalagem irá ganhar ou perder umidade até atingir a umidade relativa de equilíbrio (URE) correspondente à umidade do arroz e à temperatura. A semente de arroz é geralmente armazenada com umidade entre 12,5 e 14%, quando a sua embalagem não é hermética. Quando a umidade da semente é superior a 14%, torna-se necessário proceder a secagem.



A secagem de um material higroscópico, como a semente, sempre ocorre em duas etapas: a primeira refere-se à transferência da umidade da superfície das sementes para o ar ao seu redor; a segunda, à transferência da umidade do interior da semente para a superfície (Campbell, 1969; Carvalho & Nakagawa, 1983). Se a semente estiver bastante úmida (acima de 40%), poderá haver a presença de água livre na sua superfície. Durante o período inicial de secagem, ocorre primeiramente a evaporação da água superficial, numa velocidade constante. Para a continuidade do processo de secagem é necessário que ocorra a migração da água do interior da semente para a sua superfície. Com a redução do teor de umidade da semente, a remoção da água torna-se mais difícil, e a velocidade de secagem diminui. A movimentação da umidade depende da diferença de pressão de vapor entre a superfície da semente e a do ar ao seu redor. Isso significa que, quanto mais seco o ar ambiente, mais rápida será a secagem.

Se o ar ao redor da semente não estiver em movimento, absorverá a umidade liberada pela superfície da semente e a diferença de pressão de vapor rapidamente desaparecerá, paralisando o processo de secagem. Para que o processo continue, é preciso haver movimento do ar, de modo que o ar saturado de umidade seja continuamente substituído por ar mais seco.

Outra forma de aumentar a diferença da pressão de vapor consiste no aquecimento do ar que está sendo forçado através da massa de semente. Quanto mais quente o ar, mais vapor d'água ele pode conter, aumentando a sua capacidade de secagem.

Embora o aumento da temperatura do ar reduza a sua umidade relativa e proporcione uma secagem mais rápida, existe o perigo de danificar a semente com o uso de temperaturas muito elevadas. Quanto mais alta for a umidade da semente, mais ela será suscetível a esse tipo de dano. De maneira geral, a seguinte relação deve ser seguida (Gregg & Coates, 1960):

Umidade da semente	Temperatura de secagem
Acima de 18%	34°C
Entre 10 - 18%	40°C
Abaixo de 10%	45°C

A transferência de umidade da semente para o ar ambiente é função da temperatura da semente, sua composição química, estrutura física e permeabilidade do tegumento. Devido a essas características





na semente de arroz, o processo de uniformização da umidade através da migração da água do interior para a superfície da semente é bastante lento. Por essa razão, a secagem do arroz é comumente feita em diversas etapas, para possibilitar a redistribuição uniforme da umidade (Aguirre & Peske, 1992). Entre um período e outro em que o ar é forçado através da massa, a semente é mantida em repouso num silo ou numa câmara do próprio secador, por um certo tempo, até que a umidade do seu interior migre para a superfície e possa ser retirada na etapa seguinte.

### **Velocidade de secagem**

A velocidade de secagem depende do grau de saturação do ar na superfície da semente, da umidade relativa do ar e da temperatura do ar ambiente.

Durante a secagem, a temperatura da massa de semente não deve ultrapassar 45°C. Essa temperatura limite é controlada pela temperatura do ar que é insuflado na massa. No início do processo de secagem, quando o teor de umidade da semente ainda é alto, esta é muito mais sensível a elevações de temperatura. Por essa razão, é comum iniciar o processo de secagem sem aquecimento do ar. Essa operação, conhecida como aeração, é muito eficaz no início do processo de secagem.

Quanto mais baixo o teor de umidade da semente, melhor ela suportará os aumentos da temperatura de secagem, sem prejuízos a sua qualidade fisiológica. Entretanto, o calor excessivo (acima de 60°C) pode causar perdas de germinação e vigor na semente. Por outro lado, a secagem muito lenta pode também ser prejudicial à qualidade fisiológica, pois a taxa respiratória da semente úmida é muito alta. Além disso, a secagem muito demorada pode favorecer o desenvolvimento de fungos que encontram condições ideais de proliferação sob condições de alta umidade e temperatura. Com base nesses fatos, é importante o ajuste do tempo de secagem da semente para que se atinja o máximo de eficiência no processo, sem perdas significativas para a qualidade do produto. Como regra geral, considera-se que, quando a umidade da semente estiver acima de 16%, deve ser reduzida, no menor tempo possível, até este nível. Após este período crítico, e até atingir 13% de umidade, a secagem pode ocorrer mais lentamente sem grandes riscos de danos à semente.

### **Métodos de secagem**

De maneira geral, a semente de arroz deve ser armazenada com teor de umidade máximo de 13% para prolongar sua capacidade de



conservação, sem grandes perdas no poder germinativo e vigor. A secagem pode ser natural ou artificial.

### Secagem natural

Esse processo consiste em utilizar o calor do sol e o vento, sendo bastante utilizado por pequenos produtores que manipulam pequenas quantidades de semente. A semente recém-colhida é espalhada sobre um piso de cimento, asfalto, lona plástica, etc. A camada de semente não deve ultrapassar 10 cm de espessura, preferencialmente apresentando uma superfície ondulada, para aumentar a área de exposição (Vandevenne, 1984). As sementes devem ser revolvidas, periodicamente, em espaços de 30 minutos, para facilitar e uniformizar a secagem. As principais dificuldades desse sistema de secagem estão relacionadas à dependência das condições climáticas e da mão-de-obra necessária à manipulação da semente.

### Secagem artificial

Na secagem artificial é possível controlar a temperatura e a velocidade do ar, facilitando a secagem da semente. Para isso, é preciso dispor de equipamentos (secadores) especialmente projetados para esse fim.

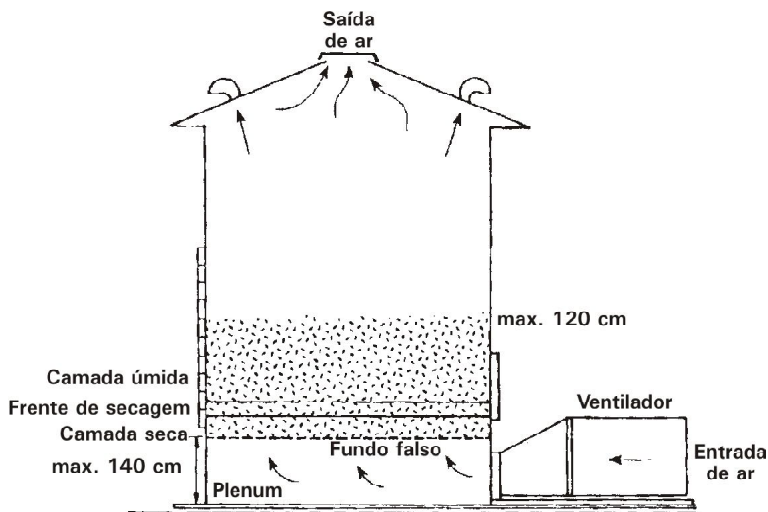
Para determinar a possibilidade da secagem da semente com ar natural em um secador, é preciso verificar a temperatura e a umidade relativa do ar e considerar a umidade de equilíbrio da semente de arroz (Tabela 21.1).

De acordo com o fluxo da semente em seu interior, os secadores são classificados em três tipos: **estacionários**, **contínuos** e **intermitentes** (Aguirre & Peske, 1992).

#### Secador estacionário

Esse é o tipo de secador ideal para sementes, principalmente para as espécies mais susceptíveis a danos mecânicos. São assim denominados porque as sementes, no seu interior, não se movimentam durante a secagem. Somente o ar ao seu redor é renovado, carregando consigo a umidade liberada pela semente. O modelo mais comum de secador estacionário é o de fundo falso (Fig. 21.5).





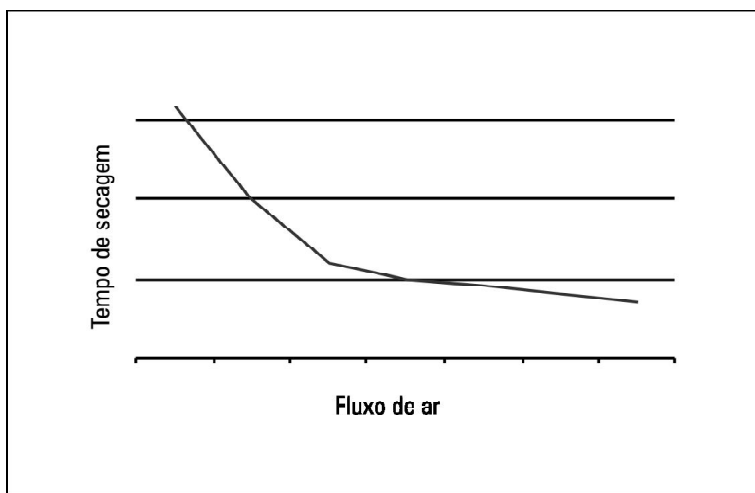
**Fig. 21.5.** Secador estacionário de fundo falso.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Dentro dos secadores estacionários o arroz pode ser secado somente com ar na temperatura ambiente. A secagem se dá em camadas, com a formação de uma frente de secagem que se move lentamente da base para o topo da massa de grãos. Conforme o ar passa pela semente úmida, carrega consigo a umidade liberada pelos grãos, fato que aumenta a umidade relativa e resfria o ar. Quando o ar atinge uma certa umidade relativa, que varia conforme a umidade e a temperatura do arroz, ele atinge a umidade de equilíbrio e o processo de secagem é interrompido. Nesse ponto, o arroz abaixo da frente de secagem está com a temperatura e umidade em equilíbrio com o ar que está sendo insuflado. O processo de secagem termina quando a frente de secagem atinge o topo da massa de grãos dentro do silo.

Quando a umidade do ar atmosférico e a umidade da semente são altas torna-se necessário aumentar a velocidade de secagem, que pode ser obtida: 1) aumentando o fluxo de ar; 2) aumentando a temperatura do ar; 3) baixando a umidade relativa do ar insuflado. Pequenos aumentos no fluxo de ar diminuem significativamente o tempo de secagem quando a quantidade de ar insuflado é baixa (Fig. 21.6). Entretanto, quando já se está secando com um fluxo de ar alto, aumento no volume de ar insuflado causa somente pequenos decréscimos no tempo de secagem.





**Fig. 21.6.** Efeito do fluxo de ar no tempo de secagem do arroz com ar natural.

Fonte: Adaptada de Thompson (2003).

Para se aproveitar ao máximo a capacidade de secagem com secadores estacionários, deve-se concentrar a secagem durante os períodos de temperatura mais alta e umidade relativa mais baixa.

Conforme mencionado anteriormente, pode-se diminuir o tempo de secagem em silos secadores aquecendo o ar insuflado. Entretanto, essa prática pode colocar em risco a qualidade da semente localizada na parte mais alta do silo, pois ela pode ficar exposta à umidades muito altas e até à condensação, caso o fluxo de ar não seja também aumentado.

A umidade do ar pode ser controlada separadamente da temperatura do ar, utilizando-se sistemas especiais com desumidificadores. Alguns desses sistemas insuflam ar a uma determinada umidade relativa e temperatura dentro de condições controladas de armazenamento. Esses sistemas geralmente são caros para instalar e operar.

O aumento do fluxo de ar durante a secagem pode ser conseguido diminuindo a altura da massa de semente dentro do silo, instalando um segundo ventilador ou, ainda, instalando um sistema de aletas que movimentam um pouco a semente durante a secagem.

Os secadores estacionários, quando comparados com outros tipos, são geralmente mais lentos, necessitando mais tempo para



secar a mesma quantidade de semente. Essa desvantagem é compensada pelo menor risco de dano mecânico à semente e pela maior facilidade de limpeza, preservando a qualidade fisiológica e a pureza varietal do lote. A secagem de arroz em secadores estacionários não interfere na qualidade da semente e, quando utilizado ar ambiente, apresentam menos fissuras que as secadas em secador intermitente (Rangel et al., 1997). A título de ilustração, esses estudos determinaram que o fluxo de ar de  $1 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ t}^{-1}$  é suficiente para secar uma camada de até 5 metros de altura de sementes de arroz com até 19,7% de umidade em secador estacionário com ar ambiente.

#### Secadores contínuos

Os secadores contínuos não são recomendados para secagem de sementes devido à grande possibilidade de causar danos mecânicos, além da dificuldade de se proceder à limpeza interna, imprescindível para evitar misturas varietais. Esse tipo de secador é utilizado para secagem de grandes quantidades de grãos, num espaço de tempo relativamente curto. A massa de grãos no seu interior circula continuamente, em sentido contrário ao ar aquecido insuflado, até atingir a umidade desejada. Os grãos ficam em contato com o ar quente durante todo o tempo de secagem.

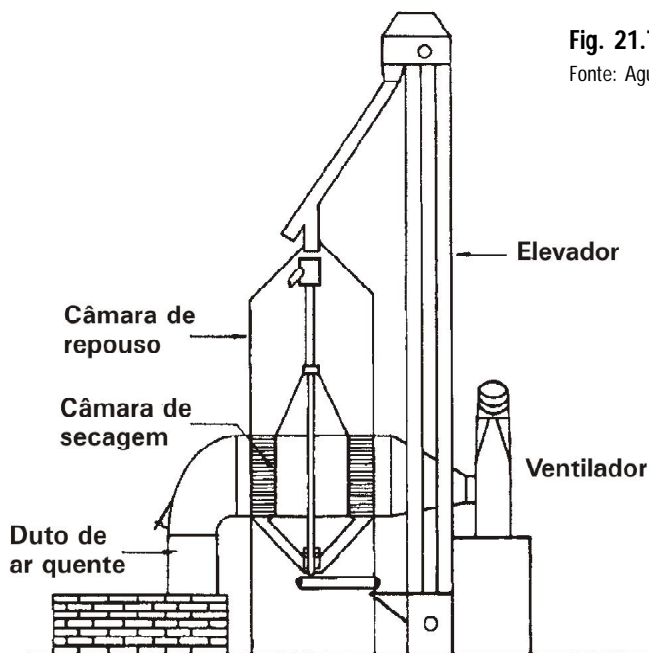
Os secadores contínuos, embora não sejam recomendados para secagem de semente, são utilizados por alguns produtores que confiam na resistência da semente de arroz aos danos mecânicos. Nesse caso, é importante que se tomem alguns cuidados. A temperatura do ar que passa pela massa de sementes não deve ultrapassar  $45^\circ\text{C}$  e, como a uniformização da umidade no interior da semente de arroz é mais lenta do que em outras espécies, recomenda-se que o processo seja feito em duas etapas: na primeira, reduz-se o teor de umidade para 16%, descarrega-se o secador e espera-se a uniformização da umidade em um silo; após, retorna-se a semente ao secador para completar o processo de secagem até 13%. Motta et al. (1999) estudou a adaptação do método contínuo de secagem para o arroz e concluiu que as sementes podem ser submetidas a temperaturas do ar de até  $60^\circ\text{C}$  e  $50^\circ\text{C}$ , respectivamente, nas câmaras superior e inferior do secador. Tais temperaturas causam fissuras que reduzem acentuadamente a porcentagem de grãos inteiros para consumo, mas não influenciam na qualidade fisiológica da semente.



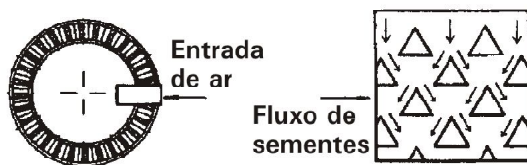
## Secadores intermitentes

Esses secadores trabalham com um fluxo de semente por gravidade, com alimentação pela parte superior e descarga na parte inferior (Fig. 21.7). Diferem dos secadores contínuos pelo fato de a semente ficar em contato com o ar quente somente quando está passando pela câmara de secagem. Nesse sistema, a semente circula lentamente, o que favorece o processo de uniformização da umidade durante a sua movimentação no interior do secador.

Os secadores intermitentes intercalam períodos de exposição da semente ao ar aquecido com períodos de descanso, quando a umidade se uniformiza no interior do grão. Esse período de repouso é muito importante para prevenir fissuras na semente.



**Fig. 21.7.** Secador intermitente rápido.  
Fonte: Aguirre & Peske (1992).



**Detalhe da câmara de secagem**



A velocidade de secagem do sistema intermitente é maior que no sistema estacionário. Esse fato, aliado à maior resistência da semente de arroz a danos mecânicos, tem contribuído para uma utilização mais ampla desse sistema pelos produtores de sementes de arroz.

## **BENEFICIAMENTO DE SEMENTES**

O beneficiamento compreende o conjunto de operações a que a semente é submetida, desde a sua entrada na UBS até à embalagem, com o objetivo de melhorar a aparência e a pureza dos lotes de semente, bem como combater pragas e doenças. Durante o processo de beneficiamento, são utilizados máquinas e equipamentos específicos para a separação do arroz e seus contaminantes.

Quando se trabalha com arroz, a vida útil dos equipamentos da UBS é bem menor, devido à característica abrasiva desse tipo de semente, afetando, inclusive, as peneiras utilizadas, cujas perfurações vão alargando após alguns anos de utilização. Como solução paliativa para esse desgaste, sempre que possível, as partes mais expostas à abrasão devem ser revestidas com borracha.

A seguir, são descritas as diversas etapas do beneficiamento de sementes, cada uma com características e objetivos distintos, e que compreendem as operações de limpeza, classificação, tratamento e movimentação dos lotes na UBS.

### **Pré-limpeza**

Toda semente procedente do campo, antes do processo de secagem, deve passar pela máquina de pré-limpeza, onde é feita a retirada de parte das impurezas, visando a facilitar as operações subseqüentes. Essa operação é feita, geralmente, com máquinas que possuem uma ou duas peneiras, dotadas ou não de ventilador. A pré-limpeza tem a função de retirar os restos culturais como palhas, folhas verdes, sementes de plantas daninhas, terra e insetos que possam dificultar a passagem da semente pelos elevadores e reduzir a eficiência dos processos de secagem e beneficiamento.

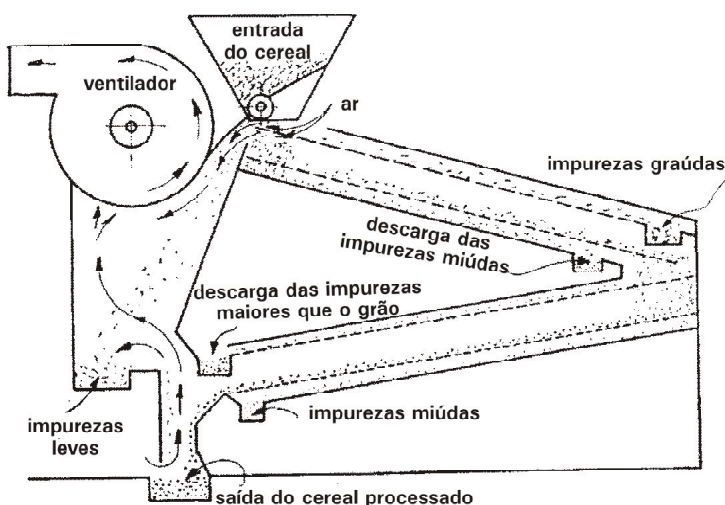
Nas máquinas de pré-limpeza com duas peneiras, a peneira superior separa os contaminantes maiores que a semente, como



pedaços de planta, pedras e torrões. A peneira inferior efetua a separação das impurezas menores que a semente, tais como areia, terra, pequenas sementes de plantas daninhas, etc. Algumas das vantagens da pré-limpeza referem-se à: remoção das impurezas maiores, que dificultam o fluxo da massa de sementes pelas máquinas e transportadores; remoção do material ainda verde, com alto teor de umidade, facilitando a operação de secagem; melhoria da eficiência das operações subseqüentes, possibilitando melhor classificação do produto; e aumento da capacidade da máquina de ar e peneiras.

## Limpeza

A operação de limpeza da semente de arroz, como da maioria das outras culturas, é realizada pela máquina de ar e peneiras (MAP), considerada como a máquina básica da UBS (Harmond et al., 1968; Welch, 1973). Esse equipamento é composto geralmente de jogos de peneiras com perfurações muito próximas ao tamanho da semente, que servem para remover as impurezas que a pré-limpeza deixou passar. Possui, ainda, um sistema de ventilação que aspira, ou sopra, as impurezas mais leves que a semente (Fig. 21.8).



**Fig. 21.8.** Diagrama esquemático de uma máquina de ar e peneiras (com quatro peneiras).

Fonte: Adaptada de Harmond et al. (1968).





Como os lotes de sementes de arroz variam muito quanto à natureza dos contaminantes e ao tamanho da semente, a seleção correta das peneiras é muito importante. As peneiras são divididas em quatro tipos, conforme suas perfurações: peneiras de furos redondos; oblongos; triangulares; e as peneiras de tela com aberturas (Aguirre & Peske, 1992). Para o beneficiamento da semente de arroz, utilizam-se, com frequência, peneiras com perfurações redondas e oblongas.

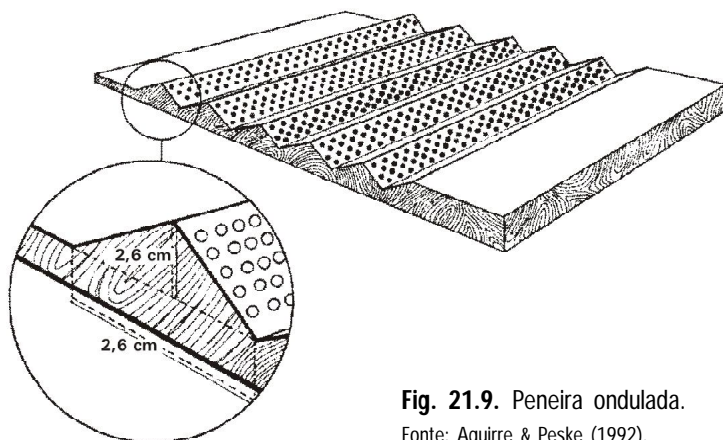
Na MAP, a semente de arroz passa através da peneira superior, com perfurações redondas, para separar as impurezas com largura superior à largura da semente. A peneira inferior, com perfurações oblongas, retém a semente de arroz e deixa passar as impurezas menores. Alguns modelos possuem um jogo adicional de peneiras, com funções similares às descritas anteriormente.

Um dos principais contaminantes das lavouras de arroz, especialmente nos cultivos irrigados, é o arroz vermelho, planta daninha da mesma espécie do arroz cultivado (*Oryza sativa*, L.) e responsável pela condenação de muitos lotes para comercialização como semente. Durante muitos anos, produtores de arroz utilizaram a MAP para remoção das sementes de arroz vermelho, as quais possuíam características morfológicas muito distintas das do arroz cultivado. No entanto, aparentemente, essa prática promoveu uma forte seleção nas sementes de arroz vermelho, ao deixar passar nas peneiras de classificação somente os grãos com dimensões e formato semelhantes aos do arroz cultivado. Além disso, a alta taxa de cruzamento natural entre o arroz cultivado e o arroz daninho, certamente contribuiu para a situação atual, em que o arroz vermelho produz grãos longos e finos, muito similares aos grãos das cultivares utilizadas pelos produtores e que não podem mais ser eliminados pelas máquinas de beneficiamento.

No beneficiamento da semente de arroz, podem também ser utilizadas peneiras onduladas (Fig. 21.9). Essas peneiras ajudam a direcionar as sementes no sentido longitudinal, facilitando a separação, além de aumentar a superfície de contato entre a semente e a peneira. Entretanto, por retardar o fluxo da semente, essas peneiras reduzem a capacidade da máquina em aproximadamente 30% (Aguirre & Peske, 1992).

Após a limpeza na MAP, a semente é levada, quando necessário, para as máquinas de classificação, que fazem o acabamento final e o aprimoramento do produto.





**Fig. 21.9.** Peneira ondulada.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

## Máquinas de classificação

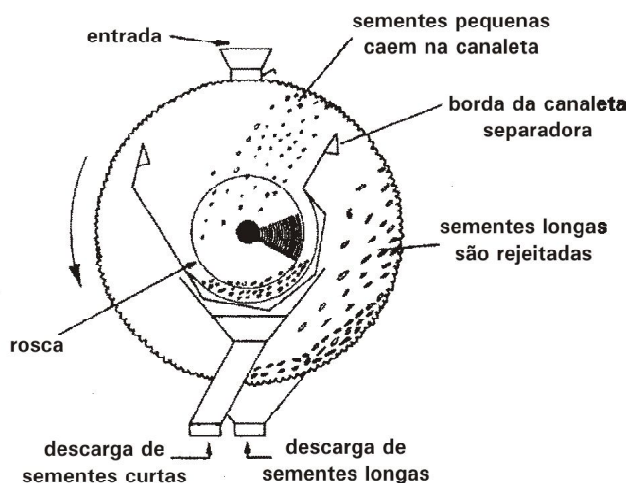
As máquinas de classificação são responsáveis pelo acabamento mais aprimorado do beneficiamento, ou seja, são equipamentos especializados para separar o produto com base em certas características físicas diferenciais para uma separação mais perfeita da semente e das impurezas. As máquinas de classificação são utilizadas quando o lote de sementes apresenta materiais indesejáveis, que não podem ser completamente eliminados pela máquina de ar e peneiras.

## Separador de cilindro alveolado

Esse equipamento é composto de um cilindro rotativo horizontal que possui uma calha interna longitudinal e classifica a semente com base no seu comprimento. A superfície interna do cilindro é formada por pequenos alvéolos esféricos (Fig. 21.10). Quando em operação, a semente percorre o interior do cilindro em rotação, pela sua parte inferior. O material mais curto aloja-se nos alvéolos e, com o movimento rotatório, é elevado até a parte superior do cilindro. Em determinada altura, essas impurezas desprendem-se dos alvéolos e são recolhidas pela calha no interior do cilindro. Os cilindros podem ser trocados por outros com alvéolos de tamanhos diferentes, conforme as características físicas das impurezas a serem removidas.

Os cilindros alveolados são muito utilizados no beneficiamento de arroz, para separar, principalmente, sementes descascadas e quebradas que não tenham sido separadas na MAP.





**Fig. 21.10.** Vista de corte do separador cilíndrico, mostrando como as sementes curtas são separadas das sementes longas e depositadas na canaleta.

Fonte: Welch (1973).

### Separador de discos alveolados

O separador de discos consiste em uma série de mais de 20 discos que giram em torno de um eixo horizontal, no interior de uma estrutura fechada. Cada disco tem as duas faces repletas de concavidades em forma de alvéolos. Quando em funcionamento, a semente flui pela parte mais baixa da estrutura, entrando em contato com os discos em rotação. Similarmente ao que ocorre no cilindro alveolado, as impurezas com comprimento menor que a semente alojam-se nos alvéolos e são removidas do lote de sementes. Sementes de arroz descascadas, quebradas e algumas sementes de plantas daninhas são retiradas por esta máquina. Por tratar-se de um equipamento similar ao cilindro alveolado e ter um custo bem mais elevado, sua utilização no Brasil é bastante limitada.

### Mesa densimétrica

A mesa densimétrica, ou mesa de gravidade, separa materiais que, embora apresentem as mesmas dimensões que a semente, possuem diferenças quanto à massa. À medida que as sementes entram em contato com a parte superior da mesa, sofrem a ação da corrente de ar que sopra do interior, através da superfície porosa. A quantidade de ar é regulada de forma a manter flutuando as sementes ou impurezas mais leves, sem, contudo, afetar as sementes bem formadas e mais densas.



Para efetivamente propiciar a separação desses materiais com diferentes densidades, a mesa é inclinada e dotada de um sistema de vibração, no sentido da lateral inferior para a superior. As sementes e outras partículas mais leves se mantêm flutuando, não sendo, portanto, afetadas pelo movimento vibratório. Dessa forma, essas impurezas tendem a deslocar-se para a parte inferior da mesa. As sementes mais densas, em contato com o topo da mesa, recebem o impulso da vibração e são deslocadas para a parte superior. O movimento vibratório e a corrente de ar provocam uma estratificação do lote, de acordo com a densidade de seus componentes, descarregando, na parte inferior da mesa, as sementes mais leves e na parte superior, as sementes mais densas.

Embora a mesa de gravidade seja ocasionalmente dispensável no beneficiamento de sementes de arroz irrigado produzido em várzeas, tem se mostrado um equipamento bastante útil quando se trata de arroz de terras altas. Como o arroz de terras altas, especialmente o plantado em condições de sequeiro, está mais sujeito a estresses ambientais na lavoura, é freqüente a ocorrência de sementes que, mesmo não diferindo das demais na forma ou nas dimensões, são mais leves e de menor qualidade. Como existe uma relação direta entre a densidade da semente e a sua qualidade fisiológica (Popinigis, 1985), a mesa de gravidade, além de limpar o lote, contribui também para melhorar a qualidade fisiológica.

Esse equipamento deve ser instalado sempre ao final da linha de beneficiamento, após todas as máquinas de limpeza e classificação, posicionado antes do tratamento químico (quando for o caso) e do ensaque.

## Transportadores

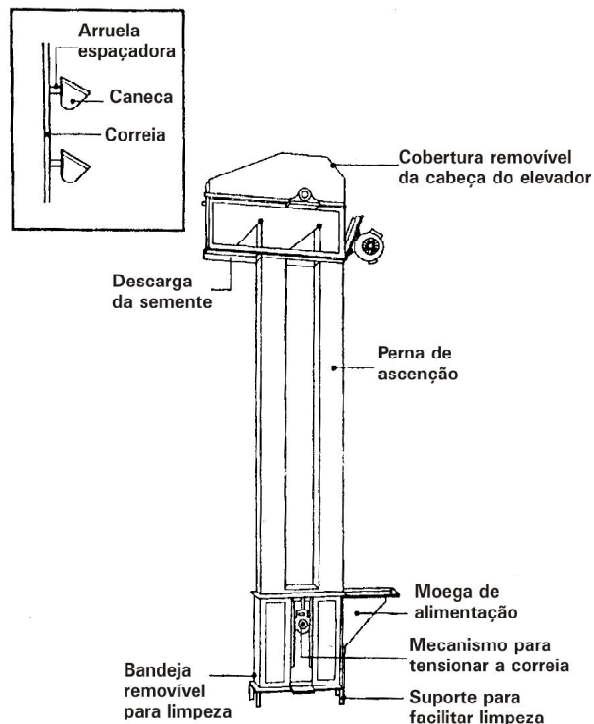
Para que as sementes se movimentem de uma máquina para outra dentro da UBS, são utilizados diversos tipos de transportadores. Esses equipamentos, embora indispensáveis, geralmente oferecem maior risco de danos mecânicos à semente ou de promoverem mistura de variedades. Alguns transportadores usualmente utilizados no beneficiamento da semente de arroz são descritos a seguir.

### Elevadores de canecas

Os elevadores têm a finalidade de conduzir as sementes a uma altura suficiente para descarregá-las em outra máquina do fluxo de beneficiamento. O elevador (Fig. 21.11) é composto de duas "pernas", caixas alongadas de chapa galvanizada ou madeira, dentro das quais corre uma correia onde estão fixadas as canecas que transportam as sementes. O "pé" do elevador possui um sistema para alongar a correia e duas bocas de entrada das sementes.



Para o manuseio de sementes, é preferível utilizar a boca de alimentação onde as canecas estão em movimento ascendente, para diminuir os riscos de danos mecânicos. A “cabeça” do elevador possui o motor e a boca de descarga. Também com o objetivo de diminuir os danos mecânicos e o desgaste das peças metálicas, deve-se dar preferência aos elevadores que possuem a cabeça revestida com borracha e que operam com velocidades mais baixas, ao redor de  $1 \text{ m s}^{-1}$  (Aguirre & Peske, 1992).



**Fig. 21.11.** Detalhes de desenho de um elevador de canecas para sementes.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Outro detalhe a ser verificado é a facilidade de limpeza. Com a diversidade de cultivares processadas em uma UBS, é importante que o elevador seja construído de forma que a limpeza seja facilitada. Alguns tipos possuem as paredes laterais e o fundo do seu pé removíveis. As canecas devem ser fixadas à correia com uma arruela de borracha que as mantenham distantes da correia, evitando que as sementes se alojem entre a correia e a caneca.



de descarga, que conecta a cabeça do mesmo à máquina seguinte, tenha uma inclinação mínima que permita a semente fluir, por gravidade, no seu interior. Enquanto sementes que escorregam facilmente, como as da soja e do feijão, aceitam um declive de 45 graus, a semente de arroz requer uma inclinação maior, entre 50 - 60 graus (Welch, 1973).

#### Correia transportadora

As correias transportadoras são muito utilizadas para o transporte de sementes na forma horizontal ou com pouca inclinação. Não causam danos mecânicos e algumas são de fácil limpeza. Podem ser alimentadas em qualquer ponto e alguns modelos são reversíveis, descarregando em ambas as extremidades ou em qualquer ponto intermediário, quando providas de um sistema móvel de descarga.

#### Transportador vibratório

O transportador vibratório também é utilizado para transporte horizontal, principalmente para pequenas distâncias. Quando instalado sobre outros equipamentos, pode provocar vibrações indesejáveis.

#### Rosca helicoidal

Esse equipamento, também conhecido como rosca-sem-fim, não é indicado para sementes por apresentar alto risco de dano mecânico. Pode transportar sementes em posição inclinada. Como a semente de arroz, pela sua anatomia, possui proteção natural contra danos mecânicos, algumas unidades de beneficiamento ainda utilizam esse equipamento. Uma forma de minimizar a ocorrência de danos à semente consiste em trabalhar com 70% da sua capacidade (Aguirre & Peske, 1992).

### **Tratamento de sementes**

O tratamento visa proteger a semente contra fungos, bactérias e insetos. É a última operação dentro da UBS, antes do ensacamento. As tratadoras são compostas, basicamente, de um elemento dosador do produto químico e de um sistema que distribui o produto nas sementes. É importante considerar que, caso não seja utilizada para plantio, essa semente, dependendo do produto químico utilizado, não poderá ser utilizada como grão para consumo humano ou animal. Existem, basicamente, dois tipos de equipamentos para tratar as sementes: os que trabalham com produtos líquidos e os que trabalham com produtos em pó.



## REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, R.; PESKE, S. T. **Manual para el beneficio de semillas**. 2. ed. Cali: CIAT, 1992. 247 p.
- ANDALES, S. C. Rice drying. In: THE UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES. **Rice production manual**: Philippines. rev. ed. Los Baños, 1983. p. 398-423.
- ARAULLO, E. V.; PADUA, D. B. de; GRAHAM, M. (Ed.). **Rice**: postharvest technology. Ottawa: International Development Research Centre, 1976. 394 p.
- BECK, J. M. **How a psychrometric chart is used to determine air properties**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1970. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.
- CAMPBELL, B. **Fundamentals of seed drying**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1969. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 313-341.
- GREGG, B. R.; COATES, E. S. **Grain and seed drying fundamentals**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1960. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- HARMOND, J.; BRANDENBURG, N. R.; KLEIN, L. M. **Mechanical seed cleaning and handling**. Washington: USDA, 1968. 56 p. (USDA. Agriculture Handbook, 354).
- HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v. 3, p. 145-245.
- HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Agricultural process engineering**. 3. ed. Westport: AVI, 1982. 422 p.
- MATTHES, R. K.; RUSHING, K. W. **Seed drying and conditioning**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1972. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- MOTTA, W. A.; VILLELA, F. A.; ZIMMER, G. J. Adaptação do método contínuo de secagem para sementes de arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1019-1025, out./dez. 1999. Suplemento.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: [s.n.], 1985. 289 p.
- RANGEL, M. A. S.; ZIMMER, G. J.; VILLELA, F. A. Secagem estacionária de sementes de arroz com ar ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 10, p. 1081-1090, out. 1997.
- THOMPSON, J. F. Principles of rice drying. In: RICE QUALITY WORKSHOP, 2003, Davis, California. **Rice quality**. Davis: University of California, 2003. 8 p.
- VANDEVENNE, R. **Production et controle des semences de riz en zone tropicale**. Paris: IRAT, 1984. 495 p. (IRAT. Memoires et Travaux, 4).
- WELCH, G. B. **Beneficiamento de sementes no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1973. 205 p.
- WELCH, G. B.; DELOUCHE, J. C. **Seed processing and storage facilities for tropical areas**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1967. 1 v. (American Society of Agricultural Engineers. Paper No. 67-318).



# Armazenamento

*Tetuo Hara*

**RESUMO** - O armazenamento é uma etapa pós-colheita do sistema produtivo, cujo objetivo principal é o de preservar a viabilidade e o vigor da semente destinada ao plantio ou a qualidade do grão para o consumo ou processamento industrial. Existem diversos fatores bióticos e abióticos que interferem na qualidade do produto armazenado, cuja deterioração é decorrente da interação entre variáveis físicas, químicas e biológicas. A tomada de decisão quanto aos procedimentos a serem observados para um armazenamento seguro deve ser embasada no tipo de produto a ser conservado, no sistema de armazenagem disponível, nas condições climáticas locais e nos custos envolvidos. A lei nº 9.973, de 29/05/2000 que dispõe sobre a armazenagem de produtos agropecuários e o Decreto nº 3.855, de 03/07/2001 que regulamenta a referida lei deverão disciplinar o sistema de armazenagem no Brasil. Neste capítulo, são enfocados conceitos básicos e práticas de armazenamento de arroz, grãos ou sementes, para aplicação em situações diversas de forma a evitar perdas quantitativas e qualitativas do produto armazenado.

## INTRODUÇÃO

O armazenamento é uma etapa pós-colheita do sistema de produção, cujo objetivo principal é o de preservar a qualidade do produto para plantio, no caso de sementes, ou para a industrialização ou consumo, no caso de grãos. O arroz armazenado, como grão ou semente, representa um produto de valor agregado considerável, o que deve ser sempre levado em consideração. Ademais, deve-se ter em mente que, nas diversas operações e procedimentos realizados durante o armazenamento, está sendo manipulado um **alimento** que, de forma direta ou indireta, irá terminar na mesa do consumidor.

A cultura do arroz no mundo, e em especial no Brasil, é praticada sob diferentes níveis tecnológicos. O método de colheita, por exemplo, varia desde aquele feito manualmente, com o produto deixado em medas no campo por alguns dias, até a colheita totalmente mecanizada e armazenada em silos. A diversidade de práticas de manejo, utilizadas na cultura do arroz, torna relativamente complexa a abordagem sobre o armazenamento desse produto. Neste capítulo são enfocados conceitos básicos e práticas de armazenamento de arroz, não só de sementes para plantio, mas também de grãos destinados ao beneficiamento ou à industrialização, possibilitando a sua aplicação em situações diversas de forma a evitar perdas quantitativas e qualitativas do produto armazenado.

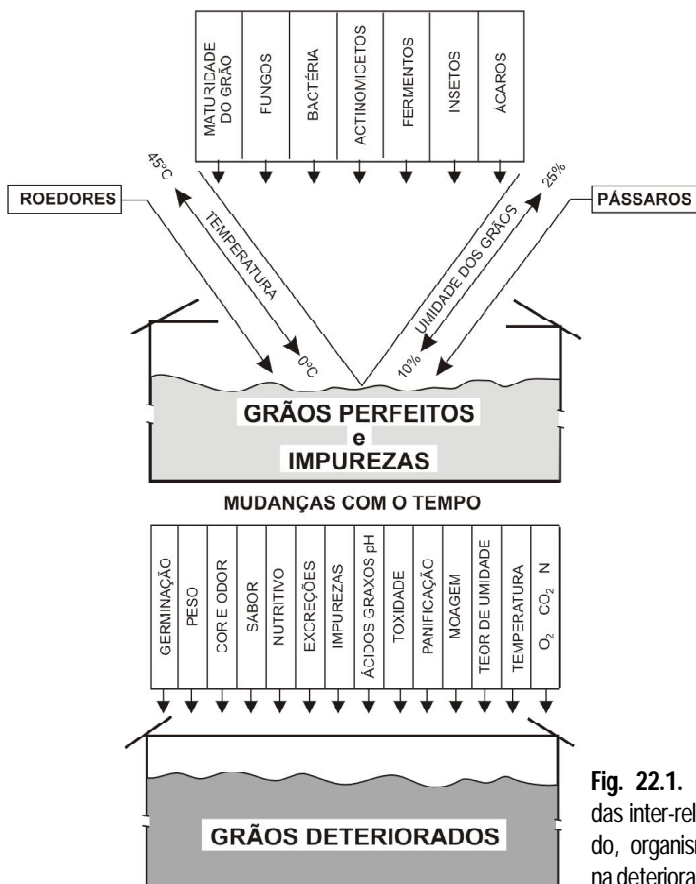




## FATORES QUE AFETAM O ARMAZENAMENTO

O histórico da semente, ou grão, isto é, as condições ambientais e de manejo a que o produto esteve sujeito antes do armazenamento, é altamente relevante para a sua conservação. Aliados às características varietais, os tratos culturais empregados na condução da lavoura, as condições de solo e clima, a ocorrência de pragas, o método de colheita utilizado, o transporte e as operações de limpeza, processamento e secagem são fatores que se refletem no comportamento do produto durante o armazenamento (Basra, 1995).

O produto armazenado constitui um ecossistema, muito bem descrito por Sinha & Muir (1973), onde ocorrem as interações dos fatores bióticos e abióticos. Assim, a deterioração de grãos armazenados é o resultado destas interações. O diagrama esquemático mostrado na Fig. 22.1 representa esse conceito com uma visão de conjunto.



**Fig. 22.1.** Diagrama de representação das inter-relações do produto armazenado, organismos e seu ambiente abiótico na deterioração de grãos armazenados.

Fonte: Sinha & Muir, 1973.



Além das características intrínsecas do produto, as variáveis biológicas que contribuem para a deterioração e depreciação da qualidade de grãos e sementes armazenados são representadas pelas bactérias e pelos fungos, actinomicetos, fermentos, insetos, ácaros, pássaros e roedores.

As variáveis físico-químicas são influenciadas principalmente pela umidade e temperatura, tanto dos compostos orgânicos como dos inorgânicos, destacando-se os importantes papéis exercidos pela  $H_2O$ ,  $CO_2$  e  $N_2$  e pela energia liberada nas reações bioquímicas, promovendo aquecimento da massa e aumento do teor de umidade do produto armazenado.

### Umidade e temperatura

Na prática, a temperatura e a umidade, tanto do produto como do ambiente de armazenagem, são as variáveis mais importantes no monitoramento e controle da "saúde" do produto armazenado. A umidade dos grãos, expressa em porcentagem, pode ser calculada em base úmida (b.u.) ou base seca (b.s.), como segue:

a. Umidade em percentual base úmida

$$\% \text{ (b.u.)} = \left( \frac{Pa}{Pt} \right) \times 100$$

onde:

$Pa$  = Massa de água contida no produto;

$Pt$  = Massa total do produto, em que;

$Pt = Pa + Pms$ ;

$Pms$  = Massa da matéria seca do produto.

b. Umidade em percentual base seca

$$\% \text{ (b.s.)} = \left( \frac{Pa}{Pms} \right) \times 100$$

A conversão da umidade determinada em base úmida para base seca, ou vice versa, pode ser feita aplicando-se as seguintes fórmulas:

$$\% \text{ (b.u.)} = \frac{\% \text{ (b.s.)}}{100 + \% \text{ (b.s.)}} \times 100$$

ou:

$$\% \text{ (b.s.)} = \frac{\% \text{ (b.u.)}}{100 - \% \text{ (b.u.)}} \times 100$$



A umidade expressa em base úmida é a mais usual em operações de armazenagem e para fins de comercialização, enquanto a expressa em base seca é mais utilizada em trabalhos de pesquisa científica.

### **Equilíbrio higroscópico**

A umidade do grão mantém uma relação muito estreita com a umidade do ambiente que o envolve. Assim, o produto é capaz de perder ou absorver água, de acordo com a umidade do ambiente.

Podemos conceituar o equilíbrio higroscópico de um grão como a umidade do mesmo após ter sido exposto a um determinado ambiente por um tempo muito prolongado, ou, também, como a umidade cuja pressão de vapor interna do produto está em equilíbrio com a pressão de vapor do ambiente em que se encontra.

Na prática a “umidade do ar” ambiente é expressa em termos de Umidade Relativa do Ar que é a razão entre pressão de vapor d’água existente no ar pela pressão de vapor d’água do ar saturado na mesma temperatura e pressão atmosférica, expressa em percentual.

Assim, se a pressão de vapor da umidade do grão for superior à pressão de vapor do ar, haverá transferência de água do grão para o ambiente, o que se constitui o processo de secagem. Na situação inversa, quando a pressão de vapor do ar for maior que a pressão de vapor do grão, haverá transferência de água do ar para o produto, resultando no umedecimento do grão.

O equilíbrio higroscópico varia de acordo com a espécie vegetal e o seu conhecimento é muito importante, tanto para as operações de secagem como para o armazenamento e, principalmente, para as operações de aeração (American Society of Agricultural Engineers, 2000).

No capítulo 21 deste livro, é apresentada uma tabela, contendo os valores de equilíbrio higroscópico do arroz em casca, armazenado sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa.

A primeira equação para cálculo do equilíbrio higroscópico foi desenvolvida por Henderson & Perry (1966) e serviu de base para os demais modelos empíricos, com seus respectivos coeficientes de ajuste ou constantes específicas para cada produto. A escolha do modelo adequado depende dos objetivos e da faixa de precisão de temperatura e de teor de umidade. Quaisquer dos modelos descritos a seguir podem ser aplicados para determinar o equilíbrio higroscópico do arroz em casca. Na Tabela 20.2 encontram-se os valores obtidos pela aplicação dessas equações.



## a. Equação de Henderson

$$U_e = \left[ \frac{\ln(1 - UR)}{-c(t - 273,16)} \right]^{\frac{1}{n}}$$

onde:

$U_e$  - equilíbrio higroscópico expresso em % teor de umidade do grão (b.s.)

UR - umidade relativa do ar, em decimal

$t$  - temperatura (°C)

$c$  e  $n$  - constantes específicas de cada produto

Para o arroz, os valores de  $c$  e  $n$  utilizados na equação de Henderson não foram encontrados na literatura consultada.

## b. Equação de Henderson modificada

$$U_e = \left[ \frac{\ln(1 - UR)}{-c(t + a)} \right]^{\frac{1}{n}}$$

onde:  $n$ ,  $c$  e  $a$  - constantes específicas de cada produto para o arroz em casca:

$$n = 2,4451$$

$$c = 1,9187 \times 10^{-5}$$

$$a = 51,161$$

## c. Equação de Chung-Pfost

$$U_e = [100 [a - b \ln(-1 + c) \ln(UR)]]$$

onde, para o arroz em casca:

$$a = 0,29394$$

$$b = 0,046015$$

$$c = 35,703$$

## d. Equação Copace (Corrêa et al., 1996)

$$U_e = \exp \{a - bt + c(UR)\}$$

onde, para o arroz em casca:



$$a = 1,957109$$

$$b = 8,078339$$

$$c = 1,445276$$

e. Equação Sigma Copace (Corrêa et al., 1996)

$$U_e = \exp \{a - b t + c \exp (UR)\}$$

onde, para o arroz em casca:

$$a = 1,515678$$

$$b = 7,038630 \times 10^{-3}$$

$$c = 0,699635$$

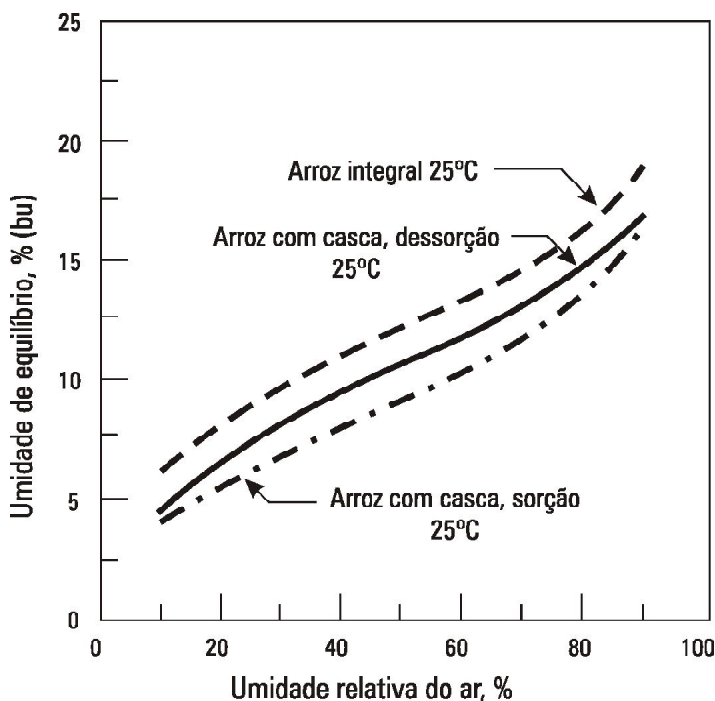
Corrêa et al. (1996) desenvolveram, no Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR – [www.centreinar.org.br](http://www.centreinar.org.br)) e no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, um programa computacional denominado **UMIGRÃO** - Umidade de Grãos, que determina facilmente o equilíbrio higroscópico do arroz e de diversos outros produtos, em base úmida e seca, utilizando cinco equações, para diferentes temperaturas e umidade relativas.

As isotermas de equilíbrio higroscópico obtidas para o efeito de sorção são diferentes das obtidas para o efeito de dessorção. Segundo Sinha & Muir (1973), a água adsorvida por materiais higroscópicos, como o grão de arroz, exerce pressão de vapor menor que a água livre (Fig. 22.2). Observa-se que as isotermas de equilíbrio higroscópico do arroz são diferentes para o arroz integral e para o arroz em casca.

É muito comum, principalmente na Região do Brasil Central, o arroz entrar no armazém ou em silos graneleiros, com umidade entre 13 e 14% (b.u.) e, 6 meses após, apresentar teor de umidade em torno de 9% (b.u.) ou menos. Nessa região, condições de temperatura de 30°C, ou acima, e umidade relativa de 40%, ou abaixo, são comumente encontradas nos armazéns. Para essas condições (30°C e 40%UR), o grão de arroz em casca atinge o equilíbrio higroscópico na faixa de 9,00 a 9,66% de umidade.

Ademais, é muito importante ter em mente que o tempo requerido na transferência de água do grão para o exterior é, de modo geral, muito menor que o requerido pelo processo inverso, na reumidificação do grão, quando absorve vapor d'água do ar ambiente. Essa relação de tempo ainda não foi determinada para o arroz, mas, no caso do milho, é de sete vezes. Isto significa que grãos de milho transferem água para o ar ambiente em um tempo sete vezes maior que a condição equivalente inversa.





**Fig. 22.2.** Isotermas de equilíbrio higroscópico do arroz.

Fonte: Sinha & Muir (1973).

Isso permite certas vantagens, principalmente operando-se com aeração, pois em períodos chuvosos ou de umidade relativa elevada, não há necessidade de desligar o sistema de aeração por receio de umedecimento excessivo dos grãos. Em períodos de cinco a seis dias sob condições de alta umidade, com apenas um dia favorável, com umidade relativa baixa, é suficiente para reajustar a umidade.

Além da manutenção do nível de umidade dos grãos, a aeração tem por finalidade homogeneizar a umidade e a temperatura da massa de grãos armazenados (Sinha, 1973). Dessa forma, é recomendável que se tire proveito das temperaturas mais baixas que ocorrem durante a noite, desligando-se o sistema de aeração pela manhã, sem risco de re-hidratação dos grãos.

Da mesma forma, na maioria dos casos, não há necessidade de interromper a aeração durante a ocorrência de chuva porque a temperatura do ar ambiente é geralmente mais baixa nessas condições e, mesmo que a umidade relativa esteja alta, um período de aeração posterior, 1/5 ou 1/6 menor, sob condições favoráveis, é suficiente para compensar a umidade absorvida durante o período mais úmido, sem comprometimento da qualidade do produto armazenado.



Em diversas regiões brasileiras prevalecem climas com temperaturas e umidade relativa elevadas, que são desfavoráveis ao armazenamento do arroz. A aeração com ar resfriado representa uma operação que propicia um armazenamento seguro. Esse processo consiste em uma unidade móvel, com múltiplos compressores, em que o ar é resfriado e passa por um tubo flexível, acoplado a um ventilador de aeração. O controle do sistema é automatizado e programável permitindo controlar a temperatura do ar resfriado (Fig. 22.3).

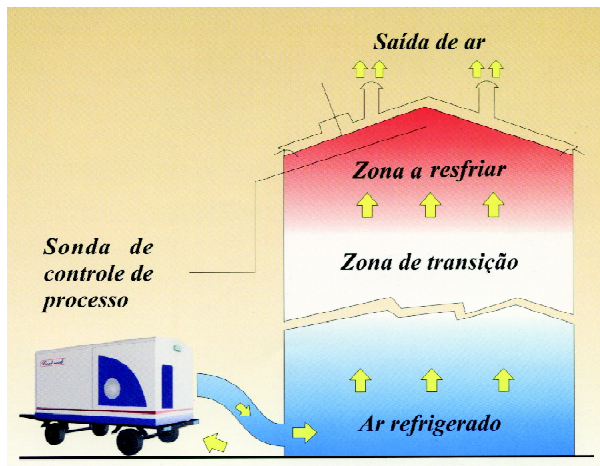


Fig. 22.3 Sistema comercial de refrigeração de grãos armazenados.

Normalmente, resfria-se a massa de grãos armazenados a temperaturas entre 16 e 18°C, faixa na qual ocorre inibição do desenvolvimento de insetos.

Como a massa de grãos, com seus espaços intergranulares, é um bom isolante térmico, algumas experiências práticas com arroz, em Santa Catarina, e com trigo, no Paraná, tem mostrado que a temperatura tem-se mantido relativamente estável, com aumentos de 3 a 5°C após três meses de armazenamento (Barreto et al., 2002). Existem relatos de trabalhos utilizando unidades de resfriamento na aeração para a armazenagem, inclusive de arroz beneficiado, realizados em outros países (Maier & Navarro, 2001).

Outra informação útil para os armazenistas de grãos e sementes refere-se à variação de peso do arroz ( $V_p$ ) em função do teor de umidade inicial ( $U_i$ ) e do teor de umidade final ( $U_f$ ), ambos em base úmida, que pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$V_p (\%) = \frac{(U_i - U_f)}{100 - U_f} \times 100$$



Se o valor de  $V_p$  for positivo, significa perda, ou quebra de massa, exclusivamente devido à perda de água pelo arroz. Se negativo, significa que houve aumento de massa devido à absorção de água pelo produto.

A perda de massa do produto devido à redução de umidade, não deve ser confundida com a chamada **quebra técnica**,

A quebra técnica, expressa em porcentagem, refere-se à redução de massa que ocorre no intervalo entre a entrada do produto no sistema de armazenagem e a expedição, decorrente de atividade respiratória dos grãos, do ataque de insetos, pássaros ou roedores, da varredura, do manuseio, da movimentação interna do produto, do tipo de estrutura de armazenamento, entre outros fatores.

Historicamente, até o início da década de 1990, era adotado no Brasil um índice de quebra técnica de 0,3% por mês de armazenagem, estabelecido por um grande armazenador estatal com o intuito de sistematizar e compatibilizar as perdas ou quebras diferenciadas ocorridas nas unidades armazenadoras em diversas localidades.

Esse índice era, no entanto, considerado muito elevado. Recentemente, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) está adotando o programa que se chama de “Quebra Zero” e que, ao invés de utilizar um índice de quebra técnica física, utiliza uma forma alternativa, concedendo ao armazenador uma sobretaxa em valores de 0,15% por quinzena.

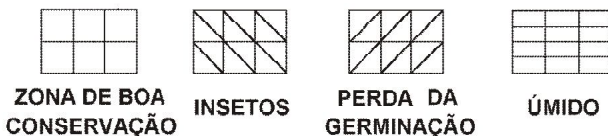
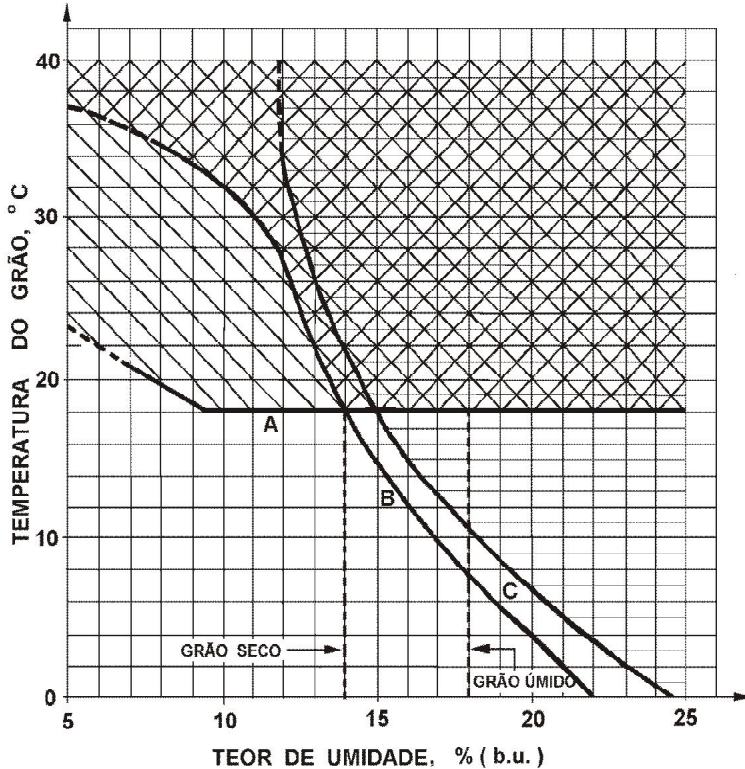
É imperioso o estabelecimento de índices oficiais de quebra técnica, com base em dados reais, coletados nos armazéns e silos, e consubstanciados por trabalhos de pesquisas de campo e de laboratório desenvolvidos por uma instituição neutra. Esses índices devem levar em consideração vários fatores, como, o tipo de produto, a safra, a região e o tipo de unidade armazenadora. Adicionalmente, a aplicação desses índices deve ser acompanhada e conduzida de forma sistemática e continuada para os devidos ajustes, sempre que necessário, conforme foi proposto, em 1986, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pelo Centreinar e pela extinta Cibrazem.

Com relação ao teor de umidade dos grãos, são adotados, no Brasil, limites de tolerância entre 13 e 14,5% (b.u.) para efeito de comercialização e armazenagem, independente da região ou do período de armazenamento. Esses padrões foram extrapolados de países com condições climáticas e tecnológicas muito diferentes das encontradas na situação brasileira. Tecnicamente, qual deve ser a umidade ideal para o armazenamento de arroz, grãos ou sementes?





Burges & Burrell (1964) formularam o **Diagrama de Conservação de Cereais**, que fornece orientações sobre o binômio teor de umidade e temperatura, objetivando a conservação adequada de grãos ou sementes. Pelo estudo desse diagrama (Fig. 22.4), observa-se que as áreas compreendidas pelas interseções das linhas **A**, **B** e **C** fornecem diversas combinações de valores para o binômio teor de umidade e temperatura, indicando seus efeitos na conservação de grãos e sementes. Dessa forma, os valores do binômio localizados abaixo da linha **A**, por exemplo, que delimita uma área, quase na sua totalidade com temperatura máxima de 18°C, correspondem às combinações onde não ocorrem desenvolvimento e proliferação de insetos, devido às condições de temperatura e umidade não favorecerem essas atividades. Por outro lado, condições ambientais que se enquadram nos valores situados à direita das linhas **C** ou **B** são inadequadas à boa conservação de grãos e sementes, podendo haver comprometimento da qualidade fisiológica da semente ou da qualidade do grão para processamento industrial.



**Fig. 22.4.** Diagrama de conservação de grãos.

Fonte: Burges & Burrell (1964).



Para efeito de conservação de grãos armazenados, um produto é considerado seco, quando o teor de umidade dos grãos se encontra, no máximo, em 14% (b.u.), e úmido quando está acima de 18% (b.u.). Para as condições climáticas brasileiras, no entanto, é mais prudente e seguro considerar-se como produto seco aquele com umidade de 13% (b.u.).

Teoricamente, para melhor conservação de grãos e sementes, é desejável que se armazene o produto com baixa umidade e sob condições de baixa umidade relativa. Na prática, essas condições podem ser obtidas pela secagem do produto, do condicionamento do ambiente do armazém, ou de ambos.

Pela utilização das informações contidas no diagrama apresentado na Fig. 22.4, é possível identificar a combinação adequada dos valores de temperatura e teor de umidade que corresponde às condições mais econômicas, sem comprometimento da qualidade do produto. A tomada de decisão quanto aos procedimentos a serem seguidos para um armazenamento seguro deverá ser fundamentada com base no tipo de produto a ser conservado, no sistema de armazenagem disponível, nas condições climáticas locais e nos custos envolvidos.

### **Fatores biológicos**

Todos os fatores biológicos que afetam a armazenagem de um determinado produto atuam de forma interativa. Os efeitos deletérios causados por essa interação correspondem a uma ou várias das seguintes situações: redução da longevidade da semente; aquecimento da massa; degeneração de proteínas; rancificação; desenvolvimento de odor estranho; mudança de coloração; fermentação; contaminação com dejetos animais, teias de aranha, excrementos de roedores, pássaros ou insetos, partes de insetos, etc.; aumento do percentual de espiguetas vazias ou de grãos danificados, manchados, picados por insetos, degerminados, brotados, etc.; redução de massa e do peso hectolitro, entre outras. Na sua maioria, esses problemas, no entanto, podem ser minimizados pelo controle da temperatura e do teor de umidade do produto.

O controle de insetos, contudo, faz-se mister na maioria dos casos, tornando-se necessária a prática do expurgo ou fumigação, seguido de uma medida cautelar, utilizando inseticidas químicos para prevenir reinfestação ou promovendo um ambiente com atmosfera controlada ou modificada.

No expurgo de grãos, para eliminar insetos, tanto na forma adulta, pupa, larva ou ovo, utilizam-se atualmente produtos à base de fosfina, uma vez que produtos mais tóxicos, como o brometo de



metila, estão proibidos. O produto comercial está disponível no mercado na forma de comprimidos (0,6 g), de pastilhas (3 g) ou de "sachets" (34 g), individuais ou em tiras. A dose normalmente recomendada é de um comprimido (0,6 g) para cada 3 a 4 sacos de 60 kg de grãos, ou um tablete ou pastilha (3 g) para cada 15 a 20 sacos.

A produção do gás letal fosfina acontece pelo contato com a umidade do ar e a intensidade de liberação do gás é proporcional à umidade relativa do ambiente. Portanto, em condições de umidade relativa muito baixa, isto é, em ambiente muito seco, a liberação torna-se muito lenta, podendo mesmo não ocorrer. Por outro lado, em ambientes muito úmidos poderá haver inclusive combustão.

No armazenamento a granel, em silos verticais, a aplicação desse produto é feita, comumente, dosando-se os comprimidos nos transportadores de carga com posterior vedação das aberturas superiores. Em silos horizontais, ou graneleiros, o procedimento mais comum é a introdução dos comprimidos na massa de grãos, por meio de uma sonda, cobrindo-se com lona plástica. Em grãos ensacados, a pilha deve ser coberta com lona plástica apropriada, vedando-se as bordas com "cobras-de-areia" ou com fitas de papel "kraft" e cola. O tempo de permanência do produto sob ação dos gases é muito importante para a efetividade do tratamento, recomendando-se um mínimo de cinco dias.

Um dos problemas cruciais no controle de insetos e demais pragas do armazenamento advém do aumento de resistência dos insetos e microrganismos infestantes ao defensivo, em contraste com a exigência cada vez maior, por parte dos consumidores, por alimentos isentos de resíduos de pesticidas. Esta situação tem induzido, cada vez mais, a prática da armazenagem em atmosfera controlada, ou modificada, mantendo o ambiente do armazém dentro dos limites de temperatura e umidade relativa inadequadas à proliferação de pragas. A descrição detalhada dos principais insetos que atacam o arroz armazenado, bem como das técnicas de manejo utilizadas para sua prevenção e controle encontram-se no Capítulo 14.

Os roedores e pássaros constituem problemas em muitas instalações, principalmente nas mais antigas ou naquelas em que, embora de construção mais recente, estes biótipos não foram considerados. Estes animais apresentam uma desenvolvida capacidade de percepção quanto aos elementos que lhes são nocivos e, freqüentemente, são capazes de alterar seu comportamento para fazer face as armadilhas que lhes são preparadas. Além de iscas venenosas, têm sido utilizados



equipamentos de ultra-som para afugentá-los. No entanto, esses predadores logo se adaptam às frequências emitidas e o controle torna-se ineficaz. Como medidas básicas para auxiliar na aplicação de medidas tradicionais de controle de todos os fatores biológicos que interferem no armazenamento, recomenda-se a profilaxia sistemática e a limpeza rigorosa do local de armazenagem.

### Fatores químicos

Com relação aos fatores químicos envolvidos na conservação de grãos e sementes armazenados, merecem destaque as reações bioquímicas decorrentes de atividades metabólicas do próprio produto e de microrganismos presentes na massa. A atividade respiratória da semente irá provocar a produção de gás carbônico e água, com o conseqüente aumento da temperatura e umidade da massa. As reações enzimáticas, decorrentes de fermentação ou da atividade de microrganismos, dependem grandemente, por sua vez, da presença de água e de temperatura favorável. É possível afirmar, portanto, que todos os fatores químicos que possam causar deterioração e perda de qualidade na semente ou grão podem ter seus efeitos minimizados pelo controle adequado do binômio temperatura e umidade.

## MODALIDADES DE ARMAZENAMENTO

Neste item é abordada a armazenagem do arroz destinado à comercialização. A estocagem de subsistência, praticada de forma mais rudimentar e para consumo familiar, não será discutida, em função da diversidade de sistemas de produção e de níveis tecnológicos apresentados por essa cultura.

### Produto ensacado

A armazenagem de arroz ensacado foi predominante no Brasil durante muitos anos, não apenas pelo receio dos produtores em misturar o seu produto com o de outros, mas também em função do nível tecnológico de armazenagem de grãos no país. A granelização é um indicativo de modernização do processo de armazenagem de grãos e, aos poucos, está sendo observada essa tendência no Brasil. Estima-se que, atualmente, pouco menos da metade dos grãos produzidos no país ainda seja armazenada ensacada, principalmente nos casos de pequenos e médios produtores. O sistema de armazenagem de grãos ensacados, ou embalados, é chamado de **armazenagem convencional** (Fig. 22.5)



Foto: Tetuo Hara



Fig. 22.5. Armazém convencional.

A estrutura de um armazém convencional consiste basicamente de uma área plana, com piso que pode variar desde o chão batido até o pavimentado, que apresente facilidade de acesso e movimentação dos operadores, com ou sem aberturas laterais, cobertos, podendo ser dotado de janelas com diferentes níveis de abertura para ventilação e iluminação e de dispositivos que facilitem a ventilação natural ou forçada. Os materiais utilizados na construção do armazém são variáveis, dependendo do nível tecnológico e da disponibilidade de recursos financeiros e materiais.

É altamente desejável que o ambiente dentro do armazém apresente temperatura amena e, para tanto, é recomendável, sempre que possível, a utilização de material termicamente isolante e refletivo, além de dotar a estrutura com lanternins na cobertura para a ventilação por convecção ou, mesmo, para ventilação forçada. Deve também ser observado o norteamo da posição do armazém, além de evitar sua localização em vales, beira de rios, de lagos, do mar ou em várzeas, observando bem o nível do lençol freático para evitar problemas decorrentes de migração de umidade do solo para o piso e paredes. As sacarias mais comumente utilizadas para acondicionamento de grãos e sementes são confeccionadas em juta, algodão ou polipropileno trançado, com dimensões de aproximadamente 0,90 a 1,05 m de comprimento e de 0,60 a 0,70 m de largura, com capacidade para acondicionar até 50 kg de arroz em casca ou 60 kg de arroz beneficiado.



Para melhor compreensão do sistema, é importante o conhecimento de algumas terminologias utilizadas em armazéns convencionais e descritas a seguir:

**Área do armazém** - superfície do terreno ocupada pelo armazém, sendo, de modo geral, 80% utilizada para a armazenagem propriamente dita. A divisão interna do armazém corresponde as coxias, quadras e ruas.

**Coxia** - área interna correspondente à projeção das “águas” do telhado do armazém.

**Quadras** - divisões da coxia, com base nos elementos da estrutura arquitetônica do armazém e das ruas.

**Ruas** - corredores de trânsito que separam coxias, quadras ou pilhas.

**Pilha** - estrutura formada pela superposição de camadas de mercadorias de mesma espécie, ou lote, podendo ser de dois tipos: *pilha batida* ou *corrida*, onde os sacos, ou volumes, encontram-se superpostos de forma alinhada, em toda a extensão da pilha; ou *pilha amarrada*, onde os sacos são superpostos de forma cruzada, proporcionando maior estabilidade da pilha. Os lotes de sacos de arroz são empilhados em diferentes modalidades de pilhas amarradas, que dependem de vários fatores. Para aqueles que pretendem praticar, ou quiserem conhecer melhor, a técnica da operação de empilhamento, recomenda-se consultar o trabalho de Brandão (1989).

**Lastro** - é o número de sacos ou volumes da primeira camada, conhecida também por *fiada*, e que serve de elemento de sustentação da pilha. Ao planejar a operação de empilhamento no carregamento de um armazém, deve ser levada em consideração a facilidade e a viabilidade de realização das diversas operações de manejo no armazém, tais como inspeção, limpeza, fumigação, descarga de quaisquer lotes isoladamente, segurança da estrutura e dos operadores, controle de roedores e pássaros, etc.

## Capacidade do armazém

Para estimar a capacidade estática de um armazém convencional, existem algumas tabelas específicas. Dentre estas, merece destaque a preconizada pela Companhia de Armazéns e Silos de Minas Gerais (Casemg), apresentada em Brandão (1989), que leva



em consideração a área total do armazém e diversas alturas de pilha (Tabela 22.1). Para o cálculo da capacidade estática, aplicam-se os coeficientes dessa tabela, correspondentes à altura de pilha desejada. No caso de um armazém medindo 50 x 20 m, ou seja, com uma área de 1000 m<sup>2</sup>, e assumindo-se uma pilha de 4,5 m de altura, a estimativa da capacidade armazenadora seria de:

1000 m<sup>2</sup> x 32 sacos m<sup>-2</sup> = 32.000 sacos de arroz em casca,  
ou:

32.000 sacos x 50kg/1000 = 1.600 toneladas de arroz em casca

ou ainda:

1000 m<sup>2</sup> x 40 sacos m<sup>-2</sup> = 40.000 sacos de arroz descascado,

ou:

40.000 sacos x 60kg/1000 = 2.400 toneladas de arroz descascado

**Tabela 22.1.** Valores utilizados para estimar a capacidade estática de armazém convencional.

Produto	Capacidade (nº sacos.m <sup>-3</sup> )	Altura da pilha (m)	Coefficiente "K" (nº sacos. m <sup>-2</sup> . pilha <sup>-1</sup> )
Arroz em casca	9	4,0	29
		4,5	32
		5,0	36
		5,5	40
		6,0	43
Arroz descascado	11	4,0	35
		4,5	40
		5,0	44
		5,5	48
		6,0	53

Fonte: Adaptado de Brandão (1989).

## Armazenamento a granel

A armazenagem do produto a granel é realizada em tulhas e silos, ou em áreas planas, com ou sem muro de contenção, e com cobertura de lona.



Tulhas são estruturas, ou depósitos de armazenagem, geralmente localizadas dentro de galpões, construídas com madeira, chapas metálicas, compensados, aglomerados ou tela metálica e revestidas internamente com plástico. No Brasil, o armazenamento em tulhas é muito utilizado para o café, arroz, milho e algumas leguminosas.

Recentemente tem sido introduzidos um sistema de armazenagem a granel, em tubos de plástico, no próprio campo diretamente da colhedora, em franca expansão na Argentina, para milho, trigo e soja como pode ser visto na Fig. 22.6.

Foto: Teituo Hara



**Fig. 22.6.** Silos de plástico no campo.

Os silos são estruturas com cobertura própria, classificados basicamente quanto à sua forma em: silos verticais, com altura superior a cinco vezes a dimensão da largura; e silos horizontais, cuja altura é inferior a duas vezes a sua largura.

Operacionalmente, os silos verticais caracterizam-se por um sistema de alta rotatividade, pelo uso de equipamentos com elevada capacidade de movimentação e manuseio e pelo alto custo por unidade de volume de armazenagem, enquanto os silos horizontais caracterizam-se pela baixa rotatividade, sendo mais utilizados para armazenagem por períodos mais longos e apresentam menor custo por unidade de volume de armazenagem.

Os silos verticais de grande porte são geralmente construídos de chapas metálicas ou de concreto. Os silos de pequeno e médio porte podem também ser construídos em alvenaria, placas de concreto protendido, ferrocimento, fibra de vidro e tela metálica, revestidos internamente com lençol plástico (vinil).





Na determinação da capacidade estática no sistema de armazenagem a granel, é necessário o conhecimento de algumas propriedades físicas, não só do produto armazenado, como também da massa granular, principalmente quanto ao **ângulo de repouso** ou **ângulo de talude natural** do material granular, no caso, o arroz (Fig. 22.7).

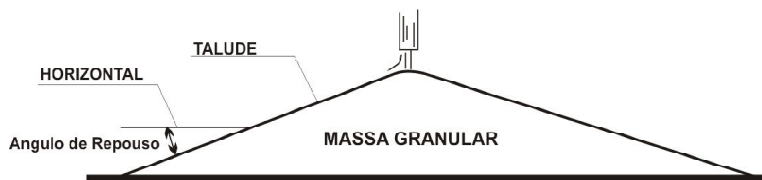


Fig. 22.7. Representação do ângulo de repouso de produto granular.

Quando os grãos são despejados em uma superfície plana, através de uma pequena abertura, o produto tende a acumular-se na forma de um cone. O ângulo formado entre a superfície horizontal e o talude do cone formado pela massa de grãos, chama-se ângulo de repouso. Cada produto apresenta um ângulo de repouso específico que, no caso do arroz em casca, fica entre 20° e 36°, um dos mais elevados quando comparado a outros grãos. O ângulo de repouso refere-se, pois, à inclinação da massa de grãos dentro do silo em relação à horizontal. A declividade mínima da cobertura do silo considerada na prática deve estar a um ângulo de 30°. Para evitar a formação do cone, pode ser usado um dispositivo espalhador.

Outra propriedade importante refere-se à **massa granular aparente**, que representa a massa de grãos por metro cúbico e que, para o arroz em casca, está estimada em 570 kg m<sup>-3</sup>. Assim, para calcular a capacidade estática de um silo cilíndrico, procede-se da seguinte forma:

$$\text{Volume do cilindro (V}_{\text{cil}}) = \pi \frac{D^2}{4} H ,$$

onde:

$$\pi = 3,1416$$

D = Diâmetro do silo

H = Altura da parte cilíndrica do silo

Se o enchimento do silo foi feito sem o espalhador e houver formação do cone de grãos acima da parte cilíndrica, esta porção de massa deve ser calculada e adicionada ao volume do cilindro:



$$\text{Volume do cone (V}_{\text{cone}}) = \frac{1}{3} \pi \frac{3}{4} h$$

onde: h = altura do cone

Calcula-se, então, o volume total da massa granular no silo:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{cil}} + V_{\text{cone}}$$

Para transformar esse valor em quilos, ou em toneladas, basta multiplicar o volume, em metros cúbicos, pela massa granular aparente do arroz.

Para silos horizontais de fundo plano, determina-se o volume do poliedro, em forma de paralelepípedo, e soma-se o volume da parte superior, que, de modo geral, é piramidal. Se o silo apresentar fundo em forma de "V" ou "W", calculam-se os volumes correspondentes e a sua soma. Para cálculo da massa, e conhecendo-se o volume total, segue-se o mesmo procedimento descrito para os silos cilíndricos. Para determinar a massa com maior exatidão, é necessário levar em consideração o índice ou fator de compactação, que é calculado em função da altura de queda dos grãos no carregamento dos silos, da espessura da camada de grãos armazenados e do tipo de grão de acordo com tabelas específicas (Weber, 2001).

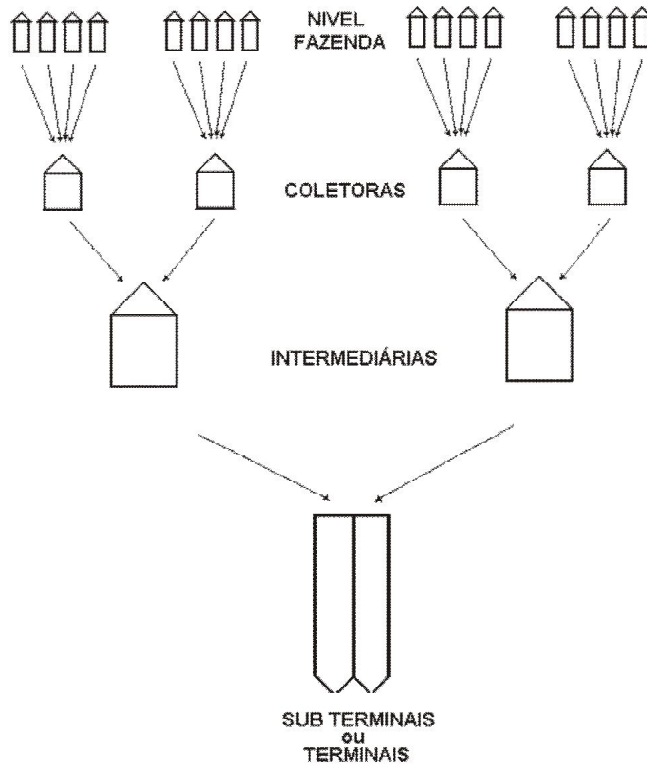
## SISTEMAS FUNCIONAIS DE ARMAZENAMENTO

Teoricamente, em um país genuinamente produtor de grãos, o sistema de armazenagem pode ser classificado como: em nível de fazenda; coletor; intermediário; e subterminal ou terminal.

De maneira geral, a movimentação do produto segue o esquema apresentado na Fig. 22.8. Na prática, contudo, existem diversas alternativas de movimentação dentro do sistema. Assim, da colheita, por exemplo, o produto poderá ir diretamente para os armazéns coletores, intermediários ou mesmo para o consumo, sem ficar estocado na fazenda. Pode acontecer também, de o produto sair da fazenda para os coletores ou outros níveis e, posteriormente, retornar à origem.

O fluxograma apresentado na Fig. 22.8, apesar de ser conceitual, auxilia na compreensão do sistema como um todo, agregando peculiaridades regionais, não só para análise, mas também para o planejamento e desenvolvimento do sistema (Puzzi, 1986).





**Fig. 22.8.** Sistema funcional de armazenagem de grãos.

Fonte: Puzzi (1986).

Para as operações de armazenagem comercial é importante consultar a legislação publicada no Diário Oficial da União em 30 de maio de 2000, a Lei de nº 9.973 de 29 de maio de 2000 que dispõe sobre o sistema de armazenagem de produtos agropecuários e o Decreto nº 3.855 de 03 de julho de 2001, que regulamenta a Lei nº 9.973, publicado no Diário Oficial da União.

Outra lei que complementa a Lei de Armazenagem, concernente à qualidade do arroz e de outros produtos agropecuários é a Lei de classificação de Produtos Vegetais nº 9.972 de 25 de maio de 2000, publicado no Diário Oficial da União em 26 de maio de 2000 que institui a classificação de produtos vegetais, subprodutos e resíduos de valor econômico e dá outras providências. Essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 3.664 de 17 de novembro de 2000, publicado no Diário Oficial da União em 20 de novembro de 2000.



## Armazenamento em nível de fazenda

O Brasil, apesar de ser um país essencialmente agrícola, apresenta grandes deficiências de armazenagem em nível de fazenda, especialmente quando comparado com outros países produtores de grãos (Arias, 1993) como a Argentina onde 35 a 40% da capacidade armazenadora do país está na fazenda, países do Mercado Comum Europeu (30 a 40%), os Estados Unidos (50 a 65%) a região oeste do Canadá (85%). No último cadastro de unidades armazenadoras feito pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento, em 2004, consta que a capacidade de estocagem em nível de fazenda no Brasil é de menos de 9% do total da capacidade armazenadora cadastrada.

Por muito tempo, tanto as armazenadoras oficiais como as privadas, como de cooperativas, desestimularam os produtores de terem suas próprias unidades armazenadoras, alegando que as unidades coletoras cuidariam melhor seus produtos e que os produtores não necessitavam investir recursos na construção de suas próprias unidades.

Felizmente, nos últimos anos, vários produtores perceberam que as unidades coletoras lucravam nas operações de armazenagem, principalmente nos serviços de recepção, classificação, pré-limpeza, secagem, armazenagem, controle de insetos e ainda obtinham lucros extras incidindo descontos. Começaram, então, a ter suas próprias unidades e estão se certificando das vantagens de controlar melhor seu produto.

O armazenamento do arroz na fazenda é geralmente levado a efeito em depósitos rudimentares, tulhas, paióis ou, até mesmo, em silos (Fig. 22.9), dependendo do nível tecnológico da propriedade. O material utilizado na construção da estrutura armazenadora é bastante variável (Wattenbach, 1993). Quanto mais rudimentar for o sistema, maior será a diversidade encontrada no tipo de depósito, havendo, na maioria dos casos, o aproveitamento de materiais disponíveis na propriedade ou no comércio local. À medida que o sistema evolui para formas mais tecnificadas, aumenta a dependência de materiais e equipamentos mais sofisticados, adquiridos localmente ou, em certos casos, até mesmo importados de outros mercados, nacional ou internacional.



Foto: Tetsuo Hara



**Fig. 22.9.** Sistema de armazenagem na fazenda.

Como não existe uma fórmula mágica para a solução geral de problemas nesse nível de armazenagem, é importante que se conheçam as necessidades tecnológicas para o armazenamento de arroz e o custo máximo do metro cúbico de armazenagem, para que a prática seja economicamente viável. Apoiado nessas duas premissas, o técnico encarregado deverá viabilizar a armazenagem dos grãos, aproveitando ao máximo os recursos locais e regionais disponíveis.

Na Região Nordeste, é muito comum a armazenagem de arroz de subsistência, praticada por agricultores de baixa renda, em potes de barro vedados com argila ou em tambores de chapa galvanizada, com capacidade para 200 litros, doados pelos governos estaduais. O nível de vedação utilizado caracteriza uma armazenagem em atmosfera controlada, onde não ocorrem trocas gasosas com o ar atmosférico. Nesse caso, o teor de umidade dos grãos passa a ter importância ainda maior na preservação da qualidade do produto.

A armazenagem de arroz em sacaria é a prática predominante no Brasil, sendo geralmente feita de forma muito precária e sem o controle adequado de roedores, pássaros e, principalmente, de insetos. No entanto, muitos agricultores, principalmente em áreas do centro-sul do país, já adotam sistemas mais tecnificados, tanto



em armazéns convencionais dotados de sistemas de controle de roedores, expurgo, lanternins e com ventilação forçada, como também em silos dotados de sistema de aeração, termometria e, até mesmo, com atmosfera controlada. A diversidade tecnológica é muito grande.

Em nosso país, durante muitos anos, foi inculcida a idéia de que as operações de secagem e armazenagem de produtos agrícolas deveriam ser atividades exercidas pelo governo, através das unidades coletoras das cooperativas e dos armazéns dos intermediários. É possível, contudo, do ponto de vista teórico, técnico e econômico, promover a secagem e o armazenamento do arroz e de outros produtos em nível de fazenda, a um custo menor e conseguir produtos de melhor qualidade. O agricultor deve ser orientado e esclarecido no sentido de participar da responsabilidade dessas operações, em seu próprio benefício, bem como da comunidade e do país como um todo.

Na fazenda, a secagem pode ser feita mais lentamente, com temperaturas mais baixas e, conseqüentemente, com menor custo e menor quebra de grãos do que nos secadores dos sistemas coletores que, normalmente, no período da safra, utilizam temperaturas de secagem acima do requerido para apressar a operação e que, fatalmente, contribuem para maiores perdas qualitativas (Basra, 1995). A secagem e estocagem na fazenda contribuem também para a diminuição do congestionamento nos armazéns coletores, situação típica nos picos de colheita da safra, com a vantagem adicional de o produto dar entrada nesses armazéns já com teor de umidade adequado, sem necessidade de secagem.

### **Armazenamento coletor**

No Brasil, esse sistema de armazenagem é geralmente dotado de silos horizontais, também chamados de graneleiros, com presença marcante dos secadores, localizado próximo à região produtora e recebendo os produtos diretamente da lavoura (Fig. 22.10). De maneira geral, o produto é recebido com teor de umidade acima do requerido para armazenagem, necessitando ser submetido à pré-limpeza, secagem, limpeza e tratamento sanitário, como expurgo e pulverização ou polvilhamento com inseticidas químicos.



Foto: Tetuo Hara



Fig. 22.10. Armazenagem coletora.

A rotatividade, rotação ou índice de rotação (Brandão, 1994) representa o número de vezes que a capacidade estática de um silo ou armazém é renovada durante um ano. No sistema de armazenamento coletor, o índice de rotação fica em torno de 2,5, significando que um volume de 2,5 vezes a capacidade do silo, ou armazém, deu entrada na unidade armazenadora, no período de um ano. Normalmente, após alguns poucos meses, o arroz é transferido para os sistemas subterminais, terminais ou diretamente para o consumo. Em alguns casos, no entanto, o arroz pode permanecer no armazém por períodos mais longos, principalmente quando inserido no programa governamental de estoques reguladores.

### Armazenamento intermediário

Essa categoria de armazenagem pode ser considerada como regional, onde a maioria dos produtos é originária dos sistemas coletores ou, em menor escala, diretamente da fazenda. Os armazéns intermediários são geralmente localizados estrategicamente em entroncamentos rododiferroviários ou hidrovias. A estrutura de armazenagem apresenta tipicamente uma combinação de silos verticais e horizontais (Steffe et al., 1980), exercendo o papel não só de sistemas intermediários, mas também de coletores (Fig. 22.11). Dessa forma, há também a presença de secadores, porém em um número proporcionalmente menor do que no sistema coletor. A rotatividade está em torno de 4 a 6, e o sistema é dotado, geralmente, de vários equipamentos de controle e automação.





Foto: Tetuo Hara



Fig. 22.11. Sistema Intermediário.

### Armazenamento subterminal ou terminal

Esse sistema é encontrado ao final do fluxo da safra de grãos, sendo geralmente de grande porte e localizado junto a grandes centros consumidores ou portuários. Caracteriza-se por ser dotado de equipamentos de movimentação em grande escala, altamente tecnificado, e por apresentar rotatividade acima de 6 (Fig. 22.12). É tipicamente constituído de silos verticais, existindo, contudo, silos horizontais de grande capacidade, não só em termos de volume mas também de movimentação interna dos grãos (Boumans, 1985). O custo por tonelada de grãos armazenados é muito mais elevado que nos sistemas anteriores.

Foto: Tetuo Hara



Fig. 22.12. Sistema Terminal.





## REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Standard D245.5: moisture relationships of plant-based agricultural products. In: ASAE Standards 2000: engineering practices and data. St. Joseph, 2000. p. 452-464.
- ARIAS, C. (Ed.). **Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural**. Santiago do Chile: FAO, 1993. 392 p.
- BARRETO, F. A.; GROFF, R.; BIANCHI, O. Refrigeração de grãos e sementes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GRÃOS, 1., 2002, Maringá. **Grãos Brasil**. Maringá: [s.n.], 2002. Palestra proferida.
- BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality**: basic mechanisms and agricultural implications. New York: Food Products Press, 1995. 389 p.
- BOUMANS, G. **Grain handling and storage**. Amsterdam: Elsevier Science, 1985. 436 p. (Developments in Agricultural Engineering, 4).
- BRANDÃO, F. **Dicionário de armazenamento**. Belo Horizonte: Editora Lê, 1994. 521p.
- BRANDÃO, F. **Manual do armazenista**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1989. 269 p.
- BURGES, H. D.; BURRELL, N. J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and to improve keeping quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 15, n. 1, p. 32-50, 1964.
- CORRÊA, P. C.; MARTINS, D. S. R.; MELO, E. C. Umigrão: software para o cálculo de umidade de equilíbrio para 12 tipos de grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Resumos...** Bauru: UNESP, 1996. p. 5.
- HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Agricultural process engineering**. 2. ed. Davis: University of California, 1966. 430 p.
- MAIER, D. E.; NAVARRO, S. Chilling of grain by refrigerated air. In: NAVARRO, S.; NOYES, R. (Ed.). **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 489-560.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.
- SINHA, R. N. Ecology of storage. **Annales de Technologie Agricole**, Paris, v. 22, n. 3, p. 351-369, 1973.
- SINHA, R. N.; MUIR, W. E. **Grain storage**: part of a system. Westport: AVI Publishing, 1973. 481 p.
- STEFFE, J. F.; SINGH, R. P.; MILLER JR., G. E. Harvest, drying and storage of rough rice. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice**: production and utilization. Westport: AVI Publishing, 1980. p. 311-359.
- WATTENBACH, H. Almacenamiento y procesamiento a nivel de finca y sistemas agrícolas: una relación dinámica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE GRÃOS, SECAGEM E ARMAZENAMENTO, 1993, Canela. **Anais...** Canela: FAO, 1993. p. 115-138.
- WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2001. 396 p.



# Qualidade Tecnológica

*Noris Regina de Almeida Vieira; Raimundo Ricardo Rabelo*

**RESUMO** - As características determinantes da qualidade de grão em arroz refletem-se diretamente no valor do produto no mercado. No entanto, o conceito de qualidade é concebido e visto de maneira diferenciada, dependendo da finalidade do consumo, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento pós-colheita, entre outros. De maneira geral, a qualidade de grão em arroz pode ser classificada em quatro grandes grupos: comportamento no beneficiamento; qualidade comestível, de cocção e de processamento; valor nutritivo; e adequação do produto aos padrões de comercialização. Neste capítulo são discutidos alguns parâmetros de qualidade, representados pelas características físico-químicas do grão, considerados no programa de seleção de linhagens para obtenção de cultivares com qualidade de grãos compatível com as exigências do mercado, com o objetivo de contemplar as expectativas de todos os elementos da cadeia produtiva da cultura.

## INTRODUÇÃO

O consumidor de arroz vem tornando-se cada vez mais atento e exigente em relação à qualidade do arroz disponível no mercado. Essa demanda por qualidade tem sido igualmente acompanhada por uma crescente demanda por quantidade do produto. As preferências de consumo de arroz são bastante diversificadas, variando de país para país ou, até mesmo, em função de usos e costumes regionais ou locais. A adequação do produto aos requerimentos do mercado proporciona maior competitividade e rentabilidade à cultura.

No início da década de 70, devido à necessidade, na maioria dos países consumidores de arroz, de produzir grãos em quantidade suficiente para atender à demanda de populações em contínuo crescimento, foi dada grande ênfase ao desenvolvimento de pesquisas direcionadas ao aumento da produção e produtividade do arroz. Nas décadas de 70 e 80, graças à revolução verde que alterou o tipo de planta tradicional de arroz irrigado, a produção desse cereal na Ásia ultrapassou o crescimento populacional como resultado de novas tecnologias de cultivo e de maiores investimentos em irrigação (Davi, 1989, 1991). No entanto, no mesmo período, à medida que países tradicionalmente importadores atingiram a auto-suficiência, ocorreu uma sensível queda nos preços pagos ao arroz nesses países, tanto internamente como no mercado externo, o que



renovou o interesse da pesquisa em desenvolver projetos voltados à melhoria e adequação da qualidade de grão (Juliano & Duff, 1991). Mais recentemente, de acordo com dados da FAO, a população mundial, com uma taxa de crescimento de 1,3%, vem aumentando mais rapidamente que a produção arrozeira, a qual, em razão da estabilização da produtividade, na década de 90 apresentou crescimento anual de apenas 1%. Ademais, ao lado dessa demanda por produtividade, existe também uma contínua busca por qualidade e versatilidade de oferta dos produtos alimentícios em geral e do arroz em particular. Essa busca por qualidade tem contribuído, indiscutivelmente, para a melhoria da qualidade de vida das populações e para a abertura de novos e promissores mercados para o arroz em vários países.

Neste capítulo são discutidos aspectos relacionados à qualidade tecnológica do arroz e às preferências de mercado, com especial ênfase ao consumo brasileiro, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre o produto e seus mercados potenciais.

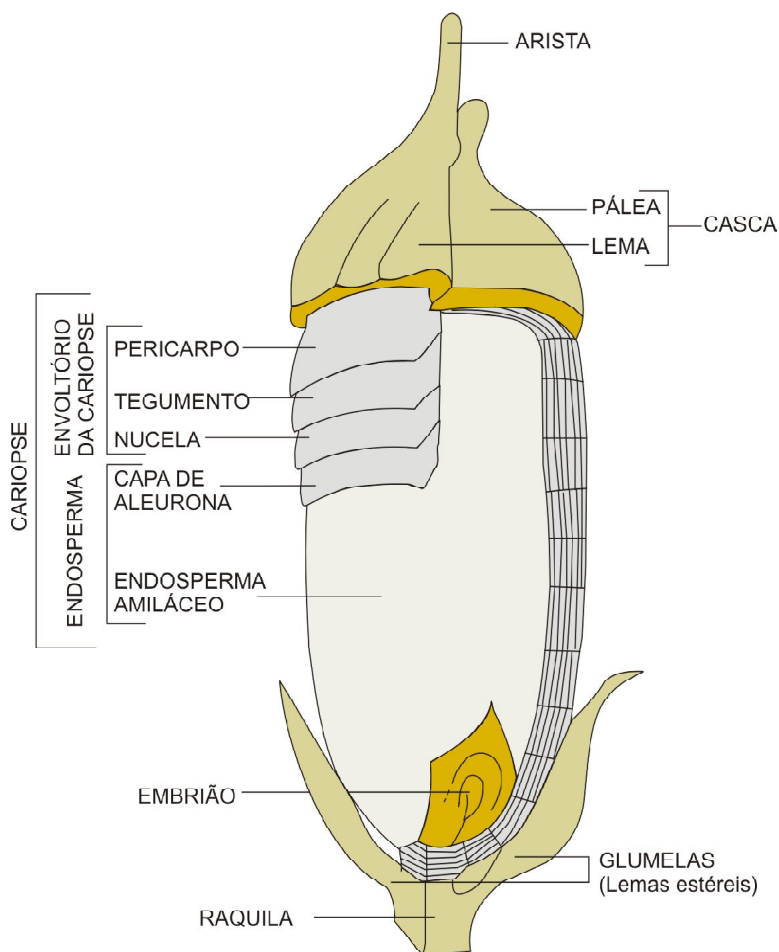
## MORFOLOGIA DO GRÃO

Botanicamente, o fruto das gramíneas, família *Poaceae*, é um fruto-semente conhecido como cariopse ou grão, cujo tegumento, testa, que envolve a semente, encontra-se diretamente ligado ao pericarpo, membrana que envolve o fruto. No caso do arroz, toda essa estrutura encontra-se envolvida pelas glumas, lema e pálea, que constituem a casca, e são removidas durante o beneficiamento do produto para consumo. O arroz é um cereal consumido, principalmente, como grão inteiro, constituído de diferentes tecidos, com estrutura, composição e funções bastante diferenciadas (Fig. 23.1).

A casca do arroz é composta de duas folhas modificadas, denominadas lema e pálea, das glumelas, que são lemas estéreis, e da ráquila, e representa cerca de 20% da massa do grão (Maheshwari & Ojha, 1974).

Algumas cultivares apresentam uma arista aderida na parte superior da lema. As glumas são frágeis, porosas, muito leves e nenhum outro subproduto da agricultura aproxima-se do seu conteúdo de sílica, em torno de 15 a 18%. A principal função da casca é proteger a cariopse contra o ataque de insetos ou fungos (Juliano & Bechtel, 1985). No capítulo 24 deste livro, são discutidas algumas opções de aproveitamento industrial da casca do arroz, bem como dos demais subprodutos de seu beneficiamento.





**Fig. 23.1.** Estrutura do grão de arroz.

Fonte: Adaptada de Rice Council for Market Development (s.d.); Juliano (1984).

A parede do ovário maduro, juntamente com a parede do óvulo e a nucela, formam a película que envolve o endosperma do grão de arroz. A camada de aleurona constitui a capa mais externa do endosperma, envolvendo também a parte externa do embrião, sendo formada por várias camadas de células parenquimatosas. As células de aleurona são ricas em proteínas e lipídios (Tanaka et al., 1973). Logo abaixo da camada de aleurona, encontra-se o endosperma amiláceo que, juntamente com a aleurona, responde por 98,5% da matéria seca do grão (Juliano & Bechtel, 1985). O embrião, ou germe, localiza-se na face ventral do grão, na sua porção basal, e contém as estruturas essenciais para produção de uma nova planta e perpetuação da espécie.



A composição e as propriedades do grão de arroz dependem do genótipo, das condições ambientais e do tipo de processamento pós-colheita.

## PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

O arroz é um cereal consumido, principalmente, na forma de grãos inteiros, como produto de mesa, e seu aproveitamento no Brasil como matéria prima para a indústria de transformação, alimentar ou não, é praticamente inexistente, especialmente quando comparado com a utilização diversificada do produto em vários outros países (Juliano & Sakurai, 1985; Iwasaki, 1987). De acordo com Juliano & Hicks (1990), os produtos derivados do arroz beneficiado podem ser obtidos diretamente a partir dos grãos inteiros, da homogeneização dos grãos cozidos, ou a partir de farinhas e do amido.

A eficiência do beneficiamento de grãos é muito influenciada pelas condições de manejo a que a cultura foi submetida, além dos fatores inerentes ao próprio processo, como as operações que o constituem, e a intensidade com que são praticadas, que se refletem diretamente na tipificação comercial dos grãos. Assim, equipamentos e operações de beneficiamento têm passado por alterações e ajustes, atingindo um nível de modernização que vem proporcionando maior rendimento e melhor qualidade ao produto (Kanemoto, 2003).

Após o recebimento do produto bruto na empresa, o arroz passa por uma etapa de amostragem e classificação para aferição da qualidade de compra. Essa etapa pode também servir de base para definir a rota de industrialização compatível com o tipo de produto que está sendo adquirido. O próximo passo refere-se à limpeza do produto, seguida de: descascamento para obtenção de arroz integral; descascamento e polimento para obtenção de arroz branco polido; processo hidrotérmico, secagem, descascamento e polimento, para obtenção de arroz parboilizado. Estes três tipos de produto, integral, branco polido e parboilizado polido, representam as três principais formas de consumo de arroz no país. Na Tabela 23.1, são apresentados os teores de alguns componentes do arroz, em função do processamento pós-colheita, de acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Rice Council for Market Development, s.d.).



**Tabela 23.1.** Composição do arroz (em 100 gramas).

Componentes	Integral		Polido		Parboilizado	
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Seco	Cozido
Umidade (%)	12,0	70,3	12,0	72,6	10,3	73,4
Proteína (%)	7,5	2,5	6,7	2,0	7,4	2,1
Gordura (%)	1,9	0,6	0,4	0,1	0,3	0,1
Carboidrato						
total (%)	77,4	25,5	80,4	24,2	81,3	23,3
Fibra (%)	0,9	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1
Cinza (%)	1,2	1,1	0,5	1,1	0,7	1,1
Cálcio (mg)	32	12	24	10	60	19
Fósforo (mg)	221	73	94	28	200	57
Sódio (mg) <sup>(1)</sup>	9	-	5	-	9	-
Potássio (mg)	214	70	92	28	150	43

<sup>(1)</sup>O teor de sódio no produto cozido é variável em função do teor de sódio da água e da adição de sal durante o cozimento.

Fonte: Adaptada de Rice Council for Market Development (s.d.).

## Arroz integral

Apesar de ser mais rico em nutrientes que o arroz polido, o arroz integral é pouco consumido no Brasil, restringindo-se a uma pequena parcela da população com hábitos de consumo mais sofisticados e de maior poder aquisitivo.

A remoção da casca protetora do grão deve ser feita com muita cautela, para minimizar a ocorrência de quebras e rachaduras. Após passar pelo descascador, o produto vai para uma câmara de aspiração, onde os grãos descascados são separados da casca, ou palha, geralmente removida por sucção. Durante a operação de descasque nem todos os grãos são descascados. A presença de grãos com casca, chamados comumente de marinheiros, no meio do arroz beneficiado, é inspecionada, sendo eles removidos por uma máquina denominada de separador de marinheiros e reprocessados. Equipamentos modernos operam com índices de eficiência entre 80 e 90%, o que significa a ocorrência de 10 a 20% de marinheiros. A regulagem adequada do descascador é muito importante para a eficiência do processo, pois tentativas de redução excessiva do percentual de marinheiros podem acarretar um aumento no nível de quebra do arroz, ao passo que o oposto também resulta em redução da eficiência do equipamento, interferindo negativamente na qualidade do produto final.



Atualmente, os separadores de marinhoiros – denominados “marinhoiras”- são mais compactos e com melhor rendimento que os antigos. A máquina, por meio de movimentos complexos das telas alveoladas, faz a separação densimétrica entre os grãos descascados e em casca, os quais retornam ao descascador. Os marinhoiros que porventura ainda permaneçam misturados ao produto descascado, referidos vulgarmente como “viciosos”, retornam ao separador para novo processo de seleção.

O produto descascado, antes da brunição, é separado das matérias estranhas mais pesadas, como pedras, por um separador densimétrico. Adicionalmente, nos elevadores, entre o descascador e o separador de matérias estranhas, são colocados ímãs para separar impurezas metálicas.

### **Arroz branco polido**

O arroz branco polido constitui a forma predominantemente consumida na maioria das regiões brasileiras e é obtido a partir da brunição e do polimento do grão integral. Durante a brunição, o produto passa por máquinas que provocam o atrito nos grãos, removendo parte das camadas externas do endosperma e do germe, resultando desse processo, uma proporção variável de subprodutos sob a forma de grãos quebrados e farelo.

Em alguns casos, a brunição e o polimento são efetuados no mesmo equipamento. Em outros, são utilizados equipamentos e operações específicos.

O acabamento do produto é dado pelo polimento. Polidores modernos utilizam a microaspersão de água, viabilizada pela vazão e pressão de ar comprimido, provocando pressão suficiente para remover os resíduos de farelo, sem danificar o endosperma. Com isso, a quebra de grãos é reduzida e o produto ganha um aspecto vítreo. Esse método apresenta-se como uma alternativa interessante ao utilizado tradicionalmente, com a adição de sacarose, óleo ou parafina, para embelezar o produto.

Dependendo da indústria e do nível de qualidade almejado, o arroz polido é submetido a um variado número de etapas subseqüentes, para remoção de grãos quebrados e/ou danificados. Nos Estados Unidos, e em alguns outros mercados, o produto é comumente enriquecido com vitaminas no final do processo de beneficiamento.



Para a separação de grãos quebrados, danificados, manchados ou picados, são usadas máquinas de ar e peneiras, classificadores planos ou cilíndricos, denominados trieur, e selecionadoras fotoelétricas.

Os grãos com defeitos são separados por selecionadoras pneumáticas com células fotoelétricas. Essas células, colocadas sobre canaletas condutoras do arroz polido, acionam um sistema de fluxo alternativo ao detectar grãos com coloração diferente do padrão de cor dos grãos sem defeitos, desviando-os para compartimentos próprios (Rabelo, 2003).

Finalmente, antes do empacotamento, é feita a “liga”, ou seja, composição do tipo que a indústria pretende colocar no mercado, de acordo com a sua marca. Essa mistura é feita nas proporções desejadas, em observância aos limites estipulados nas tabelas de tolerância de defeitos constantes das Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (Brasil, 1988).

### **Arroz parboilizado**

Para ser parboilizado, o arroz em casca é submetido a um processo hidrotérmico. O termo “parboilizado” originou-se do termo inglês “parboiled” criado a partir da união das palavras “partial” e “boiled”, ou seja, parcialmente cozido. Na realidade, o processo de parboilização é um pré-cozimento que resulta na gelatinização do amido, total ou parcial (Amato & Silveira Filho, 1991; Amato et al., 2002).

A maceração, ou encharcamento, consiste na colocação do arroz com casca em tanques com água aquecida. Durante esse tratamento hidrotérmico, as substâncias hidrossolúveis, como vitaminas e sais minerais, são transportadas da periferia para o centro dos grãos. A maceração de cultivares de arroz irrigado, a 60°C, é feita, em média, durante 6 horas. Cultivares de arroz de terras altas normalmente necessitam temperatura mais elevada ou maior tempo de maceração para hidratação adequada.

O tempo de imersão e a temperatura da água de encharcamento utilizados no processo de parboilização são variáveis de uma indústria para outra. O produto resultante apresenta aspecto e odor característicos, elevado rendimento de grãos inteiros no beneficiamento e valor nutricional mais elevado do que o arroz branco polido devido à redistribuição de alguns componentes do grão durante o processo hidrotérmico. O arroz parboilizado polido contém teores consideravelmente mais elevados de tiamina, riboflavina e niacina que o produto polido não submetido ao processo hidrotérmico (Hinton, 1948;





Simpson, 1951; Benedito de Barber et al., 1974; Pádua & Juliano, 1974; Carvalho et al., 1992).

A gelatinização ocorre quando, durante o aquecimento do grão, o grânulo de amido perde a cristalinidade e muda para a forma amorfa. Simultaneamente, acontece também a solda de grãos trincados, que se tornam compactos e resistentes às operações de descasque e brunição, resultando em maior rendimento de inteiros. Além disso, o produto parboilizado apresenta a vantagem de fixar vitaminas e sais minerais em seu interior, sendo mais nutritivo que o arroz branco polido (Amato & Silveira Filho, 1991).

O arroz parboilizado pode ser consumido na forma de parboilizado polido ou parboilizado integral e se constitui no principal alimento em várias regiões da Índia, Bangladesh, Sri Lanka, e Nepal (Bhattacharya, 1979, citado por Juliano, 1984). No Brasil, o consumo de arroz parboilizado atinge cerca de 20% do arroz consumido no país, sendo que existem mais de uma centena de unidades de parboilização localizadas principalmente em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

Além dos três tipos básicos de processamento, que resultam na produção de arroz branco, arroz integral e arroz parboilizado, a indústria dispõe atualmente de equipamentos altamente modernos e sofisticados que propiciam produtos diferenciados, com elevado nível de qualidade e dirigidos a públicos específicos e exigentes, além de promoverem o total aproveitamento do arroz e seus subprodutos, ampliando as oportunidades de negócios das empresas.

No Japão, por exemplo, são utilizados equipamentos para monitorar o nível de nitrogênio nas folhas do arroz, durante os vários estádios de desenvolvimento da cultura, no sentido de assegurar o conteúdo desejado de proteína nos grãos. Da mesma forma, existem equipamentos que determinam com precisão a época ideal de colheita da lavoura, mediante o registro da temperatura acumulada após a emissão da panícula, diminuindo o percentual de grãos trincados, imaturos e descoloridos.

Após a colheita, os processos de secagem, limpeza, beneficiamento e armazenamento são também devidamente monitorados, no sentido de preservar ou aprimorar ao máximo a qualidade do produto, tanto do ponto de vista intrínseco como visual e de rendimento. Os dados obtidos com todos estes instrumentos de precisão são utilizados para análise computadorizada e otimização das



técnicas de plantio, colheita e beneficiamento da safra seguinte (Kanemoto, 2003).

## ASPECTOS QUALITATIVOS

A qualidade do arroz pode ser vista com base em atributos visuais e sensoriais, como o formato e o tamanho dos grãos, o rendimento de grãos inteiros, a aparência do endosperma e o comportamento de cocção, como também com base em atributos intrínsecos, como o seu baixo índice glicêmico, o aporte energético ou seu caráter hipolergênico.

De qualquer forma, as características determinantes da qualidade do grão de arroz refletem-se diretamente no valor do produto no mercado e no grau de aceitação pelo consumidor. De acordo com Webb (1991), o termo “qualidade de grão”, em arroz, apresenta diferentes significados, sendo concebido e visto também de forma diferenciada, dependendo da finalidade de consumo do produto, do grupo étnico envolvido, do tipo de processamento utilizado, entre outros fatores. Dessa forma, a definição de um arroz como sendo de boa ou má qualidade é grandemente influenciada pelas preferências e/ou necessidades do consumidor e, quando essas preferências diferem, o mesmo produto pode ser julgado como bom e adequado por um grupo e totalmente inadequado por outro.

Nos Estados Unidos, cultivares de arroz igualmente adaptadas ao consumo de mesa e ao processamento industrial, bem como cultivares com características especiais, apesar de ainda terem uma produção limitada, vêm adquirindo cada vez mais importância entre os diversos segmentos que compõem a indústria de arroz naquele país (Bollich et al., 1980, 1990). Incluem-se nessa categoria: os tipos conhecidos como “Newrex/Rexmont”, cultivares de grãos longos, que apresentam um perfil visco-amilográfico onde se agregam características comestíveis e de cocção desejáveis a um excelente comportamento no processamento industrial; as cultivares aromáticas, como as do tipo “Della” e “Jasmine”; os tipos “Toro”, produzidos em pequena quantidade para mercados muito específicos, cuja demanda é para arroz com tipo de grão longo-fino (agulhinha), mas com comportamento de cocção semelhante ao de cultivares de grãos curtos ou médios; os tipos “Kokuhorose”, produzidos na Califórnia, com grãos mais longos que as cultivares tradicionais; e as cultivares glutinosas, do tipo “Mochi-Gome”, com grãos curtos, amido composto quase que totalmente de amilopectina, produzidas especialmente para determinados grupos étnicos e também para o preparo de vários



produtos, como bolos de arroz, "crackers", doces, molhos e massas para pizza (Webb, 1991).

## Componentes de Qualidade

De maneira geral, a qualidade de grão em arroz pode ser enfocada sob quatro aspectos: 1) comportamento no beneficiamento; 2) qualidade comestível, de cocção e de processamento; 3) valor nutritivo; e 4) adequação aos padrões de comercialização do produto. Uma série de parâmetros de qualidade, representados pelas características físico-químicas do grão, devem ser considerados na seleção de linhagens para a obtenção de cultivares com qualidade de grão compatível com as exigências do mercado, de maneira a contemplar as expectativas de todos os elementos da cadeia produtiva da cultura.

### Comportamento no beneficiamento

Embora as preferências de consumo de arroz, em termos de tipo de grão, aroma e aparência do produto antes e após o cozimento sejam bastante variadas, um produto uniforme, sem a presença de grãos quebrados e/ou danificados, é usualmente preferido pela maioria dos consumidores. Dessa forma, um desempenho adequado no beneficiamento, com bons rendimentos de grãos inteiros, é também almejado por produtores e cerealistas, uma vez que o índice de quebra durante o processamento dos grãos para consumo afeta o valor do produto no mercado e consiste em fator determinante da aceitabilidade de novas cultivares (Cuevas-Perez & Peske, 1990).

Variações na ocorrência e intensidade de baixos rendimentos de grãos inteiros no beneficiamento tornam-se mais alarmantes no caso do arroz de terras altas, devido ao arroz, produzido sob esse sistema de cultivo, estar mais sujeito aos efeitos das variações climáticas que o arroz irrigado. Em lavouras de sequeiro, flutuações no rendimento de grãos inteiros podem ser significativas de um ano para o outro, dependendo da ocorrência e intensidade de estresses ambientais, como deficiência hídrica, ocorrência de doenças ou ataque de insetos.

Além do sistema de cultivo, vários outros fatores, como características próprias da cultivar em uso, condições climáticas durante o desenvolvimento, maturação e colheita do grão, assim como condições de processamento e manejo pós-colheita influenciam sobremaneira o rendimento do arroz no beneficiamento (Bhattacharya, 1980).



A quebra de grãos no beneficiamento é, portanto, de grande importância econômica para a indústria do arroz, especialmente quando se atenta para a diferença na valoração do produto inteiro e do produto quebrado. Assim, a pesquisa tem-se preocupado com o desenvolvimento de cultivares com elevado rendimento no beneficiamento e boa estabilidade para esta característica, ou seja, cultivares menos sensíveis a quedas significativas no percentual de inteiros, quando deixadas no campo além da época ideal de colheita da lavoura.

As principais propriedades do grão de arroz que influenciam seu comportamento no beneficiamento são determinadas, basicamente, pelas características das glumas protetoras, sua coloração e pubescência, pelas dimensões e formato do grão e pela dureza e aparência do endosperma, existindo ampla variabilidade genética para essas características no germoplasma de arroz disponível para pesquisa (Chang & Somrith, 1979; Yoshida, 1981). Ademais, o teor de umidade dos grãos, na época da colheita ou do beneficiamento, influencia grandemente na obtenção de grãos inteiros durante o processo de descasque e polimento.

### Características das glumas

Embora sem importância aparente no produto beneficiado e empacotado colocado à disposição do consumidor no mercado varejista, as características da casca do arroz podem ter influência significativa na qualidade e aceitação do produto, em função do tipo de processamento utilizado.

Por exemplo, cultivares de arroz com casca de coloração mais escura geralmente resultam num produto mais escurecido após o processo de parboilização, prejudicando sua aparência e interferindo na sua aceitação para consumo, quando comparado com um produto mais claro e atrativo.

Cultivares com casca pubescente quase sempre são rejeitadas pelo cerealista por serem mais abrasivas e, além de provocar maior desgaste às máquinas de beneficiamento, têm sido causa de desconforto e de alergia para os operadores, pela poeira que provocam durante o processo de descasque dos grãos.

Além desses dois aspectos, grãos mal-empalhados, ou seja, que apresentam aberturas na junção da lema com a pálea na porção apical do grão, apresentam maiores problemas de conservação após a colheita por estarem mais expostos ao ataque de pragas durante o



armazenamento. Cultivares com essa característica geralmente apresentam maior dano causado por insetos, prejudicando a qualidade e interferindo negativamente no aspecto visual do produto, seja no arroz branco, integral ou parboilizado, e no rendimento de grãos inteiros no beneficiamento.

### Dimensões e formato do grão

O comprimento e a forma do grão são características herdadas independentemente e podem ser combinadas como desejado. Além disso, não existem barreiras para a recombinação de qualquer classe de grão com outros parâmetros de qualidade, como aparência do endosperma ou teor de amilose, ou com características agrônômicas, como tipo de planta ou ciclo de maturação (Jennings et al., 1979).

Os padrões utilizados para classificar o arroz em função do comprimento e forma do grão variam de um país para outro e refletem as preferências de consumo. No Brasil, além do comprimento, tomado como base para enquadrar o grão como longo, médio ou curto, é também considerada a relação comprimento/largura para enquadrá-lo como longo-fino (agulhinha), tipo de grão característico das cultivares irrigadas (Brasil, 1988). No mercado brasileiro, cultivares com grãos longos-finos têm valor cerca de 30% superior ao de cultivares com grãos longos.

### Aparência do endosperma

A aparência do endosperma do arroz é uma característica importante para o consumidor, o que a torna igualmente importante para o produtor e para a indústria de beneficiamento e empacotamento do produto. Consumidores de arroz de diversos tipos de mercado dão preferência para arroz com endosperma translúcido, sem áreas opacas, e livre de manchas e imperfeições causadas por ataque de insetos ou por doenças.

Grãos de arroz com áreas opacas no endosperma, denominadas de centro branco ou barriga branca, causadas por um acondicionamento mais frouxo das partículas de amido e proteína, são mais sujeitos a quebras no beneficiamento e têm o seu valor de mercado bastante diminuído, embora essas manchas desapareçam naturalmente durante o cozimento e não alterem o valor nutritivo do produto (Jennings et al., 1979; Castillo, 1981). O centro branco, ou barriga branca, no entanto, não deve ser confundido com a opacidade apresentada pelos grãos de



cultivares glutinosas ou cerosas, cujo endosperma é naturalmente opaco, e nem com o gessamento do endosperma (grãos gessados), que ocorre quando o arroz é colhido ainda imaturo e com alto teor de umidade, ou em grãos danificados por insetos.

A presença e a intensidade de manchas brancas nos grãos de arroz são parcialmente controladas geneticamente. Contudo, alguns fatores ambientais, principalmente a temperatura imediatamente após o florescimento, favorecem ou inibem a expressão dessa característica (Jennings et al., 1979).

### Dureza do endosperma

O grau de resistência do endosperma do arroz a rachaduras reflete-se diretamente no rendimento de grãos inteiros durante o processo de beneficiamento.

Sobre a dureza do endosperma incidem fatores relacionados com a estrutura celular e intercelular, uma vez que a proteína e os fenômenos de hidratação e desidratação do endosperma intervêm diretamente na manutenção da integridade estrutural do grão de arroz (Castillo Toro et al., 1990). Estudando as propriedades físico-químicas de uma cultivar resistente a fissuras no grão e três linhas isogênicas, diferindo apenas para essa característica, Bhashyam et al. (1984) observaram que os principais fatores que contribuem para a resistência dos grãos ao trincamento podem ser agrupados sob quatro aspectos: 1) hidratação; 2) amido; 3) parede celular; e 4) orientação e estrutura celular. Os autores indicaram também que o elevado conteúdo de pentosan, grupo de carboidratos que, por hidrólise, originam pentoses, observado nas linhas resistentes, pode ser o agente responsável por alterações nas propriedades da parede celular, causando maior resistência a fissuras.

Srinivas et al. (1977, 1981) demonstraram que cultivares com alta tolerância a fissuras no endosperma apresentam maior tolerância a retardamentos na colheita. Alguns anos antes, Kunze & Hall (1965) relacionaram essa característica varietal com temperatura de gelatinização (TG) alta. Da mesma forma, Nagato & Kono (1963) demonstraram que grãos com TG alta possuem um endosperma mais duro. Complementando esses resultados, Cartano & Juliano (1970) tecem interessantes considerações com base no fato de que, em arroz, a TG é inversamente proporcional ao grau de dispersão alcalina que, por sua vez, varia inversamente com o conteúdo de pentosan no grão.



## Teor de umidade

Aliado à melhor performance varietal, o teor de umidade dos grãos na colheita, o método de colheita, as condições de secagem, trilha e estocagem do produto, o teor de umidade por ocasião do beneficiamento e as várias interações entre esses componentes são fundamentais para a maximização do percentual de grãos inteiros no beneficiamento do arroz.

O teor de umidade do arroz por ocasião da colheita, assim como as condições climáticas vigentes durante o período que antecede a colheita do produto e que contribuem para flutuações na umidade dos grãos ainda no campo, no período pré-colheita, como também o teor de umidade por ocasião do beneficiamento, têm sido considerados fatores importantes na determinação do comportamento do produto no beneficiamento. Esse comportamento pode ser avaliado tanto diretamente, pela medição do percentual de grãos inteiros após o beneficiamento (Calderwood & Webb, 1971; Siebenmorgen & Jindal, 1986; Berrio & Cuevas-Perez, 1989), ou de forma indireta, observando o percentual de grãos trincados, ainda em casca, antes do beneficiamento (Kunze & Hall, 1965; Srinivas et al., 1978).

De acordo com Kocher et al. (1990), um dos principais problemas dos orizicultores refere-se à determinação do momento adequado de colheita, de modo a maximizar o seu retorno econômico, que pode ser estimado, por ocasião da colheita, com base na produtividade da lavoura, na qualidade do arroz colhido e nos custos envolvidos com a secagem do produto. Esses fatores são, por sua vez, função do teor de umidade do grão, sendo também, os dois primeiros, estreitamente dependentes das características varietais.

De maneira geral, para obtenção de maiores rendimentos de grãos inteiros, tem sido recomendado colher o arroz com teor de umidade ainda elevado, entre 18 e 22%, secá-lo à baixa temperatura e em tantas etapas quantas forem necessárias, para evitar a ocorrência de fissuras nos grãos e seus efeitos prejudiciais à qualidade e auferir melhores preços de mercado (Henderson, 1954). No entanto, o planejamento adequado da lavoura, a ponderação dos custos envolvidos, o bom senso do produtor e a busca da qualidade são aspectos que, combinados, tornam-se fundamentais à obtenção de sucesso em qualquer empreendimento agrícola.



## Qualidade comestível, de cocção e de processamento

O desenvolvimento varietal de arroz para consumo de mesa relaciona a qualidade de cocção com o tempo de cozimento, a absorção de água, a perda de sólidos solúveis e o ganho de volume durante o cozimento, enquanto a qualidade comestível, ou palatabilidade, está mais relacionada com o aspecto, o aroma, a consistência e a textura do arroz cozido. Em programas de melhoramento genético que objetivam a obtenção de cultivares com adaptação diversificada, que possam ser igualmente utilizadas para consumo de mesa ou processamento industrial, como parboilização, enlatamento ou arroz de cozimento rápido, torna-se necessária a observação de parâmetros qualitativos adicionais, que assegurem um comportamento adequado, qualquer que seja sua finalidade de consumo.

Vem sendo notado crescente interesse por parte da indústria de alimentos por novas formas de agregar valor ao arroz, deslocando o eixo da competição via preços para a competição via qualidade. Existem hoje indústrias no país que apresentam uma ampla linha de produtos à base de arroz e continuam ampliando seu mercado, especialmente com produtos que se enquadram na linha de alimentos funcionais.

Os fatores que controlam o comportamento culinário e de processamento do arroz são, fundamentalmente, ligados às características físico-químicas do produto. Ocorrem, contudo, uma série de alterações no período de pós-maturação do grão para consumo, durante o armazenamento, que modificam as propriedades organolépticas do arroz.

### Propriedades do amido

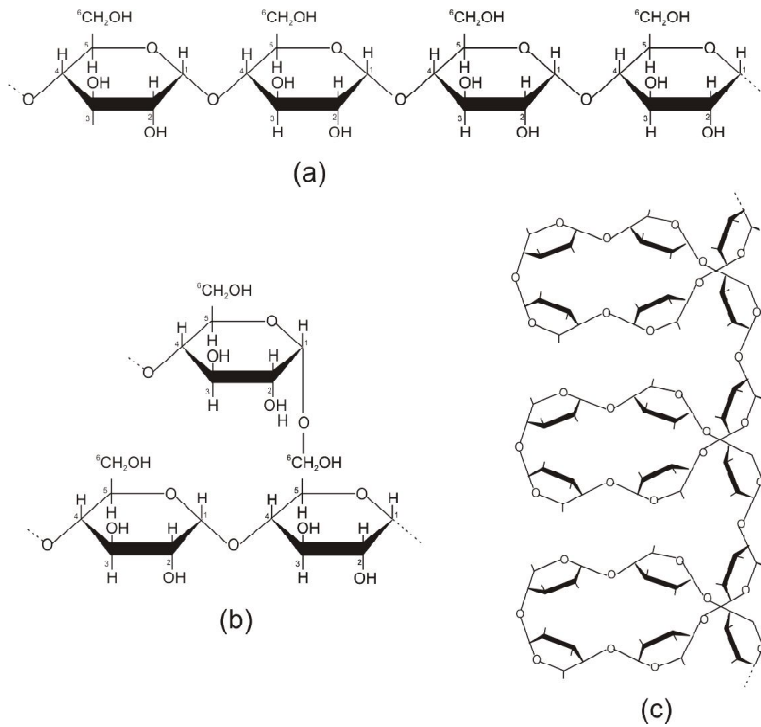
Embora a reação do arroz ao calor, como acontece durante o processo de cozimento, possa ser influenciada por fatores como o estágio de maturação do grão na época da colheita, o grau de polimento dos grãos ou as condições e o tempo de armazenamento, seu comportamento é extremamente dependente de sua composição química, em que o amido é o componente predominante, perfazendo, aproximadamente, 90% do grão de arroz beneficiado polido (Simpson et al., 1965).





## Amilose e amilopectina

O amido é um polissacarídeo composto de duas estruturas moleculares complementares: a) amilose, cuja molécula contém em torno de 1.000 unidades de  $\alpha$ -glucose, unidas em uma cadeia longa, em forma helicoidal e sem ramificações; e b) amilopectina, que difere da molécula de amilose por apresentar ramificações secundárias a cada 20 ou 25 unidades de  $\alpha$ -glucose (Raven et al., 1992). Devido, provavelmente, à estrutura helicoidal das moléculas de amido, elas tendem a agrupar-se em grânulos (Fig. 23.2).



**Fig. 23.2.** Polissacarídeos que compõem o amido: a) amilose e b) amilopectina. c) Natureza helicoidal das moléculas de amido.

Fonte: Adaptada de Raven et al. (1992).

Sendo a amilose e a amilopectina moléculas complementares na composição do amido do arroz, é evidente que aumentos ou decréscimos no teor de uma delas reflete-se de forma inversa no teor da outra e resultam em tendências de comportamento igualmente inverso em relação às propriedades de cocção ou de processamento do arroz. Nas cultivares



glutinosas (cerosas), cujos grãos apresentam endosperma opaco e, quando cozidos, apresentam-se úmidos e pegajosos, o amido é quase totalmente formado por amilopectina, com um conteúdo de amilose que varia entre 0 e 2%. Nas não glutinosas, os valores encontrados para o teor de amilose acham-se na faixa de 7% até em torno de 34% (Juliano, 1984).

O teor de amilose do arroz exerce, reconhecidamente, uma influência marcante na sua performance de cozimento. A escala para classificação do teor de amilose do arroz, utilizada no programa de seleção de linhagens na Embrapa Arroz e Feijão (CNPAF), considera os seguintes valores: a) teor alto - atribuído ao arroz com conteúdo de amilose entre 28 e 32%; b) teor intermediário - entre 23 e 27%; e c) teor baixo - para o arroz com conteúdo amilótico entre 8 e 22% (Martínez & Cuevas-Perez, 1989). Para atender às preferências de consumo no Brasil, buscam-se cultivares com conteúdo de amilose intermediário a alto, cujos grãos, quando cozidos, apresentam-se secos e soltos.

Juliano & Pascual (1980), num levantamento das características de qualidade do arroz cultivado em diversos países, reportam que cultivares com teor de amilose alto são encontradas, principalmente, em países tropicais, enquanto aquelas com baixo teor amilótico predominam em países de clima temperado que, tradicionalmente, cultivam arroz do grupo *Japonica*. Cultivares não glutinosas, mas com conteúdo de amilose abaixo de 12%, foram observadas somente na Malásia. A presença de arroz glutinoso, que representa a principal fonte alimentar no norte e nordeste da Tailândia, é também expressiva no Japão, na Malásia, nas Filipinas e na Austrália (Juliano et al., 1964; Kongserree, 1979a, 1979b).

#### Temperatura de gelatinização

Um importante efeito do cozimento do arroz refere-se ao aumento e solubilização dos grânulos de amido, resultando em alterações, como aumento de volume, abertura ou fragmentação dos grãos e desenvolvimento de texturas diferenciadas no arroz cozido. A temperatura de gelatinização [TG] do amido refere-se à temperatura de cozimento na qual a água é absorvida e os grânulos de amido aumentam irreversivelmente de tamanho com simultânea perda de cristalinidade. A determinação da TG representa uma ferramenta muito importante na avaliação do comportamento culinário do arroz (Jennings et al., 1979).

A temperatura de gelatinização é comumente estimada de forma indireta, pelo grau de dispersão e clarificação dos grãos de arroz



submetidos à ação de soluções alcalinas (Martínez & Cuevas-Perez, 1989) e varia, aproximadamente, entre 63 e 80°C. Pela sua determinação, os materiais são classificados como: a) TG baixa - arroz cuja temperatura de gelatinização do amido ocorre entre 63 e 68°C; b) TG intermediária - entre 69 e 73°C; e c) TG alta - temperatura entre 74 e 80°C.

Grãos de arroz com TG baixa podem tornar-se excessivamente macios e até mesmo desintegrar-se durante o cozimento. Por outro lado, cultivares com TG alta requerem mais água e maior tempo de cozimento que aquelas com TG baixa ou intermediária, sendo geralmente rejeitadas em quase todos os mercados consumidores. No programa de seleção de linhagens do CNPAF utilizam-se, preferencialmente, materiais com TG intermediária. De acordo com Jennings et al. (1979), a maioria, ou até mesmo a totalidade, das cultivares do grupo *Japonica* apresenta TG baixa, enquanto grande parte das do grupo *Indica*, tropicais, apresentam gelatinização intermediária ou baixa.

#### Consistência de gel

Essa característica baseia-se na consistência da pasta de arroz. Cultivares com conteúdo amilótico alto, acima de 25%, podem apresentar variabilidade quanto à consistência de gel (CG), enquanto aquelas com teor de amilose abaixo de 24% geralmente apresentam CG macia.

Assim sendo, a determinação da CG foi concebida para complementar o teste de amilose e auxiliar na discriminação de cultivares com conteúdo de amilose alto, fornecendo um indicativo da textura do arroz cozido e de seu comportamento após o resfriamento. De acordo com a consistência da pasta fria apresentada pelo arroz devido ao efeito combinado da amilose e da amilopectina, as cultivares são classificadas como: a) CG rígida; b) CG intermediária; e c) CG macia (Martínez & Cuevas-Perez, 1989).

#### Alterações pós-colheita

As alterações progressivas das propriedades físico-químicas do arroz após a colheita ocorrem, principalmente, nos três ou quatro primeiros meses de armazenagem e, independente das condições ambientais, são sempre mais intensas no arroz beneficiado que no arroz em casca. No cozimento, o arroz beneficiado envelhecido absorve maior quantidade de água, expande mais, apresenta menor índice de sólidos solúveis na água de cocção e é mais resistente à desintegração dos grãos durante o cozimento que o arroz recém-colhido (Desikachar &



Subrahmanyam, 1959; Pagalilauan, 1976; Juliano, 1980, 1985a). Esse comportamento é atribuído, provavelmente, à elevação da insolubilidade da proteína e do amido durante o armazenamento, elevando também o tempo de cozimento do produto (Barber, 1972; Pushpamma & Reddy, 1979, citados por Juliano, 1985b).

Embora, na sua maioria, essas modificações sejam positivas e desejáveis, especialmente em função das preferências de consumo brasileiro, sob condições inadequadas de armazenamento podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do arroz ao ponto de inviabilizar sua comercialização como alimento, em decorrência do ataque de insetos, desenvolvimento de fungos e de processos de fermentação ou rancidificação no produto armazenado (Pagalilauan, 1976). O arroz integral, da mesma forma que o arroz malpolido, devido à conservação das camadas externas do grão, mais ricas em lipídios, apresenta poder de conservação inferior ao arroz beneficiado polido.

### **Crítérios de avaliação**

Para descrever as características comestíveis, de cocção e de processamento de uma determinada cultivar de arroz são utilizados critérios específicos. Esses critérios baseiam-se nos resultados de uma série de testes físicos e químicos que, em conjunto, servem como indicadores do comportamento da cultivar (Webb et al., 1972). Durante o processo de seleção de linhagens, dependendo da infra-estrutura disponível e dos objetivos do programa de melhoramento genético da cultura, amostras de arroz são geralmente avaliadas, entre outras, pelas seguintes determinações: teor de amilose (Juliano, 1971; Jennings et al., 1979); reação alcalina do grão beneficiado polido como estimativa da temperatura de gelatinização (Little et al., 1958; Jennings et al., 1979; Martínez & Cuevas-Perez, 1989); capacidade de absorção de água (Halick & Kelly, 1959); perfil viscoamilográfico (Juliano, 1985a); consistência de gel (Jennings et al., 1979); estabilidade do produto parboilizado e enlatado (Webb & Adair, 1970).

### **Valor nutritivo**

O arroz é um cereal versátil, de preparo fácil e constitui a principal fonte de alimento para grande parte da população mundial. O valor nutricional do arroz elaborado é função, principalmente, de seu conteúdo protéico (Juliano, 1985b, 1988). O arroz é também uma excelente fonte de carboidratos complexos, os quais, por serem de absorção lenta, são capazes de prover o organismo com energia por períodos



prolongados. Além disso, carboidratos complexos, como o amido, são recomendados para substituir a ingestão de açúcares e gorduras e assim diminuir os riscos de cardiopatias e diabetes (Juliano & Goddard, 1986).

O arroz integral é uma importante fonte de minerais e vitaminas, contendo quantidades apreciáveis de tiamina, riboflavina e niacina, bem como de fósforo, ferro e potássio (Rice Council for Market Development, s.d.).

Como forma de preservar as vitaminas do complexo B que se perdem durante a brunição e o polimento, temos a parboilização, que recupera cerca de 70% dessas vitaminas através da migração, para o interior do grão, durante o encharcamento e sua fixação durante a gelatinização do grão (Juliano, 1972; Eggum, 1979; Luh & Mickus, 1980; Carvalho et al., 1992).

O valor nutritivo do arroz e suas propriedades como alimento funcional são tratados com detalhes no Capítulo 1.

## TIPOS ESPECIAIS

O equilíbrio entre o volume produzido e a qualidade dos alimentos é muito importante para o atendimento das demandas internas de um mercado tão diversificado quanto o brasileiro, tanto em termos de etnias como de poder aquisitivo. Da mesma forma, é importante que, ao lado de tecnologias voltadas ao aumento da produtividade e da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, a pesquisa enfoque também a geração de conhecimentos e tecnologias que alavanquem a economia, interagindo com todos os segmentos da cadeia produtiva, estimulando a abertura de novos mercados, ampliando oportunidades de exportação de produtos agrícolas e aumentando a rentabilidade do agronegócio.

No caso específico do arroz, que representa um produto básico da alimentação nacional, os apelos mercadológicos podem ter abordagens distintas. Se, por um lado, é possível pensar em agregação de valor ao arroz com base em características intrínsecas, inerentes ao próprio grão, por outro, podemos atender aos apelos de marketing e propaganda, usando toda a nossa criatividade para captar a atenção e o interesse do consumidor por algo inovador no produto, algo que ele desconhecia ou que não havia ainda despertado sua atenção. Abrem-se assim oportunidades de aplicar o conhecimento gerado pela pesquisa e pelo mercado sobre as potencialidades do produto que queremos divulgar ou introduzir, utilizando modernas técnicas de comunicação e marketing.



Como já vimos anteriormente, o arroz é um produto versátil, e sua qualidade pode ser acessada com base em atributos visuais e sensoriais, percebidos facilmente pelo interessado, como a forma e o tamanho dos grãos, o rendimento de inteiros, a aparência do endosperma e o comportamento de cocção, ou com base em atributos intrínsecos, como seu baixo índice glicêmico, seu excelente aporte energético ou suas propriedades hipoalergênicas, entre outros. Tudo vai depender de quem se pretende atingir com a nova cultivar sendo lançada pela pesquisa ou com o produto que está sendo colocado no mercado. Ou seja, deve-se ter em mente, de forma bem definida, o perfil do cliente que se pretende atingir com aquele atributo específico que diferencia o novo produto.

Assim, pode ser qualificado como tipo especial de arroz qualquer arroz que apresente qualidade sensorial ou de processamento diferente dos tipos predominantemente consumidos pela população. Além da forma, tamanho e conteúdo de amilose, a cor do grão integral e o aroma são importantes critérios diferenciadores do produto. Da maneira análoga, características especiais de manejo da cultura, bem como linhas de processamento diferenciadas, podem proporcionar adicionais qualitativos ao arroz, colocando-o em posição de destaque nas prateleiras dos supermercados. Esses produtos, com peculiaridades em um ou outro aspecto e, por isso, considerados como especiais, apresentam-se também bem diferenciados em termos de produtividade e de preço.

### **Cultivares especiais**

Cultivares especiais são usadas em diversos países no preparo de pratos típicos, como: o arroz com baixa amilose usado na *paella* espanhola; o de teor intermediário a baixo para preparo do *risotto* italiano; as cultivares aromáticas da Índia e do Paquistão; os tipos glutinosos para os bolos de arroz nas Filipinas; e os de baixa amilose para os pudins nos Estados Unidos, na Europa e na China. Na América Latina, podemos encontrar nichos de mercado, particularmente nas colônias japonesa, chinesa e italiana, que mantêm seus hábitos alimentares e que dependem de produto importado (Guimarães et al., 2001). Alguns programas de melhoramento genético no Brasil vêm dedicando um significativo percentual de seu esforço de pesquisa ao desenvolvimento de cultivares especiais, respondendo de maneira positiva à emergente, mas crescente, demanda por tipos especiais de arroz não só por parte de consumidores mais exigentes como também



por parte da indústria de alimentos, já alertada pela importância de ofertar produtos diferenciados e tornar-se mais competitiva nesse mercado tão promissor (Vieira, 2003).

*Arroz aromático*: dentre as cultivares especiais, destacam-se as aromáticas (Bergman et al., 2000), representadas no mercado internacional pelas seguintes cultivares: Basmati, da Índia e do Paquistão; Jasmine, da Tailândia; Della, dos Estados Unidos. Existem centenas de outras cultivares pouco conhecidas que atendem a demandas locais, principalmente nos países asiáticos. No Brasil, a primeira cultivar de arroz aromático foi lançada em 2003 pela Embrapa, para plantio no ecossistema de terras altas (Castro et al., 2003).

O arroz Basmati é líder no mercado internacional por apresentar características qualitativas destacadas em relação às demais cultivares, não somente pelo aroma, mas também pelo alongamento peculiar do grão após o cozimento (Bergman et al., 2002), que praticamente dobra o seu comprimento. Com relação ao aroma, o Basmati apresenta 0,09 partes/milhão de 2-acetil-1-piroline, concentração doze vezes mais alta do que a encontrada nos tipos não aromáticos. Essas características conferem ao Basmati alta cotação no mercado internacional, o que vem compensando a sua baixa produtividade de grãos, alto custo de produção e algumas exigências específicas de processamento.

*Arroz colorido*: a coloração do arroz se refere a cultivares cujo produto integral apresenta cor vermelha, púrpura ou preta, produzida por depósito de grandes quantidades de antocianina em diferentes camadas do pericarpo, do tegumento da semente e da camada de aleurona (Chaudhary & Tran, 2001).

*Arroz glutinoso (ceroso)*: este tipo de arroz provém de cultivares com elevado teor de amilopectina e apresenta endosperma leitoso. Além do Laos, maior produtor e consumidor, e onde este produto representa 85% da produção nacional, os tipos glutinosos são também muito produzidos e consumidos na Tailândia e no Cambódia. Como o aromático, o arroz glutinoso apresenta baixo potencial produtivo e alto preço de mercado. A demanda por esse arroz vem crescendo nos mercados exportadores.

O *boutique rice*, obtido a partir do cruzamento entre cultivares glutinosas e aromáticas, incluindo cultivares tradicionais do Laos, Tailândia e Cambódia, é considerado hoje como o tipo de maior potencial para exportação. A China desenvolveu, a partir de um arroz aromático local, uma cultivar glutino-aromática com elevada produtividade de grãos, ao redor de 7.500 kg ha<sup>-1</sup>.



O *Arbório*, é um tipo de arroz usado na Itália para preparo do tradicional *risotto*, que apresenta grãos arredondados e opacos e que, quando cozidos, proporcionam uma textura cremosa mas com o centro do grão mais duro e resistente à mastigação.

Da mesma forma que o *Arbório*, o *panza blanca*, usado no preparo da “paella” espanhola, apresenta também peculiaridades com respeito às características do amido e à aparência do endosperma.

### **Produtos com características especiais de produção, processamento ou com propriedades terapêuticas**

Com relação ao processamento, destacamos o arroz parboilizado e o arroz integral, já descritos no início deste capítulo. Tanto um como outro se caracterizam por um tipo de consumo regionalizado ou limitado por preferências de determinados estratos da população e apresentam qualidade diferenciada em termos de seu valor nutritivo e comportamento de cocção.

Mais recentemente, com o novo conceito de alimento funcional, ou seja, aquele que, além das propriedades essenciais que o caracterizam como alimento, possui, adicionalmente, determinados componentes que o tornam importante do ponto de vista terapêutico, pode-se também incluir no rol de tipos especiais, produtos como o arroz oriundo de produção orgânica e produtos enriquecidos com vitaminas e outros nutrientes.

*Arroz enriquecido*: o arroz, sendo um alimento consumido por grande parte da população mundial, apresenta excelente potencial no sentido de contribuir para a melhoria das condições de saúde e nutrição, especialmente em países em desenvolvimento que dependem do arroz como ingrediente básico da dieta (Misaki & Yasumatsu, 1985; Hoffpauer, 1992). Trabalhos voltados à biofortificação do arroz, com o enriquecimento genético dos teores de ferro, zinco e outros minerais e vitaminas podem beneficiar bilhões de pessoas sem maiores custos adicionais. Uma iniciativa pioneira nesse sentido é o *Golden Rice*, ou Arroz Dourado, um produto geneticamente modificado para conter  $\beta$  caroteno, precursor da vitamina A, e maior conteúdo de ferro (Gura, 1999).

Como outros exemplos neste sentido, podemos citar a produção do *Ultra Rice*, conforme esquematizado na Fig. 23.3, e o lançamento de uma nova cultivar desenvolvida na Coreia do Sul, pela Estação Experimental de Milyang (National Yeongnam Agriculture Experiment Station, Milyang), com maior conteúdo de lisina, um dos aminoácidos essenciais.





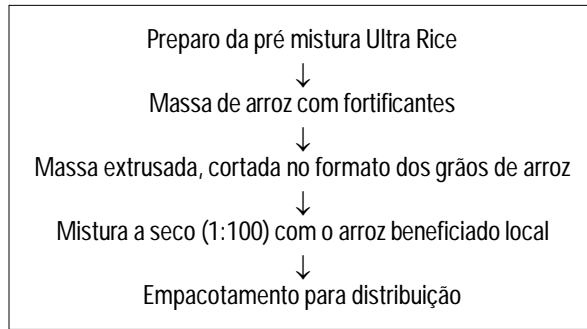


Fig. 23.3. Esquema de produção do *Ultra Rice*.

Tanto cultivares comuns como especiais, como os tipos *jasmine*, sob cultivo orgânico, estão despertando interesse crescente por parte do consumidor nos Estados Unidos, na Europa e no Japão. Em publicação recente, McClung & Bergman (2002) informaram que o germoplasma de origem asiática pode oferecer aos melhoristas uma fonte potencial de produtividade de grãos superior para desenvolvimento de cultivares para uso em sistemas de produção orgânica. O maior potencial produtivo contribuirá para encorajar os agricultores a produzirem arroz orgânico e aumentar sua disponibilidade no mercado (Bergman et al., 2003).

## PADRÕES DE COMERCIALIZAÇÃO

As Normas de Identidade, Qualidade, Embalagem e Apresentação do Arroz (Brasil, 1988) proporcionam um sistema de comercialização por classes e tipos, que levam em consideração os fatores de qualidade associados à limpeza, uniformidade, condições sanitárias e pureza do produto. Os padrões de classificação constituem a base para a avaliação da qualidade para fins de comercialização do produto em casca, integral, polido e parboilizado, bem como dos quebrados e da quirera. As designações oficiais no Brasil, utilizadas para enquadramento do produto e marcação da embalagem, são fundamentadas nos seguintes parâmetros (Brasil, 1988):

### Grupos

De acordo com a forma de apresentação do produto a ser comercializado, o arroz pode ser classificado em dois grandes grupos, arroz em casca e arroz beneficiado.



## Subgrupos

O grupo do arroz em casca pode ser enquadrado em dois subgrupos: arroz em casca natural e arroz em casca parboilizado. Para o arroz beneficiado são previstos quatro subgrupos, a saber, arroz beneficiado integral, polido, parboilizado e parboilizado integral.

## Classes

Para o enquadramento em classe de qualquer dos subgrupos acima, são consideradas cinco categorias, com base nas dimensões dos grãos inteiros após o descasque e polimento. As quatro primeiras classes referem-se ao produto longo-fino, longo, médio e curto e, para que o produto comercial possa ser enquadrado em qualquer uma delas, é necessário que, no mínimo, 80% da massa dos grãos inteiros da amostra sejam representados por grãos com as dimensões previstas oficialmente, como segue:

Grãos longos-finos:	comprimento $\geq 6$ mm espessura $\leq 1,90$ mm relação comprimento/largura $\geq 2,75$ mm
Grãos longos:	comprimento $\geq 6$ mm
Grãos médios:	comprimento entre 5 mm a menos de 6 mm
Grãos curtos:	comprimento inferior a 5 mm

Adicionalmente, é considerada uma quinta classe, designada como arroz **misturado** e destinada à classificação do produto que não se enquadre em nenhuma das classes anteriores e se apresente constituído pela mistura de duas ou mais delas, sem predominância (80%) de nenhuma.

## Tipos

Qualquer que seja o grupo, subgrupo ou classe a que pertença, o arroz destinado à comercialização como grão para consumo é classificado em cinco tipos, expressos numericamente e definidos de acordo com o percentual de ocorrência de defeitos e com o percentual de grãos quebrados e quirera. Os defeitos, de acordo com a sua importância e conseqüências no produto de consumo, são considerados como defeitos graves, ou seja, matérias estranhas, impurezas, grãos mofados, ardidos, pretos e não gelatinizados e, como defeitos gerais, representados por grãos danificados, manchados, picados, amarelos,



rajados, gessados e não parboilizados. Alguns desses defeitos são comuns a todos os subgrupos e outros, específicos. Para enquadramento em tipo comercial são observados os percentuais de defeitos graves, de defeitos gerais, de grãos quebrados e de quirera. Os percentuais máximos de defeitos permitidos em cada um dos cinco tipos encontram-se expressos em tabelas de tolerância, para cada subgrupo, a serem aplicadas na tipificação do produto.

### **Produto sem enquadramento**

O arroz em casca, o arroz beneficiado e os fragmentos de grão que não atendem às exigências de enquadramento em tipo comercial do produto são classificados como **abaixo do padrão** ou **desclassificado**. O produto classificado como abaixo do padrão pode ser comercializado como tal, desde que perfeitamente identificado na embalagem, ou pode ser rebeneficiado, desdobrado e recomposto para efeito de enquadramento em tipo. Já o produto desclassificado tem a sua comercialização proibida tanto para consumo humano como animal, por encontrar-se em mau estado de conservação, apresentando-se fermentado, mofado, com odor estranho ou contendo substâncias nocivas à saúde e teores de micotoxinas acima dos limites estabelecidos por legislação específica do Ministério da Saúde.

### **Renda no benefício e rendimento do grão**

Para a valoração comercial do produto, são também considerados a renda no benefício, expressa pelo percentual total de arroz beneficiado, representado pelo total de grãos inteiros, quebrados e quirera, e o rendimento do grão, expresso, separadamente, pelo percentual de inteiros e percentual de quebra obtidos. A legislação prevê uma renda base em nível nacional de 68% para a renda no benefício, constituída de um rendimento de grão de 40% de grãos inteiros e 28% de grãos quebrados e quirera. Rendimentos inferiores ou superiores aos estabelecidos pela renda base devem ser corrigidos pela aplicação de coeficientes específicos.

### **Outros critérios considerados**

Além dos citados anteriormente, devem ser determinados também o teor de umidade e os percentuais de matérias estranhas e impurezas, cujos valores, se acima de determinados limites, devem ser usados para efeito de descontos no peso líquido do lote em questão. Para tais determinações, existem procedimentos padrão a serem seguidos pelos classificadores.



Nos Estados Unidos, os critérios considerados para a comercialização de grãos têm sido submetidos a constantes revisões e mudanças desde a sua elaboração, em 1916. Nos últimos anos, as diferenças mais marcantes são decorrentes da introdução de princípios econômicos, tanto na seleção de parâmetros de classificação como no estabelecimento de tolerâncias numéricas para esses fatores.

A incorporação de princípios econômicos nas normas oficiais de padronização e classificação de grãos para consumo é a base onde se fundamentam as quatro diretrizes consideradas no estabelecimento de padrões de qualidade naquele país: 1) facilitar o comércio e o mercado de grãos; 2) refletir o potencial de conservação dos grãos; 3) identificar fatores de importância econômica para processadores e consumidores; e 4) proporcionar as ferramentas para geração de incentivos visando à melhoria de qualidade e a manutenção do mercado. A partir dessas diretrizes, é possível aos órgãos legisladores e fiscalizadores avaliar não somente a importância dos critérios considerados na atualidade, mas também a necessidade de eventuais mudanças futuras (Hill, 1988). Dessa forma, as alterações nas normas deixam de ser arbitrárias e, por requererem que a retirada ou incorporação de um parâmetro, bem como a estipulação de limites de tolerância estejam em conformidade com pelo menos uma das diretrizes do sistema, tornam-se fortemente justificadas sob o ponto de vista econômico.

No Brasil, devido à evolução nas características de mercado de produtos em geral, em função da maior sofisticação do consumidor, especialmente no que se refere a produtos alimentícios, a busca de qualidade e as necessidades de revisão e adequação dos padrões de comercialização são também uma constante. Adicionalmente, com a abertura de mercado aos países do MERCOSUL, a busca da uniformização de critérios e adequação de padrões torna-se ainda mais premente em função da demanda diferenciada e requerimentos específicos do mercado externo.

## REFERÊNCIAS

AMATO, G. W.; SILVEIRA FILHO, S. **Parboilização do arroz no Brasil**. Porto Alegre: CIENTEC, 1991. 98 p.

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V. de; SILVEIRA FILHO, S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240 p.

BARBER, S. Milled rice and changes during aging. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p. 215-263.



- BENEDITO DE BARBER, C.; MARTINEZ, J.; BARBER, S. Effects of parboiling processes on the chemical composition and nutritional characteristics of rice bran. In: RICE BY-PRODUCTS UTILIZATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 1974, Valencia, Spain. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1974. v. 4, p. 121-130.
- BERGMAN, C. J.; DELGADO, J. T.; BRYANT, R.; GRIMM, C.; CADWALLADER, K. R.; WEBB, B. D. Rapid gas chromatographic technique for quantifying 2-acetyl-1-pyrroline and hexanal in rice (*Oryza sativa*, L.). **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 77, n. 4, p. 454-458, July/Aug. 2000.
- BERGMAN, C. J.; MCCLUNG, A.; GOFFMAN, F.; CHEN, M.; FJELLSTROM, R. Usos industriais do arroz: presente e futuro. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. v. 2, p. 232-238. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 153).
- BERGMAN, C. J.; MCCLUNG, A. M.; PINSON, S. R. M.; FJELLSTROM, R. G. Development of PCR based markers associated with cooked rice kernel elongation and aroma. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 29., 2002, Little Rock, Arkansas. **Proceedings...** Crowley: Louisiana State University Agricultural Center, 2002. p. 53.
- BERRIO, L. E.; CUEVAS-PEREZ, F. E. Cultivar differences in milling yields under delayed harvesting of rice. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 6, p. 1510-1512, Nov./Dec. 1989.
- BHASHYAM, M. K.; RAJU, G. N.; SRINIVAS, T.; NAIDU, B. S. Physico-chemical studies in relation to cracking properties in rice using isogenic lines. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 21, n. 5, p. 272-277, Sept./Oct. 1984.
- BHATTACHARYA, K. R. Breakage of rice during milling: a review. **Tropical Science**, London, v. 22, n. 3, p. 225-276, 1980.
- BOLLICH, C. N.; WEBB, B. D.; MARCHETTI, M. A.; SCOTT, J. E. Registration of Newrex rice. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 2, p. 286-287, Mar./Apr. 1980.
- BOLLICH, C. N.; WEBB, B. D.; MARCHETTI, M. A.; SCOTT, J. E. Registration of Rexamont rice. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 1160, Sept./Oct. 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria n. 269, de 17 de novembro de 1988. Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do Arroz. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, v. 126, 22 nov. 1988.
- CALDERWOOD, D. L.; WEBB, B. D. Effect of the method of the dryer operation on performance and on the milling and cooking characteristics of rice. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 14, n. 1, p. 142-146, Jan./Feb. 1971.
- CARTANO, A. V.; JULIANO, B. O. Hemicelluloses of milled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 18, n. 1, p. 40-42, Jan./Feb. 1970.
- CARVALHO, J. L. V.; AMATO, G. W.; MAZZARI, M. R.; GERMANI, R. Retenção de vitaminas B1 e B2 em arroz parboilizado processado em autoclave e em estufa no Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 45, n. 403, p. 12-14, jul./ago. 1992.
- CASTILLO, D. **El grano de arroz**: características fisicoquímicas de sus almidones relacionadas con las propiedades mecánicas y de cocción. 1981. 76 p. (Tese Doutorado) – Cuba, Habana.



CASTILLO TORO, D.; HERNANDEZ LÓPEZ, A. A.; GALLARDO, I. D. **Propiedades fisicoquímicas del grano de arroz y su calidad**. Habana: Instituto de Investigaciones del Arroz, 1990. 47 p. Conferência apresentada na IV Reunião Nacional de Pesquisa de arroz, realizada em Goiânia, GO em junho de 1990.

CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de; PEREIRA, J. de A.; LOPES, A. de M.; UTUMI, M.; FERREIRA, C. M.; BRESEGHELLO, F.; PRABHU, A. S.; SOUZA, N. R. G. de; FONSECA, J. R.; VANDERLEI, J. C.; NEVES, P. de C. F.; CHAVES, R. de Q.; BASSINELLO, P. Z.; SOARES, A. A.; COLASANTE, L. O. **BRS Aroma**: cultivar de arroz de terras altas de grãos aromáticos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 71).

CHANG, T. T.; SOMRITH, B. Genetic studies on the grain quality of rice. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979. p. 49-58.

CHAUDHARY, R. C.; TRAN, D. V. Speciality rices of the world: a prologue. In: CHAUDHARY, R. C.; TRAN, D. V.; DUFFY, R. (Ed.). **Speciality rices of the world: breeding, production and marketing**. Enfield: Science; Rome: FAO, 2001. p. 3-12.

CUEVAS-PEREZ, F.; PESKE, S. T. Milling performance of rice varieties under different moisture absorption environments. **Tropical Science**, London, v. 30, n. 2, p. 147-152, 1990.

DAVI, C. C. The global rice situation. In: IRRI. **Progress in irrigated rice research**. Manila, 1989. p. 9-24.

DAVI, C. C. The world rice economy: challenges ahead. In: KHUSH, G. S.; TOENNIESSEN, G. H. (Ed.). **Rice biotechnology**. Wallingford: CAB International, 1991. p. 1-18.

DESIKACHAR, H. S. R.; SUBRAHMANYAN, V. Expansion of new and old rice during cooking. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 36, p. 385-391, 1959.

EGGUM, B. O. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979. p. 91-111.

GUIMARÃES, E. P.; VIEIRA, N. R. A.; PINHEIRO, B. S. Breeding for specialty rice in Latin America: status and perspectives. In: CHAUDHARY, R. C.; TRAN, D. V.; DUFFY, R. (Ed.). **Speciality rices of the world: breeding, production and marketing**. Enfield: Science; Rome: FAO, 2001. p. 317-321.

GURA, T. New genes boost rice nutrients. **Science**, Washington, v. 285, n. 5430, p. 994-995, Aug. 1999.

HALICK, J. V.; KELLY, V. J. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 36, p. 91-98, 1959.

HENDERSON, S. M. The causes and characteristics of rice checking. **Rice Journal**, Raleigh, v. 57, n. 5, p. 16-18, 1954.

HILL, L. D. The challenge of developing workable grades for grain. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 33, n. 4, p. 348-349, Apr. 1988.

HINTON, J. J. C. Parboiling treatment of rice. **Nature**, London, v. 162, p. 913, 1948.

HOFFPAUER, D. W. Rice enrichment for today. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 37, n. 10, p. 757-759, Oct. 1992.



IWASAKI, T. Measures of the enhancement of rice consumption and diversification of rice utilization. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON THE DIVERSIFICATION OF RICE UTILIZATION, 1987, Bangkok. **Proceedings...** Taipei: Food Fertilizer Technology Center, 1987. 3 p.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Los Baños: IRRI, 1979. p. 101-120.

JULIANO, B. O. A simplified assay for milled-rice amylose. **Cereal Science Today**, St. Paul, v. 16, n. 10, p. 334-340, Oct. 1971.

JULIANO, B. O. The rice caryopsis and its composition. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p. 16-74.

JULIANO, B. O. Properties of the rice caryopsis. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice: production and utilization**. Westport: AVI Publishing, 1980. p. 403-438.

JULIANO, B. O. Rice starch: production, properties and uses. In: WHISTLER, R. L.; MILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. (Ed.). **Starch: chemistry and technology**. 2. ed. Orlando: Academic Press, 1984. p. 507-527.

JULIANO, B. O. Criteria and tests for rice grain qualities. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985a. p. 443-524.

JULIANO, B. O. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985b. p. 59-174.

JULIANO, B. O. Nutritional properties of milled rice. In: ASIAN CONGRESS OF NUTRITION, 5., 1987, Osaka, Japan. **Proceedings...** Tokyo: Center of Academic Publications, 1988. p. 328-334.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 17-57.

JULIANO, B. O.; DUFF, B. Rice grain quality as an emerging priority in national rice breeding programs. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE, 1990, Seoul, Korea. **Rice grain marketing and quality issues**. Manila: IRRI, 1991. p. 55-64.

JULIANO, B. O.; GODDARD, M. S. Cause of varietal difference in insulin and glucose responses to ingested rice. **Qualitas Plantarum - Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 35-41, 1986.

JULIANO, B. O.; HICKS, P. A. Utilization of rice functional properties to produce rice food products with modern processing technologies. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 39, p. 163-178, 1990.

JULIANO, B. O.; PASCUAL, C. G. **Quality characteristics of milled rice grown in different countries**. Los Baños: IRRI, 1980. 24 p. (IRRI. Research Paper Series, 48).

JULIANO, B. O.; SAKURAI, J. Miscellaneous rice products. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 569-618.

JULIANO, B. O.; BAUTISTA, G. M.; LUGAY, J. C.; REYES, A. C. Studies on the physicochemical properties of rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 12, n. 2, p. 131-138, Mar./Apr. 1964.



- KANEMOTO, S. Novos conceitos no processamento de arroz. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. v. 2, p. 28-42. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 153).
- KOCHER, M. F.; SIEBENMORGEN, T. J.; NORMAN, R. J.; WELLS, B. R. Rice kernel moisture content variation at harvest. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 33, n. 2, p. 541-548, Mar./Apr. 1990.
- KONGSEREE, N. Physicochemical properties of Thai rice varieties and methodology used in quality improvement. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979a. p. 183-190.
- KONGSEREE, N. Quality tests for waxy (glutinous) rice. In: WORKSHOP ON CHEMICAL ASPECTS OF RICE GRAIN QUALITY, 1979, Los Baños, Philippines. **Proceedings...** Los Baños: IRRI, 1979b. p. 303-311.
- KUNZE, O. R.; HALL, C. W. Relative humidity changes that causes brown rice to crack. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 8, p. 399-405, 1965.
- LITTLE, R. R.; HILDER, G. B.; DAWSON, E. H. Effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 35, p. 111-126, 1958.
- LUH, B. S.; MICKUS, R. R. Parboiled rice. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice: production and utilization**. Westport: AVI Publishing, 1980. p. 501-542.
- MCCLUNG, A. M.; BERGMAN, C. J. Rice cultivar response to organic cultural management. In: RICE TECHNICAL WORKING GROUP, 29., 2002, Little Rock, Arkansas. **Proceedings...** Crowley: Louisiana State University Agricultural Center, 2002. p. 146.
- MAHESHWARI, R. C.; OJHA, T. P. Fuel characteristics of rice husks. In: RICE BY-PRODUCTS UTILIZATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 1974, Valencia, Spain. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1974. v. 1, p. 67-76.
- MARTÍNEZ, C.; CUEVAS-PEREZ, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz**. 3. ed. Cali: CIAT, 1989. 75 p. (CIAT. Serie 04SR-07.01).
- MISAKI, M.; YASUMATSU, K. Rice enrichment and fortification. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985. p. 389-401.
- NAGATO, K.; KONO, Y. Grain texture of rice. 1. relations among hardness distribution, grain shape and structure of endosperm tissue of rice kernel. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, v. 32, p. 181, 1963.
- PÁDUA, A. B.; JULIANO, B. O. Effect of parboiling on thiamin, protein and fat of rice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 25, n. 6, p. 697-701, June 1974.
- PAGALILAUAN, E. B. Deterioration of rice in storage. **Grain Journal**, Philippines, v. 1, n. 2, p. 10-12, Aug. 1976.
- RABELO, R. R. **Normatização, padronização, classificação e qualidade de grãos de arroz para comercialização interna: uma abordagem crítica**. 2003. 204 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.





- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biology of plants**. 5. ed. New York: Worth Publishers, 1992. p. 47-61.
- RICE COUNCIL FOR MARKET DEVELOPMENT. **U.S.A. Rice**: a guide to the United States rice industry. Houston, [s.d.]. 28 p.
- SIEBENMORGEN, T. J.; JINDAL, V. K. Effects of the moisture adsorption on the head rice yields of long grain rough rice. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 29, n. 6, p. 1767-1771, Nov./Dec. 1986.
- SIMPSON, I. A. The distribution of thiamine and riboflavin in rice grain, and thiamine in parboiled rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 28, p. 259-266, 1951.
- SIMPSON, J. E.; ADAIR, C. R.; KHOLER, G. O.; DAWSON, E. H.; DEOBALD, H. J.; KESTER, E. B.; HOGAN, J. T.; BATCHER, O. M.; HALICK, J. V. **Quality evaluation studies of foreign and domestic rices**. Washington: USDA, 1965. 183 p. (USDA. Technical Bulletin, 1331).
- SRINIVAS, T.; BHASHYAM, M. K.; MAHADEVAPPA, M.; DESIKACHAR, H. S. R. Varietal differences in crack formation due to weathering and wetting stress in rice. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 47, n. 1, p. 27-31, Jan. 1977.
- SRINIVAS, T.; BHASHYAM, M. K.; MUNE GOWDA, M. K.; DESIKACHAR, H. S. R. Factors affecting crack formation in rice varieties during wetting and field stress. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 48, n. 7, p. 424-432, July 1978.
- SRINIVAS, T.; BHASHYAM, M. K.; NARASIMHA REDDY, M. K.; DESIKACHAR, H. S. R. Development of a modified technique for intra-varietal selection for low crack susceptibility and low milling breakage in rice. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 51, n. 4, p. 228-232, Apr. 1981.
- TANAKA, K.; YOSHIDA, T.; ASADA, K.; KASAI, Z. Subcellular particles isolated from aleurone layer of rice seeds. **Archives on Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 155, n. 1, p. 136-143, Mar. 1973.
- VIEIRA, N. R. de A. Tipos especiais de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 838-840.
- WEBB, B. D. Rice quality and grades. In: LUH, B. S. (Ed.). **Rice**: production and utilization. 2. ed. Davis: University of California, 1991. v. 2, p. 89-119.
- WEBB, B. D.; ADAIR, C. R. Laboratory parboiling apparatus and methods of evaluating parboil-canning stability of rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 47, n. 6, p. 708-714, Nov. 1970.
- WEBB, B. D.; BOLLIICH, C. N.; JODON, N. E.; JOHNSTON, T. H.; BOWMAN, D. H. **Evaluating the milling, cooking, and processing characteristics required of rice varieties in the United States**. Washington: USDA, 1972. 8 p.
- YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1981. 269 p.



# Aproveitamento Industrial

*José Luiz Viana de Carvalho; Priscila Zaczuk Bassinello*

**RESUMO** - A oferta de produtos à base de arroz, bem como o aproveitamento dos subprodutos do seu beneficiamento no Brasil ainda é incipiente e pouco diversificada, com algumas exceções. Alguns subprodutos, como a casca e o farelo, ainda continuam sendo vistos como sinônimos de poluição ambiental e a solução mais criativa aplicada aos subprodutos do arroz refere-se à utilização da casca, por meio da queima para geração de energia. O farelo, apesar de seu elevado conteúdo protéico e vitamínico, é quase totalmente empregado em formulações para alimentação animal, enquanto o arroz quebrado é usado como coadjuvante em cervejarias ou em rações. Tal situação tende a modificar-se no sentido de viabilizar o uso do farelo na alimentação humana, não só pelo seu aproveitamento na indústria de extração do óleo, como também pela utilização direta do farelo estabilizado. Da mesma forma, as opções de aproveitamento do arroz quebrado parecem bastante promissoras para a produção de farinhas, *snacks*, cereais matinais ou como fonte de amido de alta qualidade e concentrados protéicos. Para a casca, abrem-se novas oportunidades para o aproveitamento das cinzas resultantes de sua combustão, utilizando, principalmente, a relação de carbono e sílica, em função da intensidade da queima empregada.

## INTRODUÇÃO

Para consumo humano, o arroz tem sido tradicionalmente utilizado como o produto final do beneficiamento, sendo suas principais formas o arroz branco polido e o arroz parboilizado. O consumo de arroz integral, parboilizado ou não, é insignificante se comparado aos demais.

A utilização do arroz sob a forma industrializada está diretamente ligada ao poder aquisitivo da população. Em países do primeiro mundo, o arroz tem sido transformado em diversos produtos prontos, de preparo rápido e/ou instantâneo, aos quais são agregados valores geralmente inacessíveis ao poder de compra da maioria da população mundial consumidora de arroz, inclusive a do Brasil.

Como subprodutos do beneficiamento e processamento do arroz em casca, resultam o arroz quebrado, a casca e o farelo, muito pouco utilizados, tanto na agroindústria alimentar como na não-alimentar.



A necessidade de um melhor entendimento sobre os benefícios nutricionais do arroz, de suas propriedades funcionais e qualidades sensoriais, é fundamental para o desenvolvimento de aplicações de valor agregado, formulação, modificação e avaliação. Isso vale para o arroz, seus componentes e subprodutos.

Em nível mundial podem ser citados diversos exemplos de usos industriais do arroz: o desenvolvimento do “Novel”, um amido modificado, hipoglicêmico que digere 50% a mais que farinha de arroz não tratada como determinado *in vitro*, indicado para bebidas esportivas e bebidas para diabéticos, ótimo substituto de gorduras em margarinas, *whip cream*, *sour cream*, *pastries*; o *Quick-cooking rice*, que é arroz de cozimento rápido através de processo físico, que reduz o tempo de cocção de um arroz integral, 40 - 50 min., ao de um arroz branco, 20 min.; a *Rice-Based Fries*, um produto extrusado, usando arroz quebrado e farelo, que apresenta o interior macio, a superfície crocante absorve 25 - 50% menos gordura em comparação à batata frita; a *Rice Batter*, uma farinha para empanados com excelente aderência e propriedades de fritura com baixa absorção de óleo (frango frito com esta farinha absorve 60% menos de óleo); *Low oil-uptake donuts*, massa para *doughnuts* feita à base de uma mistura de arroz e trigo, com capacidade de absorção de óleo 70% mais baixa que a massa convencional; isolado protéico com teor acima de 90% de proteína, subproduto do processamento de xarope de arroz, que contém alto valor agregado além de ser nutritivo e hipoalergênico; peptídeos funcionais extraídos de farelo de arroz, que são proteínas limitadas, porém, quando hidrolizadas enzimaticamente, aumentam sua solubilidade e atividade emulsificante; amido fosforilado por extrusão, num processo simples e barato, com 0,36 - 0,37% de fósforo, de grande utilização em alimentos com ótimas propriedades para uso em congelados, proporcionando grande consistência e estabilidade em massas alimentícias; o *Pest Terminator* para utilização no controle biológico onde se incorpora um fungo à matriz de farinha de arroz para combate de certas pragas; o carvão ativado, utilizando palha e casca de arroz, capaz de absorver metais de mananciais de água e também utilizado na clarificação de açúcar refinado.

Essas formas de utilização evidenciam o amplo potencial ainda inexplorado pela indústria de transformação do arroz no país. Neste capítulo, são discutidas algumas alternativas para uso do produto arroz, para fins alimentícios ou não, bem como a atual situação brasileira nesse sentido.



## UTILIZAÇÕES NÃO-CONVENCIONAIS DO ARROZ

### Amido

No Brasil, os fragmentos de grão com tamanho inferior a 3/4 do grão inteiro, grãos quebrados e a quirera, são subprodutos do beneficiamento que apresentam baixo valor agregado, com valor de mercado cerca de 20% do preço pago ao arroz inteiro. Tradicionalmente, esses subprodutos são usados em rações para alimentação de animais ou como coadjuvantes em cervejarias, no processo de fermentação. As principais potencialidades do uso do arroz quebrado são apresentadas na Fig. 24.1.

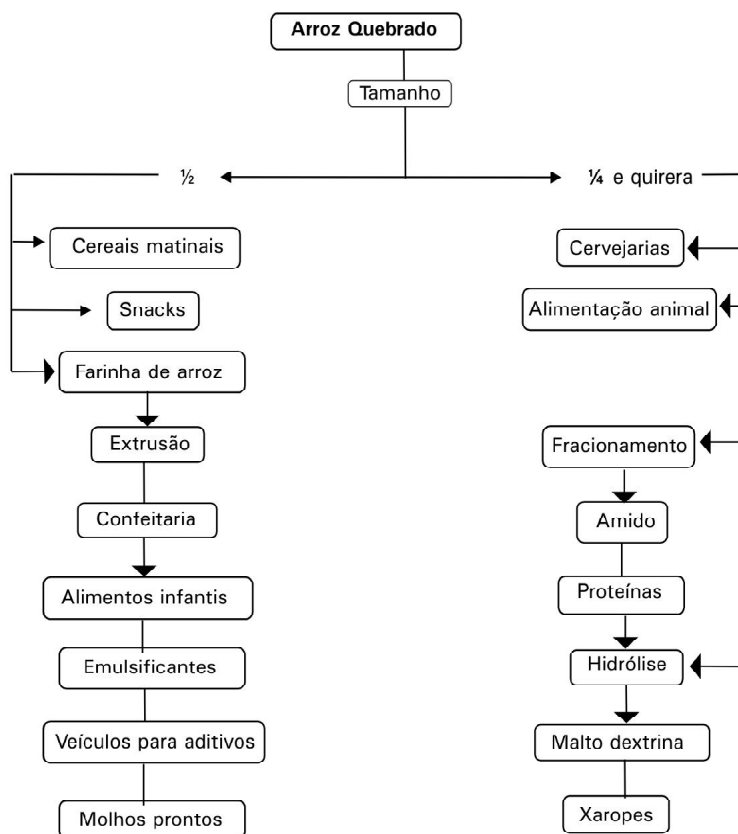


Fig. 24.1. Potencialidades de uso do arroz quebrado.

O percentual de grãos quebrados a partir do beneficiamento é variável em função de diversos fatores, como a cultivar utilizada, o sistema



de cultivo, a época de colheita, o teor de umidade do produto ou o tipo de processamento utilizado. Em média, cerca de 20% do arroz beneficiado no país resulta em arroz quebrado, e o seu aproveitamento como fonte de amido certamente agregará valor comercial a esse subproduto.

Para que o amido seja considerado puro, é necessário que o seu conteúdo de gordura e proteína seja inferior a 0,5%. Devem também ser considerados o seu peso molecular, o tamanho do grânulo, sua temperatura de gelatinização e suas características viscoamilográficas (Starch..., 1993). Esse perfil pode ser caracterizado analiticamente com facilidade e viabilizar o desenvolvimento de um processo que garanta a extração do amido puro.

Na Índia, a disponibilidade de milho para a indústria de amido está diminuindo a cada dia, especialmente devido à crescente demanda de indústrias envolvidas com a produção de cereais matinais e *snacks*. O arroz quebrado, que é mais barato que o milho e muito abundante, pode ser uma alternativa à produção de amido (Sodhi & Singh, 2003). Amidos de arroz com menor teor de amilose apresentam maior poder de gelatinização. O conteúdo de amilose em arroz varia com o tamanho do grânulo de amido. Quanto maior o grânulo, maior o teor de amilose. Grânulos maiores de amido com elevado conteúdo de amilose apresentaram maior tendência a retrogradação (Sodhi & Singh, 2003).

Embora nos Estados Unidos o uso de arroz como ingrediente em produtos como géis, pudins, sorvetes, alimentos infantis, entre outros, tenha sido incrementado devido ao seu valor nutricional, características hipoalergênicas, brancura e quase ausência de sabor, o amido e a proteína de arroz, que representam, aproximadamente, 80 e 8% do grão, respectivamente, têm sua produção e marketing ainda em fase inicial. A produção global de amido de arroz, se comparada com outras fontes amiláceas, é praticamente insignificante. Talvez a causa principal seja o alto custo de sua produção o qual, quando comparado ao amido de milho, é quatro vezes maior (Champagne, 1996).

Embora o amido de arroz tenha características próprias que o distinguem de outras fontes, o desenvolvimento de produtos de valor agregado ainda requer conhecimento de sua estrutura e funcionalidade (Champagne, 1996).

Como uma das características favoráveis à utilização do amido de arroz, destaca-se o fato de ser um produto não alergênico, uma vez que não se tem conhecimento de reações adversas causadas pelo seu



consumo ou manuseio. Por isso, o amido de arroz tem sido recomendado na dieta de pessoas portadoras da doença celíaca, que se caracteriza pela intolerância do organismo à ingestão de glúten. Ademais, o amido de arroz apresenta baixo índice glicêmico, ou seja, causa pequeno aumento do teor de glicose no sangue após a ingestão, o que o torna um importante componente no balanceamento das refeições (French & Smith, 1993).

Devido ao seu sabor suave, o amido de arroz pode ser adicionado a doces de confeitaria e em bebidas à base de leite. Sua cor, intensamente branca, também pode ser considerada como um fator de qualidade tecnológica, favorecendo sua utilização em produtos onde se deseja preservar a cor original. Por sua vez, o reduzido tamanho de seus grânulos, 2 - 10  $\mu$ m, facilita a homogeneização com partículas pequenas, a exemplo de glóbulos de gordura (French & Smith, 1993).

O amido de arroz possui estabilidade ao congelamento e descongelamento, não havendo necessidade de modificação prévia, como acontece com amidos provenientes de outras fontes, tornando-se de grande utilidade em produtos alimentícios congelados. Por ser também resistente a modificações provocadas por ácidos, é recomendada sua utilização em produtos de alta acidez, ou em condições de processamento envolvendo meios ácidos.

Em arroz, as variações das frações do amido, ou seja, amilose e amilopectina, encontram-se normalmente entre 0% e 40% de amilose, complementada pela sua fração correspondente de amilopectina. Em função dessa ampla faixa de variação, o amido do arroz apresenta uma série de composições que o torna adequado a aplicações industriais bastante diversificadas.

O amido do arroz pode passar pelo processo de cozimento, visando à pré-gelatinização, ou ser modificado quimicamente para produção de um amido diferenciado, com amplas possibilidades de utilização, dependendo do tipo de modificação química utilizada (French & Smith, 1993). O seu aproveitamento em cereais matinais melhora a textura e a expansão do produto final, sendo também um substituto natural e de baixo custo para o uso de gorduras em *snacks* (Sheng, 1995).

Essas características, consideradas em conjunto ou isoladamente, evidenciam o potencial que o amido de arroz representa para os segmentos envolvidos com o processamento industrial de alimentos, especialmente quando se considera a tendência mundial de



utilizarem-se matérias primas abundantes, de baixo custo e de processamento rápido.

Comercialmente o amido de arroz é fino, branco, com aplicações potenciais em alimentos infantis, cosméticos, papéis, coberturas em confeitaria e, em produtos farmacêuticos, como excipiente.

Em sua forma gelatinizada, tem um sabor suave, é macio e de cor levemente creme. Como seus grânulos são aproximadamente do mesmo tamanho, com homogêneos glóbulos de gordura, eles podem ser trabalhados tão bem quanto a gordura de forma mimética. Amido de arroz é não alergênico e tem baixo índice glicêmico e está se tornando muito popular como um agente de textura por ser macio e de alta estabilidade, além de possuir pouco *flavor*, o que é muito importante em produtos onde o isso é fator limitante (Champagne, 1996).

As características funcionais do amido de arroz são dependentes da proporção amilose/amilopectina e da quantidade e tipo de proteína associada ao amido. Condições ambientais durante o desenvolvimento da planta, tais como fertilidade do solo, época de plantio, horas de luminosidade e temperatura influenciam na estrutura do amido e em sua funcionalidade. A forte associação das proteínas ao amido de arroz torna difícil a obtenção de amido de arroz com teores menores que 0,5% de proteína (Champagne, 1996).

A diferença entre amido ceroso de arroz e amido normal está na estrutura do gel e na temperatura de estabilidade desse gel. Essas características são mais importantes que a viscosidade, que pode ser ajustada com inulina e hidrocolóides, compatíveis com amido de arroz. A estabilidade ao congelamento do amido de arroz ceroso torna-o prático para uso em sobremesas congeladas, bem como em molhos de comidas congeladas. A desvantagem é a necessidade 10 - 12% maior de amido ceroso para obter a mesma viscosidade obtida por um amido não ceroso. A indústria do amido de arroz recentemente passou de sua primeira geração, amidos não modificados, para a segunda geração de produtos, com amidos modificados, xaropes e maltodextrinas (Champagne, 1996).

Para que a indústria do amido de arroz obtenha o sucesso desejado, é necessário acumular um grande conhecimento das relações de estrutura e funções do amido após sua extração e identificar requerimentos específicos dos produtos que podem ser obtidos com o seu uso, desenvolvendo novas tecnologias que convertam amido de arroz em produtos com alto valor agregado e de forte demanda.



## Farinha de arroz quebrado

O cozimento do arroz quebrado pode ser por extrusão, vapor, ou pressão, sendo o produto cozido posteriormente secado e moído para obtenção de diferentes tipos de farinha de arroz pré-gelatinizadas. O grau de gelatinização da farinha de arroz, obtido em função da temperatura do processo de cocção, determinará sua aplicabilidade industrial (Kohlwey et al., 1995; Sheng, 1995).

O teor de amilose é uma característica importante a ser considerada na confecção de farinhas à base de arroz. *Crackers* de arroz são produtos tipicamente japoneses, com aroma e sabor estranhos ao nosso paladar. Quando produzidos com arroz ceroso ou glutinoso, 0 - 2% de amilose, possuem uma textura leve e crocante, dissolvendo-se na boca. Se, por sua vez, o arroz utilizado possuir alto teor de amilose, o produto torna-se duro, não apresentando a mesma textura delicada (Sheng, 1995).

Outros produtos de origem oriental muito comuns são os *noodles*, feitos com arroz de teor de amilose intermediário ou alto, em que o processo tradicional passa por formação da massa de arroz envelhecido, aquecimento com vapor, extrusão, descanso por uma noite, nova extrusão para dar a forma final, cozimento em água fervente ou vapor e secagem ao ar. Esse produto apresenta textura levemente adesiva (Kohlwey et al., 1995).

Farinhas obtidas a partir de arroz com conteúdo de amilose entre 20 e 25% aumentam a crocância em *snacks* fritos ou assados. Esses produtos que, preferencialmente, têm sido produzidos com farinha de trigo ou milho, apresentam-se como mais um potencial de aproveitamento da farinha de arroz, como um sucedâneo ao trigo ou milho. Farinhas de arroz ceroso produzem *snacks* de consistência mais macia, que desmancham na boca. Esse tipo de textura é obtida, geralmente, com o uso de gorduras, com o objetivo adicional de diminuir a quebra durante o empacotamento e transporte.

Em misturas com outras farinhas, o aroma suave da farinha de arroz não interfere nos outros aromas. Além dessas vantagens, *snacks* feitos com 100% de farinha de arroz absorvem 20 a 30% menos óleo durante a fritura. De maneira geral, tanto em produtos fritos como em assados, a adição de farinha de arroz diminui o escurecimento, podendo ajustar-se o seu teor na mistura de forma a atingir a coloração ideal no produto acabado (Sheng, 1995).





Em cereais matinais, além de melhorar a textura e a expansão do produto, a farinha de arroz proporciona a melhoria do *bowel life*, isto é, o tempo que o cereal leva para amolecer quando embebido em leite, como também contribui para diminuir a quebra do produto final.

Para a confecção de produtos com textura semelhante à de bolos, a utilização da farinha de arroz, pré-gelatinizada ou não, melhora as condições de formação de bolhas de ar necessárias à expansão de volume e atingimento da textura desejada (Sheng, 1995). Pães e bolos feitos com farinha de arroz têm despertado crescente interesse, principalmente em portadores de doença celíaca, que necessitam dieta isenta de glúten. A ausência do glúten na farinha de arroz demanda a utilização de uma goma como coadjuvante da panificação, que proverá a massa de viscosidade necessária e reterá o gás durante a fermentação e o assamento do pão. Para que o produto final não fique duro, utiliza-se um umidificante na formulação (Kohlwey et al., 1995).

Em todo o mundo, tem sido despertado interesse crescente sobre a importância das propriedades funcionais da farinha de arroz em produtos acabados, acumulando-se um expressivo nível de conhecimento sobre o assunto. Esse produto constitui importante fonte natural, com considerável amplitude de aplicações na indústria de alimentos e tem sido utilizado, com sucesso, como ingrediente chave em diversos produtos de grande aceitação comercial.

### **Proteína de farinha de arroz quebrado**

Outro derivado que pode tornar-se de grande importância econômica e nutricional é a proteína oriunda do endosperma do arroz quebrado, usado para a confecção de farinha. Sua obtenção é conduzida por dois métodos: como subproduto da extração do amido, empregando-se tratamento alcalino para sua solubilização; ou como subproduto do método de hidrólise do amido, por processo enzimático ou hidrólise ácida (Mitchell & Shih, 1993).

É de conhecimento geral que a proteína do arroz é hipoalergênica e saudável para o consumo humano. Pelo processo de extração alcalina seguida de precipitação pela regulação do pH ao seu ponto isoelétrico, podemos obter uma proteína relativamente pura da farinha de arroz. Para fins alimentícios, a proteína é normalmente isolada da farinha de arroz pela eliminação enzimática de componentes não proteicos. Dependendo de certos fatores, tais como a cultivar e o grau de polimento



do arroz, o teor de proteína após esse tratamento varia de 65 - 90% (Shih & Daigle, 2000).

O concentrado protéico de arroz contém normalmente de 35-80% de proteína. Embora não seja definido tecnicamente, o isolado protéico de arroz deve conter, no mínimo, 90% de proteína. Normalmente esses concentrados e isolados tem um preço maior, se comparados a outros concentrados vegetais, principalmente àqueles oriundos da soja. Por ser de alto custo, o mais viável é trabalhar com material proveniente da produção de xarope de arroz, que já vem com cerca de 50% de proteína e facilita o processamento na obtenção de isolados (Hall, 1996; Shih & Daigle, 2000).

A proteína do arroz consiste de quatro componentes com diferentes solubilidades: albumina (5%), solúvel em água; globulina (12%), solúvel em soluções salinas; glutelina (80%), solúvel em álcali; e prolamina (3%), solúvel em álcool (Ju et al., 2001).

O concentrado protéico de arroz tem vantagens como ingrediente de produtos alimentícios por ser de bom valor nutricional e hipoalergênico, embora sua baixa solubilidade em água o faça pouco utilizado, se comparado com os concentrados provenientes da soja. Uma forma de resolver esse problema seria a combinação desse concentrado protéico com polissacarídeos como os alginatos e *pullulan* (Shih, 1996).

A proteína do endosperma do arroz pode ser utilizada para enriquecer produtos alimentícios à base de arroz, como pães, bebidas e *snacks*, ou ser misturada à proteína de soja no sentido de otimizar o perfil de aminoácidos de proteínas vegetais texturizadas. Sua principal vantagem na alimentação humana, em relação a outras fontes protéicas da mesma natureza, como a proteína de soja, consiste no fato de não causar flatulência (Mitchell & Shih, 1993). Da mesma forma que a farinha, a proteína do endosperma do arroz apresenta-se como alternativa alimentar para pessoas com doença celíaca, alérgicas a glúten. Para fins não alimentícios, pode ser empregada na indústria de cosméticos, filmes, plásticos e adesivos (Skerrit et al., 1990).

Para que a indústria de proteína de arroz obtenha êxito, é necessário: o desenvolvimento de alternativas tecnológicas para a moagem úmida na produção de amido de arroz; pesquisa em proteína geneticamente modificada que diminua a sua aderência aos grânulos de amido; e a busca por nichos de mercado para pessoas que possuem alergias a outras fontes de proteínas. Quanto maior o conhecimento e o



nível de atendimento a esses requerimentos, tanto mais aceitação esses produtos formulados terão.

### **Farelo de arroz**

O farelo, um dos subprodutos resultantes do beneficiamento do arroz, representa 8% do grão em casca e consiste da camada superficial do grão integral, sendo obtido a partir do polimento do grão para obtenção do arroz branco. Na composição do farelo, encontram-se teores variáveis de amido proveniente do endosperma, como também resíduos da casca e de fragmentos de grão, devido ao processo de descasque e polimento do produto. Em um farelo de boa qualidade, esses contaminantes são indesejáveis e devem ser evitados, tanto quanto possível. O farelo de arroz é uma excelente fonte de vitaminas, minerais, proteínas e óleo (Saunders, 1990).

A América Latina e o Caribe produzem, em conjunto, cerca de 1,5 milhão de toneladas de farelo de arroz. Esta cifra pressupõe que, com as cultivares de arroz usualmente empregadas nestas regiões, poderiam ser produzidos, anualmente, mais de 225 mil toneladas de óleo cru comestível, 11 mil toneladas de cera, 6,7 mil toneladas de orizanol, 6,3 mil toneladas de fitina e 1,2 milhão de toneladas de ração, com alto nível protéico (Castillo et al., 1996).

Em 1994, a disponibilidade de farelo de arroz atingiu o valor de 338.454 toneladas que, após a extração de óleo, foi destinado à ração animal. Nessas condições, ainda pode representar uma boa fonte de fibras e proteínas, porém seu uso para consumo humano é pouco freqüente (Salcedo et al., 1998). O farelo representa, além de fonte de amido e proteínas, cerca de 254 e 143 g de matéria seca (MS)  $\text{kg}^{-1}$ , respectivamente, um aporte em gordura, 180 g MS  $\text{kg}^{-1}$ , e fósforo, 12,7 g MS  $\text{kg}^{-1}$ . A proteína é considerada de qualidade moderada, já que os teores de lisina, metionina e histidina, respectivamente, 4,5, 2 e 2,5 g 16 g<sup>-1</sup> de N, apresentam-se inferiores aos da proteína do leite. Dos aproximados 160,7 g  $\text{kg}^{-1}$  de MS dos ácidos graxos do óleo, 77% são insaturados, oléico, linoléico e linolênico. No produto sem gordura, as concentrações de proteína, amido, enxofre e fibra em detergente neutro são maiores (Cárdenas et al., 1996).

Apesar de atualmente se conhecer mais dos valiosos componentes e frações contidos no farelo, pouco valor agregado é obtido dele. Como poderíamos mudar essa situação?



Primeiramente através do desenvolvimento de novos produtos, ou de um marketing mais agressivo e, sem dúvida, da pesquisa contínua. Hoje, por meio de recentes pesquisas, tem-se um grande entendimento da sua composição e dos benefícios que traz à saúde, também do desenvolvimento de novos métodos de processamento, e conseqüentemente, novas aplicações tecnológicas.

A biotecnologia, aliada à biologia molecular, mostrou uma nova metodologia de pesquisa, possibilitando, além da identificação de uma característica fenotípica desejável, relacioná-la de forma precisa com o material genético responsável por essa característica. A técnica do DNA recombinante, associada a outras de transformação vegetal, tornou possível modificar a composição química de plantas, ou seja, alterar o teor de lipídeos, carboidratos e proteínas, o que jamais se pensaria alcançar com o melhoramento genético convencional. No desenvolvimento de novas cultivares, poderíamos procurar novos materiais com altos teores de fitoquímicos, modificar a relação desses componentes, aumentar sua biodisponibilidade e atuar na sua transformação genética.

### **Benefícios à saúde**

Entre os principais benefícios do uso do farelo à saúde, temos: o teor de fibra dietética, favorecendo as funções do trato intestinal e também prevenindo o câncer de colon; a fibra e o óleo atuando na diminuição dos riscos de doenças cardíacas, pela comprovação da diminuição do mau colesterol (LDL) em estudos com humanos e animais; a presença de insaponificáveis na fração bioativa.

A fração insaponificável contém muitos fitoquímicos como os tocoferóis e tocotrienóis e a fração g-orizanol. Os tocotrienóis previnem o efeito nocivo dos raios UV na pele, suprimem o crescimento de células cancerosas no seio e diminuem o risco de doenças cardíacas. Reduzem o colesterol total, e são um potente antioxidante, possuindo ainda alta biodisponibilidade. A fração g-orizanol possui atividade anti-tumor e aumenta a fração sérica do soro.

Esses resultados explicam o porquê de óleos de farelo de arroz possuírem propriedades antiaterogênicas (Xu et al., 2001). Os componentes do farelo, tais como o orizanol e sitosterol, diminuíram a fração LDL do plasma em hamsters (Yokoyama, 2001). Foi estudado o efeito sinérgico entre a fração rica em tocotrienol mais alovastatina na diminuição do colesterol total, da fração LDL e na relação



HDL/LDL em humanos. Para todos os parâmetros os resultados foram significativos de forma favorável, ou seja, diminuiu o colesterol total, diminuiu a fração LDL e aumentou a relação HDL/LDL (Qureshi et al., 2001).

Resumidamente, estudos *in-vivo* e *in-vitro* evidenciam que fitoquímicos provenientes do farelo de arroz diminuem riscos de doenças cardíacas por diferentes mecanismos. Estas funções possuem dosagem e efeitos sinérgicos. Porém, para alegações voltadas à saúde ainda são necessários maiores estudos.

Estudos do efeito do processamento sobre o farelo mostraram que no polimento, em três passagens, os maiores teores de tocoferol e tocotrienol estavam no farelo coletado na segunda passagem e não sofreram efeito do calor na estabilização do farelo. Quanto ao g-*orizanol*, o maior teor estava no farelo coletado na primeira passagem e na estabilização por vapor, sofrendo uma perda de 26% em seu teor (Lloyd et al., 2000).

Como resultado desses trabalhos, já foram aprovados pelo *Food and Drug Administration* (FDA), e encontram-se disponíveis no mercado, alguns produtos que utilizam essas propriedades. Recentemente o FDA aprovou: uma margarina (BENECOL) com fitoesterol, com a alegação de reduzir o risco de doenças cardíacas; o Equi Jewel, cápsulas de gama *orizanol*; e um peletizado à base de farelo de arroz estabilizado para alimentação de equinos chamado de "Moorglo".

Estudos demonstram que a associação de proteínas de plasma, com boas propriedades funcionais, e os polissacarídeos do farelo de arroz poderia ser efetuada em condições adequadas que propiciem a formação de géis estáveis sem a necessidade de adição de geleificantes (Salcedo et al., 1998). Estudos anteriores confirmaram as boas características funcionais e valor nutricional do farelo de arroz desengordurado adsorvido ao plasma bovino (Badiale-Furlong et al., 1995).

Um outro aproveitamento do farelo de arroz desengordurado e o plasma bovino, ambos subprodutos da agroindústria, é na formulação de um biscoito de aveia caseiro, rico em fibras e proteínas (Gonçalves et al., 1997). Esta pesquisa visava a gerar um produto de consumo humano de baixo custo e com maior valor nutricional, justificando-se uma vez que o biscoito é um item alimentício de larga aceitação (Carvalho et al., 1996) e gerou, segundo censo industrial, cerca de 277 milhões de



dólares, equiparando-se ao mercado das massas alimentícias. O conteúdo de fibra do biscoito elaborado indicou que o farelo de arroz desengordurado é uma fonte de fibra alimentar que contribui com teores altos dessa fração, principalmente a insolúvel, o que torna esse subproduto apto para a fabricação de biscoitos, pois, segundo Vratana & Zabik, citados por Carvalho et al. (1996), estes são bons veículos para a utilização de materiais que contêm fibra (Gonçalves et al., 1997). O alto teor calórico encontrado nesses biscoitos estavam de acordo com os valores recomendados na época para os alimentos do Programa de Complementação Alimentar da extinta Legião Brasileira de Assistência, que atendia até 1995 a grupos vulneráveis da população, com um consumo calórico de 400 kcal por 100 g de produto (Gonçalves et al., 1997).

Cultivares podem ser produzidas com a composição mineral do farelo alterada de acordo com o interesse (Grusak, 2002).

Os componentes fenólicos livres, que no arroz variam de 6.0 – 90.9 mg g<sup>-1</sup>, devem ser estudados para avaliar sua potencialidade como anticarcinogênicos, antiaterogênicos, antimicrobianos e antioxidantes (Goffman & Bergman, 2002).

Hoje, o farelo de arroz é utilizado como ingrediente em alimentos, aditivos em panificação, em misturas de farinhas, como alimentação animal e como fonte de óleo. É usado em misturas de farinhas de arroz com farelo de arroz estabilizado para o uso em produtos de panificação, em *snacks* extrusados, em cereais prontos para consumo, alimentos infantis, em granolas, barras de cereais e coberturas em panificação.

Os fatores do farelo que contribuem na diminuição do colesterol são o orizanol, tocotrienol, beta sitosterol, hemicelulose, beta glucan, proteína e óleos graxos insaturados.

Já existem tecnologias disponíveis para a produção de farelo de alta qualidade, não sendo, no entanto, economicamente viáveis para a maioria dos países em desenvolvimento. Mais da metade das vitaminas e de fibras da dieta, bem como grande parte das proteínas e minerais associados ao arroz, encontram-se nas camadas que constituem o farelo. A literatura indica, contudo, que a presença de fatores antinutricionais, como os fitatos termoestáveis presentes na composição do farelo, retém certos minerais, especialmente o ferro, impedindo sua absorção pelo organismo (Rice..., 1992).



Aliados às características de qualidade, outros fatores que colocam o farelo como matéria-prima com amplo potencial de utilização são a sua abundância e o baixo preço, especialmente quando se considera que, para atender aos requerimentos exigidos para seu aproveitamento, não são necessárias grandes modificações nas tecnologias já existentes para a transformação de subprodutos similares.

As principais potencialidades de aproveitamento do farelo de arroz estão representadas na Fig. 24.2. Além de um percentual insignificante da produção brasileira de farelo que vem sendo usado para extração de óleo comestível, o farelo do arroz tem sido, em sua quase totalidade, aproveitado como aditivo em rações animais, como adubo, ou simplesmente descartado como detrito não aproveitável.

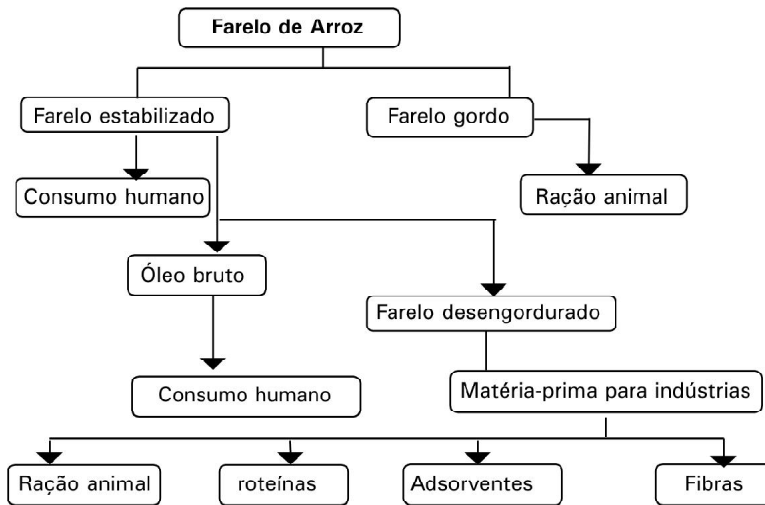


Fig. 24.2. Principais formas de aproveitamento do farelo de arroz.

### Estabilização

Os problemas envolvidos no armazenamento e conservação do farelo de arroz, bem como do arroz integral, superam as vantagens apresentadas pelo consumo desses produtos e, com raras exceções, nem o arroz integral, nem o farelo são incluídos na dieta alimentar das populações de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, onde se concentra a maior parte do arroz produzido no mundo (Juliano, 1972; Rice..., 1992). O arroz integral apresenta problemas de conservação, se os grãos não estiverem completamente intactos após o



descascamento. Frequentemente, a superfície do grão é danificada durante o processo e, rapidamente, por atividade enzimática, o óleo presente nas camadas externas do grão começa a ser degradado, o que passa a comprometer a sua utilização para consumo. O farelo está sujeito ao mesmo tipo de deterioração, em ritmo bem mais acelerado. Além desse grave problema, a presença de contaminantes, especialmente resíduos de casca, pode tornar o farelo inadequado ao consumo e, principalmente, pode inviabilizar sua utilização para extração de óleo (Yokochi, 1974).

Como já referido, o principal problema para o aproveitamento do farelo de arroz, é a deterioração a que está sujeito logo após a sua obtenção, em função da rápida degradação dos lipídios e a elevação da acidez. Está presente no farelo uma potente enzima denominada lipase, que necessita ser inativada rapidamente para torná-lo estável e adequado à alimentação. Caso o processo de estabilização não aconteça, o farelo sofrerá oxidação e tornar-se-á impróprio ao consumo como alimento.

O método tradicional para a estabilização do farelo é a extrusão termoplástica que, pela ação do calor, 125 - 135°C durante 1 a 3 segundos e com o produto a uma umidade entre 11 - 15%, destrói a lipase, podendo também, concomitantemente à inativação enzimática, eliminar outros efeitos indesejáveis, como a desnaturação protéica e as perdas de vitaminas, alterando ainda, de forma favorável, o sabor e a cor original do produto. Recentemente, foi desenvolvido um método para estabilização do farelo, utilizando uma enzima proteolítica que se tem mostrado muito eficiente para inativação da lipase, antes de ela atuar no substrato (Saunders, 1990).

O farelo estabilizado possui seis meses de vida de prateleira, quando armazenado a temperaturas inferiores a 30°C, e apresenta-se sob a forma de um pó finamente granulado, de cor marrom-clara e sabor de noz tostada. É utilizado em produtos de confeitaria e padaria, cereais matinais, granola em tabletes, *snacks* e em alimentos extrusados (Saunders, 1990). Do farelo estabilizado retira-se o óleo, assunto que será abordado com mais detalhes ainda neste capítulo.

## Composição

As características físicas e químicas do farelo de arroz dependem de vários fatores, como a cultivar, o tratamento do grão antes do beneficiamento, o sistema de beneficiamento praticado e o grau de





polimento dado ao produto. Dessa forma, os valores encontrados na literatura sobre a composição do farelo apresentam uma ampla faixa de variação, refletindo a influência dessas variáveis na composição final do produto (Saunders, 1985/86). Devido a tais variações, é prática comum de mercado especificar limites de tolerância, máximos ou mínimos, para tais componentes. Os padrões recomendados pela indústria de transformação do arroz para o farelo estabilizado ou proveniente de arroz parboilizado, nos Estados Unidos, encontram-se na Tabela 24.1 (Saunders, 1990).

**Tabela 24.1.** Limites de tolerância para o farelo de arroz estabilizado e parboilizado.

Componente	Tolerância
Gordura	16% min.
Proteína	13% min.
Fibra da dieta total	20% min.
Fibra bruta	9% máx.
Cinza	10% máx.
Cinza (farelo parboilizado)	15% máx.
Umidade	12% máx.
Ácidos graxos livres (FFA)	4% máx.
Silica (SiO <sub>2</sub> )	0,1% máx
Carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> )	2% máx.
Carbonato de cálcio (farelo parboilizado)	6% máx.

Fonte: Saunders (1990).

Na indústria alimentícia, pelo seu poder relativamente alto de absorção de óleo, o farelo de arroz apresenta grande potencial como emulsificante em produtos que contêm alto teor de gordura, como também em substituição a gomas comerciais e amidos modificados usados como estabilizantes e emulsificantes em molhos prontos, líquidos ou não (Hammond, 1994).

### Proteínas

Do farelo desengordurado retira-se a proteína, para uso alimentício ou não, que pode ser obtida também do farelo gordo e do estabilizado. Essa proteína é ainda um produto pouco utilizado apesar de seu grande potencial. O processo de extração, utilizando álcali diluído, produz um concentrado com conteúdo protéico em torno de 50 - 60%.

A proteína do farelo de arroz tem um coeficiente de eficiência protéica (PER) de 1,6 a 1,9. O PER da caseína é de 2,5, enquanto o



concentrado protéico extraído do farelo atinge valores semelhantes, entre 2,0 e 2,5. A digestibilidade da proteína do farelo encontra-se em torno de 70 - 75%. Quando as fibras e o ácido fítico são removidos durante a extração por álcali diluído, a digestibilidade alcança valores superiores a 90% (Marshall, 1993).

O concentrado protéico possui grande capacidade de emulsificação, aliada à boa atividade e estabilidade da emulsão, o que o torna apropriado para utilização em produtos com alto teor de gordura como, por exemplo, em imitações de produtos cárneos. Essa proteína, de boa qualidade, é capaz de manter a qualidade nutricional do produto em substituição à proteína animal, de alto valor comercial, acrescentando valor agregado ao produto final. O concentrado protéico pode ser utilizado também em formulações de molhos prontos para carnes e saladas, substituindo gomas ou amidos modificados, carregando, adicionalmente, um promissor rótulo por ser um extrato natural, de grande aceitação pelos consumidores (Marshall, 1993).

Outra vantagem da proteína do farelo de arroz é a ausência de efeitos indesejáveis em indivíduos intolerantes ou alérgicos ao glúten. A sua utilização tem também apresentado bons resultados como condicionador de massas em produtos de panificação, melhorando a retenção de gás, as propriedades de mistura e retardando a queda da massa após a fermentação (Hammond, 1994).

Como uso não alimentício, destaca-se a produção de filmes de cobertura, aproveitando as propriedades hidrofóbicas de algumas das proteínas presentes no farelo, o que tem contribuído para aumentar o valor agregado desse subproduto do beneficiamento do arroz (Marshall, 1993; Gnanasambandam et al., 1997).

### Fibras

Um outro componente de grande importância do farelo de arroz é a presença de fibras que, por possuírem boa capacidade de absorção de água e óleo, podem ser utilizadas no desenvolvimento de uma enorme variedade de produtos industrializados que requerem estas propriedades. Como exemplo, pode ser citada a indústria farmacêutica, onde fibras com alta capacidade de absorção de água têm papel importante no preparo de laxativos. Devido a seu custo reduzido, o farelo de arroz apresenta-se como uma excelente fonte de fibras em substituição à fibras tradicionais obtidas a partir de matérias primas de custo mais elevado (Saunders, 1990; Marshall, 1993).



A literatura indica também a relação das fibras do farelo com a aplicação de inseticidas na agricultura, as quais, devido à sua elevada capacidade de adsorção, promovem a utilização mais eficaz dos produtos químicos, com efeitos mais prolongados, e diminuem os riscos de carreamento de produtos tóxicos aos mananciais de água pela ação das chuvas (Marshall, 1993).

Essa capacidade de adsorção apresentada pelas fibras do farelo tem sido também aproveitada como despoluente, retirando metais pesados, como zinco, cromo e cobre, da água destinada para fins industriais ou para consumo domiciliar, destacando-se como um substituto eficiente à carboximetilcelulose (CMC), tradicionalmente utilizada como adsorvente (Marshall, 1993).

### Óleo

Um outro produto nobre retirado do farelo de arroz é o óleo. Apesar de ter seu suprimento limitado pela quantidade, ou disponibilidade, de farelo produzido, algumas propriedades únicas, como seu alto ponto de fumaça, sua estabilidade e suas características antioxidantes, colocam-no como um produto de indiscutível potencial nutricional, tanto para utilização doméstica direta como pela sua importância como ingrediente funcional, principalmente em misturas de óleos (Godber & Gurkin, 1993).

As características antioxidantes do óleo de arroz possibilitam o seu aproveitamento como conservante através da extração e isolamento de um de seus componentes, o orizanol, de alto valor comercial. O orizanol, que é um éster do ácido felúrico com álcoois triterpenóides, apresenta também ampla possibilidade de utilização na indústria de cosméticos como componente de filtros solares, contribuindo no bloqueio da ação deletéria dos raios ultravioletas na pele (Godber & Gurkin, 1993).

Dependendo da finalidade a que se destina, o processo de extração de óleo do farelo do arroz pode ser químico ou físico, principalmente quando se considera o seu conteúdo de matéria insaponificável. Os processos físicos têm como vantagem a retenção de maior teor de matéria insaponificável que o processo químico (Godber & Gurkin, 1993).

As doenças cardiovasculares estão intimamente ligadas aos teores de colesterol presentes no soro sanguíneo. Índices acima de 240 mg dl<sup>-1</sup> são extremamente preocupantes, e o ideal é que sejam



mantidos níveis inferiores a 200 mg dl<sup>-1</sup> (Nicolisi, 1993). Diversas pesquisas com animais e seres humanos indicam que o consumo de óleo de arroz diminui os níveis de colesterol de baixa densidade, conhecido vulgarmente como “mau colesterol”, e que essa diminuição está ligada à presença do orizanol (Saunders, 1990; Slavin & Lampe, 1992; Hammond, 1994; Kahlon et al. 1994).

Os principais ácidos graxos da composição do óleo de arroz são o ácido oléico, 40 - 44%, e o linoléico, 35 - 37%. Contém também aproximadamente 17% de ácido palmítico e traços de ácido esteárico, araquidônico e gadoléico. Normalmente, ácidos graxos insaturados, como o ácido linoléico, abundante em óleos vegetais, estão relacionados com a diminuição do colesterol. Entretanto, o óleo de arroz, rico em ácidos graxos saturados e limitado em insaturados multifuncionais, é mais eficiente na redução do LDL colesterol do que os demais óleos de origem vegetal. Isto sugere que outros componentes além dos ácidos graxos insaturados contribuem com essa função (Tsuno Food Industrial Company, 2000).

Pesquisas relatadas em simpósio organizado pela Associação Americana do Coração indicaram que o óleo de farelo de arroz é o único capaz de reduzir o LDL a níveis de até 30%, sem diminuição do HDL, ou “bom colesterol”, o qual protege contra ataques cardíacos. Bastaria a ingestão de duas colheres de sopa de óleo diariamente para atingir esse benefício. Esses benefícios estão relacionados ao balanço natural entre substâncias bioativas exclusivas do óleo de arroz como mono e poliinsaturados, não saponificáveis, esteróis vegetais, os quais reduzem a absorção do colesterol, ao gama-orizanol, que diminui a absorção e aumenta a excreção do colesterol, bem como à presença significativa de tocoferóis (vitamina E) naturais (Baker, 1992; Tsuno Food Industrial Company, 2000).

O óleo de arroz é claro e apresenta sabor suave para uso em saladas. A baixa transferência de sabor torna-o excelente para frituras ou assados sem alteração do sabor final da receita. A longa vida útil na fritura e o alto ponto de fumaça favorecem o processo de fritura dos alimentos sem provocar respingos, espessamento, fumaça, espuma ou decomposição (Baker, 1992). Devido a essas características e, principalmente à sua estabilidade à oxidação, o óleo de arroz é altamente demandado para elaboração de bolos, batatas *chips* e bolinhos fritos. Quando comparado a outros óleos, o de arroz, quando aquecido, gera menos substâncias tóxicas e odor. Além disso, pode ser usado sob baixas temperaturas, como em maionese ou molhos similares, e em produtos que requerem maior tempo de



prateleira (Tsuno Food Industrial Company, 2000). O gama-orizanol presente no óleo de arroz é um eficiente antioxidante que impede o aparecimento de mofo e contribui com a estabilidade do óleo. Noventa por cento do gama-orizanol produzido é utilizado em medicamentos e o restante em cosméticos e como aditivos em alimentos saudáveis (Tsuno Food Industrial Company, 2000). Outra substância presente no óleo de arroz em altas concentrações é o *b*-sitosterol, relacionada com a absorção de colesterol no trato digestivo humano (Lady..., 1991).

O óleo de arroz é um dos mais estáveis óleos de origem vegetal, podendo ser reutilizado várias vezes, mesmo sob altas temperaturas (Baker, 1992).

Por ser um produto diferenciado, a utilização do óleo de arroz deve ser especificada quando destinada para consumo direto na alimentação, ou como ingrediente ou fonte para extração de componentes menores, como antioxidantes e conservantes. A sua mistura em óleos para melhoria da qualidade nutricional aparece como mais uma interessante alternativa de utilização.

Óleo de farelo de arroz com alto teor de orizanol foi utilizado como antioxidante em leite em pó integral com bons resultados (Nanua et al., 2000). A adição de óleo de farelo de arroz em carne reestruturada, como *beef roast*, aumentou a estabilidade oxidativa e o teor de vitamina E no produto (Kim & Godber, 2001).

Apesar das substâncias benéficas presentes, muitos de seus benefícios são perdidos no processo de purificação, quando se usam métodos convencionais. Para solucionar esse problema, foi desenvolvido um processo físico de refinamento do óleo, originalmente utilizado para purificação de óleos de palma e de coco. Esse processo permite a preservação de grande parte das substâncias bioativas do óleo, aumentando até mesmo seus efeitos (Tsuno Food Industrial Company, 2000).

A utilização de óleo de farelo de arroz é ainda insignificante no Brasil, embora o arroz apresente grande variabilidade genética, capaz de propiciar o desenvolvimento de cultivares com ótimos níveis de fitoquímicos e existam evidências científicas de que estes, quando provenientes do farelo de arroz, têm potencial de trazer benefícios à saúde, somado ainda ao que agora já se sabe sobre eles e seus mecanismos de atuação (Bergman & Xu, 2003).



## Casca

A casca do arroz é um subproduto encontrado em mais de 60 países produtores no mundo e representa, dependendo da cultivar, entre 14 e 35% do total do produto colhido (Beagle, 1974). O seu aproveitamento industrial, além de agregar valor a esse subproduto, contribui para diminuir um grave problema de poluição ambiental. Uma característica importante a ser considerada para o seu aproveitamento como matéria-prima é o seu baixo custo. A Fig. 24.3 apresenta algumas opções de utilização.

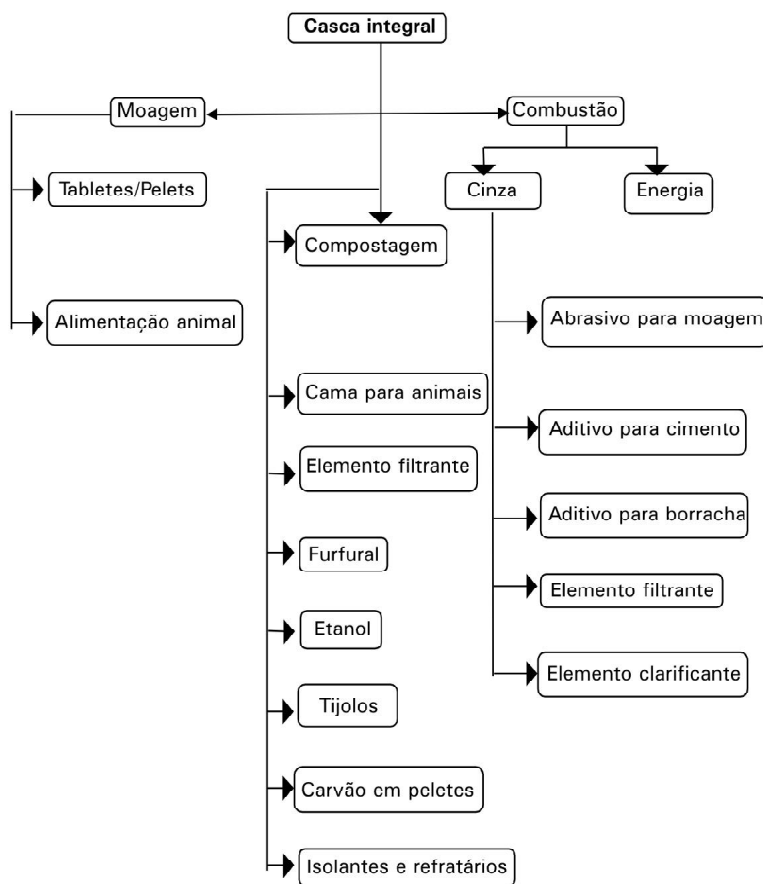


Fig. 24.3. Principais utilizações da casca de arroz.

A casca, como matéria-prima integral, tem aplicação potencial na fabricação de diversos produtos: adesivos; adsorvente de materiais tóxicos; na geração de energia, vapor e gases pela sua queima em fornos



e caldeiras; como componente da alimentação animal para prevenir formação de gases e distúrbios estomacais; como material de cama e ninhos para animais; para polimento de metais, devido ao seu poder abrasivo; como material de construção na confecção de tijolos; e na construção de barcos (Tani, 1989; McCaskill & Orthoefer, 1993; Marshall et al., 1996).

Além de gerar energia pela sua combustão, a cinza produzida na queima da casca contém alto teor de sílica que, dependendo de sua forma, amorfa ou cristalina, terá uso diferenciado. Normalmente, a forma amorfa é mais desejável. A sílica da cinza da casca de arroz pode ser utilizada como elemento filtrante para clarificação de bebidas, óleos, produção de cimento e material de construção (Tani, 1989; Marshall, 1993).

Diferentes condições de combustão resultam em diferentes índices de carbono na cinza, o que pode ser controlado pela temperatura e extensão da queima, com o objetivo de proporcionar usos e oportunidades diferenciadas. Os teores de carbono na cinza influenciam as características de adsorção. As cinzas de casca de arroz podem ser empregadas também como substituto de carvão ativado em processos clarificantes de óleos vegetais e como corretivo em solos contaminados, absorvendo substâncias tóxicas (Marshall, 1993).

Dentre as possíveis utilizações da casca, a maioria tem em comum o baixo valor agregado do produto final. Apenas a conversão da casca em etanol pode prover um retorno razoável do investimento dispendido inicialmente (Marshall et al., 1996).

Outro subproduto normalmente utilizado como fonte alimentar em bovinos e como massa orgânica em fertilizantes é a palha de arroz, ou seja, a resteva deixada no campo após a colheita. A composição da palha de arroz inclui 43% de celulose, 26% de hemicelulose A + B, 16% de lignina, 12% de cinzas e 3% de ceras. Portanto, por meio de tratamentos adequados, há um potencial de agregar valor à palha de arroz com o uso de sua fibra dietética como ingrediente alimentar e não apenas em ração animal (Sangnark & Noomhorm, 2004). Estudos mostraram a possibilidade de adição (5%) de fibra dietética extraída da palha de arroz (partículas < 0,075 mm), tratada com peróxido de hidrogênio alcalino, em pães sem afetar significativamente sua qualidade (Sangnark & Noomhorm, 2004).



## A SITUAÇÃO BRASILEIRA E SUAS PERSPECTIVAS

A produção estimada de arroz no Brasil, na safra 2004, ficou em torno de 13,2 milhões de toneladas (IBGE, 2005). A estimativa de produção, em termos de subprodutos e suas frações, representada na Tabela 24.2, fornece uma idéia do volume disponível desses resíduos e seus derivados diretos, com amplas oportunidades de aproveitamento, tanto *in natura* como para matéria-prima na indústria de transformação.

**Tabela 24.2.** Estimativa de produção de subprodutos do beneficiamento do arroz e suas frações com base na estimativa da safra 2004.

Subproduto	Quantidade (t)	Fração extraída	Quantidade (t)
Casca (20%)	2.640.000	Cinzas (20%)	528.000
		Proteína (14%)	369.000
Farelo (8%)	1.060.000	Óleo (20%)	211.000
		Fibra (7%)	74.000
Arroz Quebrado (20%)	1.900.000	Amido (80%)	1.520.000
		Proteína (7%)	133.000

A realidade brasileira, porém, está ainda muito distante da situação ideal de máximo aproveitamento desses excedentes. Apenas em alguns casos isolados esses subprodutos são utilizados economicamente e/ou transformados em novos produtos, contribuindo para o incremento no ganho de capital e aumento da rentabilidade da cultura do arroz. Apesar da pouca expressividade da utilização dos subprodutos do beneficiamento do arroz, já começam a delinear-se algumas iniciativas nesse sentido para alguns desses resíduos, no Brasil. O grande volume de casca produzido e que, na maior parte, não é utilizado, causa problemas ao meio ambiente, tanto pela quantidade como pela sua característica de baixa densidade (Colônia, 1986). Em alguns casos esporádicos, a casca do arroz tem sido aproveitada para finalidades mais específicas, sendo, contudo, sua principal forma de utilização a queima para produção de energia, visando à secagem de grãos ou produção de vapor (Amato, 1993).

Uma das principais vias de combustão da casca tem sido pelo emprego do processo do leito fluidizado, desenvolvido pela Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC), em Porto Alegre, RS (Amato, 1993).





Essa combustão propicia enormes vantagens à queima tradicional, leito fixo, sendo uma excelente alternativa para a produção de cinzas com baixo teor de carbono. A principal vantagem do processo, em relação ao tradicional em leito fixo, é o fato de não estar atrelado a uma única fonte de matéria-prima. As cinzas resultantes, além de claras e com baixo teor de carbono, 0,6 - 0,8%, são coletadas em ciclones na forma de pó fino, seco e calcinado, podendo ser adicionadas ao cimento, em fertilizantes, como estabilizador de solos e apresentando ainda a vantagem adicional de, no caso de serem descartadas, provocarem menor dano ao meio ambiente.

A queima da casca do arroz pelo processo de leito fluidizado, além de proporcionar maior estabilidade das propriedades físicas dos gases quentes, com rápida resposta a mudanças na alimentação da fornalha, apresenta menor custo de manutenção, por trabalhar em temperaturas mais baixas, maior estabilidade de temperatura durante o processo e nas mudanças de regime liga/desliga, não produz fumaça nem fuligem e apresenta maior facilidade no controle de queima pelo operador da caldeira (Amato, 1993). No Rio Grande do Sul, a utilização da cinza da casca de arroz na indústria de produção de cimento é difundida pelo aproveitamento de sua atividade pozolânica (Cánepa, 1986). Outra forma de aproveitamento da cinza obtida pelo processo em leito fluidizado, e já absorvida pelo setor produtivo, é a sua utilização na indústria de fertilizantes.

A casca de arroz tem sido aproveitada no Brasil para transformação em biocarvão, utilizando tecnologia desenvolvida na Bélgica, pela Biomass Development (BMD). A casca de arroz, ou de qualquer outro vegetal que contenha lignina, celulose e hemicelulose em sua composição, passa por uma moagem e peneiramento para uniformização das partículas, sofre secagem posterior até atingir uma umidade de 1%, sendo, então, levada à densificadora, onde, sob ação de alta pressão e a uma temperatura de 200°C, essa biomassa toma a forma final desejada no produto. O biocarvão apresenta densidade superior à do carvão vegetal, possuindo, conseqüentemente, maior capacidade energética e poder calorífico. Como vantagens adicionais, não produz resíduos poluentes durante o processo, evita desmatamentos para fins energéticos, libera menos dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera durante a queima e seu uso pode ser recomendado para aplicações industriais ou domésticas (Nahas & Tunes, 1993).

Como utilização em larga escala de casca de arroz no Brasil, destaca-se a BK-Energia que, no final do século passado, construiu em Uruguaiana, RS, um projeto pioneiro no hemisfério sul de geração de



energia elétrica e vapor utilizando a casca de arroz como combustível e tendo como subproduto a sílica amorfa, a qual, presta-se como isolante térmico de alta eficiência para siderurgia. Esse processo consiste, basicamente, em triturar a casca, queimando-a sob condições controladas de temperatura e tempo de residência na fornalha, de forma a manter a estrutura amorfa da sílica. O calor resultante da queima é usado na geração de vapor, 440°C 42 Kgf cm<sup>-2</sup>, que, por sua vez, movimenta uma turbina gerando 8 MW de energia elétrica, o suficiente para alimentar uma cidade de 80 mil habitantes.

Um dos principais obstáculos ao aproveitamento da casca de arroz é, sem dúvida, a sua baixa densidade aparente, dificultando o manuseio e encarecendo o transporte. Uma alternativa para minorar esse problema consiste na sua trituração e compactação, aumentando a densidade de 0,10 - 0,16 g cm<sup>-3</sup> para 0,40 g cm<sup>-3</sup> (McCaskill & Orthoefer, 1993).

O farelo de arroz, no Brasil, em quase sua totalidade é usado para produção de ração animal. Esse farelo pode ser encontrado na forma integral ou desengordurado. A utilização de 15% de farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, entre 1 e 40 dias de idade, tem evidenciado sua adequação em alimentação para aves, com boa conversão alimentar (Brum et al., 1993).

Devido às características de conservação do farelo, já referidas anteriormente, e também à falta de controle específico sobre as condições sanitárias de recolhimento e as dificuldades relativas à contaminação do farelo com resíduos de casca e/ou de amido, as possibilidades de utilização do farelo de arroz na alimentação humana têm sido bastante limitadas. Além disso, alguns autores apontam que, apesar de ser importante fonte de nutrientes, o farelo apresenta elevado teor de ácido fítico, que funciona como limitante na absorção de minerais pelo organismo (Alencar & Alvarenga, 1991; Nogara, 1994; Torin, 1991).

Existem, contudo, algumas iniciativas isoladas no sentido de introduzir o farelo na dieta, como é o caso de uma campanha institucional de alimentação alternativa preconizada pela Pastoral da Criança, entidade vinculada à Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), que indica uma combinação diversificada de ingredientes, denominada "multimistura", onde o farelo de arroz integral torrado é misturado com farelo de trigo, fubá, pó de folhas verde-escuras, em especial de



mandioca, pó de casca de ovo. Essa mistura é adicionada em sopas, mingaus, bolos, farofas, pães, doces ou outros alimentos (Brandão & Brandão, 1988; Brandão, 1989).

Uma pequena parte do farelo de arroz produzido no Brasil vem sendo utilizada para produção de óleo comestível, extraído por solvente. Para tanto, tornam-se necessárias condições ótimas de recolhimento dessa matéria prima, assegurando condições sanitárias adequadas, como também para evitar que se inicie o processo de oxidação pela atividade da lipase. Tais condições têm restringido muito esta prática e, como conseqüência, o óleo de arroz é produzido em pequena escala no país, sendo comercializado, quase em sua totalidade, na Região Sul, sem uma distribuição mais abrangente. O farelo desengordurado e estabilizado, resultante da extração do óleo, é utilizado em formulações para alimentação animal.

A quirera de arroz tem sido tradicionalmente aproveitada no Brasil em cervejarias, como coadjuvante no processo de fermentação, e o nível de aproveitamento desse subproduto tende a manter-se estável. Um outro uso do arroz quebrado é em formulações de rações para animais como componente energético, fornecendo carboidratos.

Algumas indústrias, embora de forma incipiente, já transformam em farinha cerca de  $1.000 \text{ t mês}^{-1}$  de canjica de arroz,  $\frac{1}{2}$  grão e quirera, visando ao seu emprego como ingrediente em produtos acabados. Os dois tipos de farinha produzidos são a farinha inativada e a pré-gelatinizada. A farinha inativada consiste no produto obtido em moinho de rolo e martelo até atingir a granulometria de 85 microns, em 50% da farinha que sofreu um tratamento térmico em um turbo cozinhador a  $95^\circ\text{C}$  por 20 segundos. É utilizada em produtos como mingaus, cremes e pós para pudins e na veiculação de outros aditivos. A farinha obtida por esse processo tem um índice de absorção de água (IAA) de 2,8. A farinha pré-gelatinizada é aquela que passa por um processo de extrusão termoplástica, seguido de moagem em moinhos de pinos. Essa farinha possui um IAA de 5,5 - 6,0 e granulometria de 85 microns, sendo utilizada em alimentos instantâneos, alimentos para bebês, em dietas alimentares de pessoas com intolerância ao glúten e em formulados para rações de bovinos e suínos.

Iniciativa pioneira no país ocorreu em 1998, com o surgimento de uma massa alimentícia de arroz, mais conhecida como macarrão de arroz, devido ao seu formato semelhante a uma massa tradicional.



Derivado do arroz, esse alimento é de origem chinesa e muito consumido nos países asiáticos, onde a produção segue em alta escala. É produzido somente do arroz, o que garante um diferencial muito favorável no paladar e na estética do prato em relação aos concorrentes, que fabricam um produto derivado de outros ingredientes além do arroz. Muito versátil, adapta-se facilmente às várias formas de preparo que vão desde pratos tradicionais chineses com legumes e ovos, passando por saladas e sobremesas (Chiang, 2002).

Um outro produto recentemente lançado no mercado, em 2004, é o arroz vitaminado e enriquecido com ferro e zinco, por uma indústria gaúcha. O produto é constituído de um premix de vitaminas, minerais e farinha de arroz em formato de grão de arroz, reconstituído por extrusão, e misturado ao arroz branco polido tradicional, numa proporção adequada para fornecer 1/3 das necessidades diárias das vitaminas A, B<sub>1</sub> e PP e dos minerais ferro e zinco, bem como 1/5 da ingestão recomendada para as vitaminas B<sub>12</sub> e B<sub>9</sub> em cada porção de produto pronto. Isso o coloca como produto diferenciado no Brasil, passível de alegação de alimento enriquecido segundo a Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1988 (Brasil, 1998).

Apesar da produção brasileira de subprodutos do beneficiamento do arroz ser bem superior às quantidades produzidas em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, o Japão e os países da Comunidade Econômica Européia (CEE), as tecnologias disponíveis no país para um aproveitamento mais rentável desses resíduos carecem de maior diversidade. Torna-se evidente, portanto, que sejam concentrados esforços de entidades oficiais e privadas para a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e produtos, alimentícios ou não, para o aprimoramento das condições higiênicas de recolhimento e armazenagem desses subprodutos, para a padronização, normatização e regulamentação das características de qualidade e identidade comercial, criando condições e estabelecendo políticas de incentivo ao seu aproveitamento pelo setor produtivo que já se utiliza de similares. Destaca-se, pois, a importância de agregar valor à cultura como um todo, beneficiando a sociedade em geral e os segmentos envolvidos na cadeia produtiva do arroz. O dinamismo da geração e implementação de tecnologias, promovendo excedentes comercializáveis, é uma das alternativas da atualidade na busca de segurança alimentar, ao mesmo tempo em que contribui para maior competitividade do setor arrozeiro por recursos e mercados.



## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. de L. C. B. B. de; ALVARENGA, M. G. Farelo de arroz. (I): composição química e seu potencial como alimento. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 95-108, mar. 1991.
- AMATO, G. W. Utilization of rice husk as an alternative source of energy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRAIN CONSERVATION, 1993, Canela. **Proceedings...** Canela: FAO, 1993. p. 255.
- BADIALE-FURLONG, E.; SILVEIRA, A.; GONÇALVES, A. A. Solubilidade de proteínas de plasma bovino adsorvido em farelo de arroz desengordurado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 9., 1995, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 1995.
- BAKER, P. Rice bran oil lowers blood cholesterol. **Rice Journal**, Raleigh, v. 95, p. 12-13, June 1992.
- BEAGLE, E. C. Basic and applied research needs for optimizing utilization of rice husk. In: RICE BY-PRODUCTS UTILIZATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 1974, Valencia, Spain. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1974, v.1, p. 1-43.
- BERGMAN, C. J.; XU, Z. Genotype and environment effects on the tocopherol, tocotrienol and gamma-oryzanol contents of Southern U.S. rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 80, n. 4, p. 446-449, July/Aug. 2003.
- BRANDÃO, C. T. **Alimentação alternativa**. Brasília, DF: Ministério da Saúde. 1989. 68 p.
- BRANDÃO, C. T.; BRANDÃO, R. F. **Alternativas alimentares**. Goiânia: Pastoral da Criança, 1988. 51 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 31, de 13 de janeiro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 mar. 1998. Seção I-E, p. 4.
- BRUM, P. A. R.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, M. F. M.; TOSCAN, A. B.; PIENIZ, L. C. **Uso do farelo do arroz integral em dietas para frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1993. 2 p. (EMBRAPA-CNPISA. Comunicado Técnico, 201).
- CÂNEPA, E. M. Aproveitamento energético da casca de arroz. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO ARROZ, 1., 1986, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: CIENTEC, 1986. p. 19.
- CÁRDENAS, D.; NEWBOLD, C. J.; GALBRAITH, H.; TOPPS, J. H. Potencial do farelo de arroz como subproduto alimentício. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. v. 2, p. 227. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 62).
- CARVALHO, C. W. P. de; CRUZ, R.; SOARES, N. de F. F. Efeito do farelo de arroz tratado termicamente na vida de prateleira de biscoito tipo amanteigado. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 221-232, jun. 1996.
- CASTILLO, D.; BARBER, C. B. de; BARBER, S.; INOCENCIO, E. D.; DUFFAY, I. H. Diversos usos do farelo de arroz: potencialidade na América Latina e no Caribe. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. v. 2, p. 226. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 62).



- CHAMPAGNE, E. T. Rice starch composition and characteristics. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 41, n. 11, p. 833-838, Nov. 1996.
- CHIANG, A. Massa alimentícia de arroz. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. v. 1, p. 77. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).
- COLÔNIA, E. J. Casca de arroz: impacto ambiental. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO ARROZ, 1., 1986, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: CIENTEC, 1986. p. 18.
- FRENCH, A. D.; SMITH, P. S. Starch discussion group. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 16-20.
- GNANASAMBANDAM, R.; HETTIARACHCHY, N. S.; COLEMAN, M. Mechanical and barrier properties of rice bran films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 2, p. 395-398, Mar./Apr. 1997.
- GODBER, J. S.; GURKIN, S. U. Oil/nutrition discussion group. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 21-26.
- GOFFMAN, F. D.; BERGMAN, C. J. Phenolics in rice: genetic variation, chemical characterization and antiradical efficiency. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2002, Montreal, CA. **Proceedings...** Montreal: AACC, 2002. p. 163.
- GONÇALVES, A. A.; BADIALE-FURLONG, E.; SOARES, L. A. S. Utilização de subprodutos da agroindústria na elaboração de um biscoito de aveia. **Vetor**, Rio Grande, v. 7, p. 47-56, 1997.
- GRUSAK, M. Enhancing mineral content in plant food products. **Journal of the American College of Nutrition**, Detroit v. 21, n. 3 p. 178S-183S, June 2002.
- HALL, J. Industrial processes for starch and protein products. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1996, New Orleans, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1996. p. 73-80.
- HAMMOND, N. A. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 39, n. 10, p. 752-754, Oct. 1994.
- IBGE. Confronto das safras de 2003 e das estimativas para 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em 10 fev. 2005.
- JU, Z. Y.; HETTIARACHCHY, N. S.; RATH, N. Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 2, p. 229-232, Mar. 2001.
- JULIANO, B. O. The rice cariopsis and its composition. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p. 16-74.
- KAHLON, T. S.; CHOW, F. I.; SAYRE, R. N. Cholesterol-lowering properties of rice bran. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 39, n. 2, p. 99-103, Feb. 1994.
- KIM, J. S.; GODBER, J. S. Oxidative stability and vitamin E levels increased in restructured beef roasts with added rice bran oil. **Journal of Food Quality**, Athens, v. 24, n. 1, p. 17-26, Mar. 2001.



KOHLWEY, D. E.; KENDALL, J. H.; MOHINDRA, R. B. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 40, n. 10, p. 728-732, Oct. 1995.

**LADY in Indiana calls rice bran oil a miracle product.** Rice World Soybean News, Folsom, v. 11, n. 10, p. 6, Oct. 1991.

LLOYD, B. J.; SIEBENMORGEN, T. J.; BEERS, K. W. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 77, n. 5, p. 551-555, Sept./Oct. 2000.

MARSHALL, W. E. Utilization of rice bran/hulls in value-added products. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 68-76.

MARSHALL, W. E.; TOLES, C.; JOHNS, M. New uses for rice hulls and straw through research. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1996, New Orleans, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1996. p. 81-92.

McCASKILL, D. R. ; ORTHOEFER, F. T. Current rice process technology. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993., Houston, **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 58-67.

MITCHELL, C. R.; SHIH, F. F. Protein discussion group. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 11-15.

NAHAS, A.; TUNES, S. O carvão feito de sobras. **Globo Ciência**, São Paulo, n. 4, p. 34-35, 1993.

NANUA, J. N.; MCGREGOR, J. U.; GODBER, J. S. Influence of high-oryzanol rice bran oil on the oxidative stability of whole milk powder. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 11, p. 2426-2431, Nov. 2000.

NICOLISI, R. J. Nutritional aspects of rice oil. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 87-91.

NOGARA, C. D. **Farelo de arroz como suprimento alimentar**: avaliação da ação sobre insulín-like-growth factor-1 e poligoelementos. Curitiba: PNUD, 1994. 58 p. Relatório.

QURESHI A. A.; SAMI, S. A.; SALSER, W. A.; KHAN, F. A. Synergistic effect of tocotrienol-rich fraction (TRF(25)) of rice bran and lovastatin on lipid parameters in hypercholesterolemic humans. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Lexington, v. 12, n. 6, p. 318-329, June 2001.

RICE bran health claims don't affect major rice consumers. **IRRI Reporter**, Los Baños, n. 1, p. 5-6, Mar. 1992.

SALCEDO, A. M.; BADIALE-FURLONG, E.; SOARES, L. A. S. Formulação de sobremesas com plasma bovino adsorvido em farelo de arroz. **Vetor**, Rio Grande, v. 8, p. 103-112, 1998.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. **Food Research International**, Ottawa, v. 37, n. 1, p. 66-74, 2004.

SAUNDERS, R. M. Rice bran: composition and potencial food uses. **Food Reviews International**, New York, v. 1, n. 3, p. 465-495, 1985/86.



- SAUNDERS, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 7, p. 632-635, July 1990.
- SHENG, D. Y. Rice-based ingredients in cereals and snacks. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 40, n. 8, p. 538-540, Aug. 1995.
- SHIH, F. Edible films from rice protein concentrate and pullulan. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 73, n. 3, p. 406-409, May/June 1996.
- SHIH, F.; DAIGLE, K. W. Preparation and characterization of rice protein isolates. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 885-889, Aug. 2000.
- SKERRIT, J. H.; DEVERY, J. M.; HILL, A. S. Gluten intolerance: chemistry, celiac-toxicity, and detection of prolamins in foods. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 7, p. 638-643, Jul. 1990.
- SLAVIN, J. L.; LAMPE, J. W. Health benefits of rice bran in human nutrition. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 37, n. 10, p. 760-763, Oct. 1992.
- SODHI, N. S.; SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n. 1, p. 99-108, Jan. 2003.
- STARCH discussion group: results of discussions. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 7.
- TANI, T. Secondly losses of rice. In: JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **Group training course in post-harvest rice processing**. Tokyo, 1989. v. 1. cap. 18.
- TORIN, H. R. **Utilização do farelo de arroz industrial**: composição e valor nutritivo em dietas recuperativas. 1991. 147 f. Tese (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- TSUNO FOOD INDUSTRIAL COMPANY. **Rice salad oil and physical refining oil (PRO)**. Wakayama, Mar. 2000, p. 1-5.
- YOKOCHI, K. Rice bran processing for the production of rice bran oil and characteristics and uses of oil and deoiled bran. In: RICE BY-PRODUCTS UTILIZATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 1974, Valencia, Spain. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1974. v. 3, p. 1-38.
- YOKOYAMA, W. H. Plasma cholesterol lowering by rice bran oryzanols, sitosterolesters and cholestyramine in hamsters with predominantly LDL lipoprotein cholesterol. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 2001, New Orleans, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 2001. p. 6-7.
- XU, Z.; HUA, N.; GODBER, S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and gama-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 4, p. 2077-2081, Apr. 2001.
- XU, Z.; HUA, N.; GODBER, S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and gama-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.49, p.2077-2081, 2001.







# Impacto da Orizicultura na qualidade do Meio Ambiente

Maria Laura Turino Mattos; José Alexandre Freitas Barrigossi; Anna Cristina Lanna

**RESUMO** - Alternativas tecnológicas para a produção de arroz em terras altas e várzeas, conforme os preceitos da Agenda 21, devem ser desenvolvidas pelas instituições de pesquisa sob condições de campo realísticas, considerando aspectos sócio-econômicos e ambientais, monitorando holisticamente seus efeitos. Nos Cerrados, a recuperação da capacidade produtiva dos solos pode ser obtida por meio da integração lavoura-pecuária, incluindo a cultura do arroz de terras altas, e mesmo o sistema plantio direto. Esse manejo pode preservar a biodiversidade regional e o crescimento do agronegócio pode ocorrer sem o desmatamento de novas áreas, com a conservação, em especial, do recurso solo. Nas várzeas subtropicais, a sustentabilidade da orizicultura irrigada pode ser alcançada pela adoção de sistemas modernos de qualidade, como Boas Práticas de Manejo (BPM) e Boas Práticas Agrícolas (BPA), inseridos no contexto da produção integrada, que fornecerá ao agronegócio de arroz a segurança para enfrentar os procedimentos legais, como o licenciamento ambiental, já implantado para essa atividade. Nas várzeas tropicais, de uso mais recente para cultivo de arroz, os estudos de avaliação de impacto ambiental devem ser implementados, paralelamente ao desenvolvimento de sistemas de produção, considerando, principalmente, que nessa região, o aporte de agrotóxicos é mais intenso que nas várzeas da Região Sul do Brasil, onde ainda concentra-se a orizicultura irrigada. É importante enfatizar que os processos de educação ambiental devem ser implementados em empresas orizícolas, atingindo todos os trabalhadores e reafirmando o compromisso com a saúde e o meio ambiente. Dessa forma, além do foco na obtenção de maior rentabilidade, a conscientização sobre a necessidade de maior qualidade ambiental, será induzida e validada *in loco*. A premissa básica considerada neste capítulo foi a de organizar o conhecimento compreensivo para a tomada de decisão na busca da sustentabilidade da cultura do arroz no Brasil. É importante salientar que uma lavoura de arroz, no tempo e no espaço, pode ser fonte de alguma contaminação ambiental ou causar impacto ambiental negativo, o que não significa, porém, que a atividade orizícola seja poluidora.

## INTRODUÇÃO

Embora desde os seus primórdios a produção de alimentos esteja fundamentada na exploração e aproveitamento de recursos naturais, como solo, água, clima e biodiversidade, apenas no final do século passado é que o homem atentou para a necessidade da preservação e conservação desses recursos, visando ao desenvolvimento de sistemas agrícolas



sustentáveis. De acordo com a Agenda 21 brasileira, tecnologias ambientalmente saudáveis são aquelas que: protegem o meio ambiente; são menos poluentes; usam os recursos de forma sustentável; reciclam seus resíduos e produtos; e tratam os dejetos residuais de maneira mais aceitável que as tecnologias que passaram a substituir.

No caso da cultura de arroz, essa visão de sustentabilidade engloba, entre outros aspectos, a redução do uso de insumos químicos, precursora da minimização de custos de produção e de riscos de impacto ambiental negativo, subsidiando questões de segurança alimentar e ambiental. Nesse contexto, principalmente o controle doenças, insetos e plantas daninhas, entre outros organismos nocivos, deve ser praticado seguindo as bases técnicas para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), buscando, sempre que possível, reduzir o uso de agrotóxicos, garantir a segurança alimentar, preservar a qualidade de águas superficiais e subterrâneas, os organismos da fauna aquática, as aves e os microrganismos do solo, bem como as matas nativas, aumentando a consciência ambiental.

A maioria dos registros e das recomendações para o controle de pragas, até então, foi baseada em informações de eficiência técnica dos produtos, em detrimento de informações sobre possíveis impactos no agroecossistema. Dados ecotoxicológicos foram importados de outros países para o Brasil, não sendo, portanto, obtidos no ambiente das lavouras nas várzeas tropicais e subtropicais. Embora toxicologistas ambientais venham pesquisando e melhorando os métodos analíticos e avaliando o impacto ambiental (AIA) dos agrotóxicos em arrozais, o uso dos resultados para o desenvolvimento de medidas regulatórias e boas práticas de manejo ainda é restrito.

Oitenta por cento do arroz produzido no mundo, é cultivado no ecossistema várzeas, sendo responsável por aproximadamente 93% da produção mundial (Santos et al., 2003). Portanto, a conservação dos recursos naturais nessas várzeas é muito importante, visando a manter e/ou restabelecer o equilíbrio necessário para uma exploração sustentável.

No Brasil, a produção de arroz irrigado, nas várzeas, ocupa cerca de 1.368.422 hectares, distribuída nas várzeas subtropicais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (86,5%), e nas várzeas tropicais do Tocantins, Goiás e Mato Grosso do Sul (13,5%) (Santos et al., 2003). Nessas regiões, instituições públicas e privadas estão engajadas em prol de cuidados com o meio ambiente, demonstrando crescente interesse na geração de conhecimentos sobre os recursos naturais.

Neste capítulo, são apresentados modelos e observações de caráter puramente científico, para a determinação de qualidade



ambiental nos ecossistemas várzeas e terras altas, abordando tópicos sobre o impacto ambiental do uso de agrotóxicos, monitoramento ambiental, biodiversidade, nitrogênio e fosfatos, gás metano e medidas de mitigação nos ecossistemas, visando à compreensão dos possíveis impactos, positivos e negativos, da cultura do arroz.

Espera-se despertar o interesse do leitor para a importância das 'commodities ambientais', ou seja, os recursos naturais em condições sustentáveis para a manutenção da cadeia produtiva do arroz irrigado e de terras altas, nos biomas Cerrados e Campos Meridionais.

## **CONCEITUALIZAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Segundo a resolução nº 001 de 23 de novembro de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental (IA) pode ser conceituado como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das ações antrópicas que, direta ou indiretamente, afetem: (1) a saúde, a segurança, o bem estar e as atividades socioeconômicas da população; (2) a biota, constituído pelo conjunto de animais e vegetais de uma dada região e (3) as condições estéticas e sanitárias de meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Nesse contexto, o impacto ambiental constitui-se em qualquer modificação dos ciclos ecológicos em um dado ecossistema. A ruptura de relações ambientais normalmente produz impactos negativos, a não ser que essas relações já refletissem o resultado de processos adversos, e, por analogia, o fortalecimento de relações ambientais estáveis constitui um impacto positivo. Nos casos que representam a introdução de novas relações ambientais em um ecossistema, deve ser efetuada a análise de todos os seus efeitos, de modo a enquadrá-los, um a um, como benefícios ou adversidades. Em suma, os impactos ambientais afetam a estabilidade preexistente dos ciclos ecológicos, fragilizando-a ou fortalecendo-a (Tauk et al., 1991).

A avaliação de impacto ambiental (AIA) é um instrumento de política ambiental que permite avaliar os efeitos de ações antrópicas, estabelecidas por projetos, planos, programas e políticas, sobre os recursos naturais, culturais e socioeconômicos, de modo que as informações e resultados sejam apresentados adequadamente ao poder público, aos responsáveis pelas tomadas de decisão e à sociedade, para sua consideração e estabelecimento de medidas para monitoração e controle de seus efeitos (Silva & Pruski, 2000).



A realização adequada de AIA requer o envolvimento de equipe multi e interdisciplinar e, muitas vezes, multiinstitucional. No gerenciamento dessas equipes, dificuldades em função da diversidade de culturas, disciplinas e especializações envolvidas, devem ser contornadas para que haja uma integração holística. Requer, também, o estabelecimento de medidas de comparação entre situações alternativas, pois, avaliar pressupõe mensurar e comparar.

Os impactos ambientais podem ser classificados quanto: ao valor, em positivos ou negativos; à ordem, em diretos ou indiretos; à escala, em locais, regionais ou estratégicos; ao tempo, em imediatos, de médio ou de longo prazo; à ação, em temporários ou permanentes.

Em um estudo de impacto ambiental (EIA) deve ser realizado, inicialmente, o diagnóstico ambiental, a identificação, a medição, a interpretação e a quantificação dos impactos. Posteriormente, devem ser propostas medidas mitigadoras e elaborados programas de monitoração, essenciais à avaliação dos impactos e como ferramenta para o acompanhamento dos resultados das medidas corretivas propostas. Na Tabela 25.1 são apresentados os itens que compõem o EIA.

**Tabela 25.1.** Itens que devem compor o estudo de impacto ambiental.

Item	Exemplificação
Informações gerais	Descrição do empreendimento Área de influência Diagnóstico ambiental da área de influência
Fatores ambientais	
· Meio físico	Condições meteorológicas e clima Qualidade do ar Ruído Geologia Geomorfologia Solos Recursos Hídricos Hidrologia Qualidade da água
· Meio biótico	
· Meio sócioeconômico	Dinâmica populacional Uso e ocupação do solo Uso da água Patrimônio cultural Nível de vida Organização social

Fonte: Adaptada de Silva & Pruski (2000).



## BIODIVERSIDADE

Biodiversidade é o total de gens, espécies e ecossistemas de uma região, sendo dividida em três categorias hierarquizadas – gens, espécies e ecossistemas – que descrevem aspectos bem diferentes dos sistemas de vida e que podem ser agrupadas em diversidade genética, significando variação dos gens dentro das espécies, de espécies, ou seja, variedade de espécies existentes dentro de uma região, e de ecossistemas (Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1999).

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – UNCED/Rio 92 – desvendou para o público, por meio da Convenção sobre Diversidade Biológica, o laço existente entre a utilização dos recursos biológicos e o desenvolvimento sustentável. Um desenvolvimento que considere a harmonia Homem-Natureza numa ordem mundial mais justa, conservando os recursos biológicos para o bem-estar das futuras gerações. A conservação e utilização racional da biodiversidade devem caminhar juntas em prol da vida, sobretudo em benefício dos países em desenvolvimento, que, em geral, são os maiores detentores dessa riqueza (Garay & Dias, 2001).

O valor da biodiversidade está baseado na variedade de espécies, ecossistemas e habitats bem diferenciados que influenciam a produtividade e os serviços oferecidos pelos ecossistemas. Mudanças ocorridas na variedade de espécies num ecossistema irão acarretar mudanças na sua capacidade em absorver a poluição, manter a fertilidade do solo e os microclimas, purificar a água, entre outros.

No bioma Campos Meridionais, Planalto Sul Brasileiro e Mata Atlântica, na região de clima temperado, ocorre uma grande variedade de ecossistemas, o que concorre para a grande incidência de diversidade biológica. Além de origem e habitat das numerosas espécies animais e vegetais, desempenham serviços ecossistêmicos de ciclagem de nutrientes e materiais, de produção e depuração da água e do ar e de reprodução de estoques pesqueiros. A implementação de meios de gestão ou manejo que garantam a continuidade de espécies, de formas genéticas e de ecossistemas deve ser incentivada nessas regiões. A flora, os recursos florestais, a fauna, os recursos pesqueiros, por meio da aqüicultura, devem ter a sua biodiversidade conservada.



Nas várzeas subtropicais (Fig. 25.1), representadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, situadas entre as latitudes 24°S e 34°S, predomina o clima temperado úmido (Cf), com duas variedades específicas, Cfa (sub-tropical) e Cfb (temperado), distinguidas por temperaturas médias do mês mais quente superiores ou inferiores a 22°C, respectivamente, segundo a classificação de Köppen. Nessas áreas, uma grande diversidade de microrganismos são encontrados no solo, bem como sedimentos de plantas e de animais. Além disso, as bacias hidrográficas do sudeste, dos rios Paraná e Uruguai, além das Lagoas dos Patos, Mirim e Mangueira, conferem à região de Clima Temperado e, conseqüentemente, às várzeas subtropicais, uma condição privilegiada em relação à disponibilidade de recursos hídricos o que proporciona habitat natural para uma grande diversidade de espécies e de populações.

Foto: José Francisco Martins



Fig. 25.1. Lavoura de arroz irrigado nas várzeas subtropicais. Pelotas, RS.

Os solos de várzea, encontrados nas planícies de rios e de lagoas, no Rio Grande do Sul, abrangem uma área de aproximadamente 5.400.000 ha, nas regiões do Litoral, Encosta do Sudeste, Depressão Central, Campanha e Campanha/Missões. Em função da heterogeneidade do material de origem e dos diferentes graus de hidromorfismo, apresentam grande variação nas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, fazendo com que sejam



agrupados em diferentes classes, com diferentes limitações e aptidões de uso, como: Planossolos, Gleissolos, Chernossolos Ebânicos e Chernossolos Argilúvios, Plintossolos, Vertissolos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos. Nas partes mais altas das áreas de várzeas podem ocorrer Argissolos, Alissolos, Luvisolos, Chernossolos Háplicos e Neossolos Quartzarênicos Órticos (Gomes & Pauletto, 1999). Associados a essas classes de solos encontram-se diversos organismos componentes da biota do solo, como bactérias, fungos, algas e a fauna.

Em Planossolo Hidromórfico Eutrófico Típico e Gleyssolo Háplico Ta Eutrófico do ecossistema terras baixas foi possível identificar, por meio de análise molecular, uma diversidade de bactérias degradadoras de agrotóxicos: uma espécie da família *Enterobacteriaceae* e duas linhagens de *Bacillus megaterium*, 13 espécies de *Pseudomonas* e uma espécie de *Sinorhizobium*, ainda não descritas na literatura, e uma *Raoultella planticola*. Os resultados desse trabalho demonstraram uma rica diversidade de espécies bacterianas degradadoras de agrotóxicos, com predominância do gênero *Pseudomonas*, que tem a capacidade de utilizar um grande número de compostos orgânicos complexos e raros como fonte de carbono e energia. Além disso, *Pseudomonas* são capazes de rapidamente desenvolver novas atividades metabólicas em resposta a mudanças nas condições ambientais (Mattos et al., 2003a). Nesses solos, além de bactérias degradadoras de glifosato, duas espécies de *Pseudomonas* e uma espécie de *Sinorhizobium* (Fig. 25.2), também foram identificados fungos: *Nigrospora sphaerica*, *Cochliobolus heterostrophus*, *Fusarium anthophilum* e *Micelia sterilia* (Fig. 25.3) (Mattos, 2001); e bactéria degradadora do herbicida clomazone: *Pseudomonas fluorencens* (Fig. 25.4) (Mattos & Thomas, 1996).

Foto: Maria Laura Turino Mattos

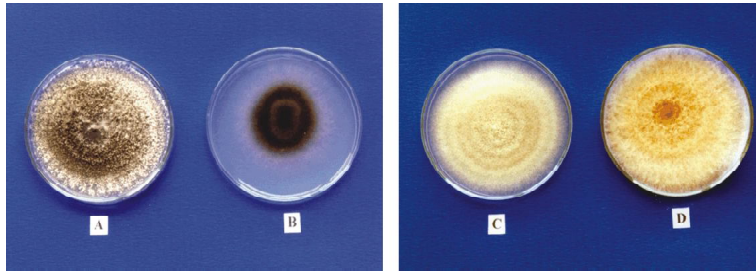


**Fig. 25.2.** Bactérias degradadoras de glifosato: duas espécies de *Pseudomonas* e uma espécie de *Sinorhizobium*.



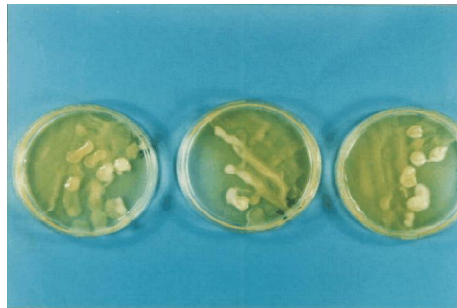


Foto: Maria Laura Turino Mattos



**Fig. 25.3.** Fungos degradadores de glifosato: *Nigrospora sphaerica* (A), *Cochliobolus heterostrophus* (B), *Fusarium anthophilum* (C) e *Micelia sterilia* (D).

Foto: Maria Laura Turino Mattos



**Fig. 25.4.** Bactéria degradadora de clomazone: *Pseudomas fluorescens*.

A assembléia de pássaros em área orizícola foi monitorada por Dias et al. (2001), na Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, no município de Capão do Leão, RS (Fig. 25.5). Nesse trabalho, foram registradas 55 espécies de aves no local de estudo, sendo 29 (53%) exclusivas da área de influência indireta, 14 (25%) da área de influência direta e 12 (22%) comuns em ambas. Esses dados sugerem uma grande diversidade de aves que habitam temporariamente as várzeas cultivadas com arroz irrigado.

O Rio Grande do Sul apresenta uma variedade de ecossistemas: lagoas, campos, dunas, banhados e florestas. Muitos desses ambientes estão em áreas protegidas, chamadas unidades de conservação, que são porções do território com características naturais relevantes, criadas pelo poder público federal, estadual ou municipal para preservação da natureza e sua biodiversidade.





**Fig. 25.5.** Espécies componentes da assembléia de pássaros em área orizícola. Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Nesse contexto, salientamos a área de banhado localizada na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, no município de Capão do Leão, RS, de 806 ha (altitude máxima 13 m, latitude 31° 52' 00"S, longitude 52° 21' 24"W), situada na região da planície costeira (Fig. 25.6), indicada como um Centro de Reabilitação de Restinga no Plano de Preservação do Ecossistema das Áreas Úmidas no Estudo de Desenvolvimento Relativo ao Gerenciamento Ambiental da Bacia Hidrográfica das Lagoas dos Patos e Mirim, conduzido pela Japan International Cooperation Agency – JICA, em parceria com a Embrapa e outras instituições do estado, de responsabilidade do Governo do Estado do Rio Grande do Sul – Secretaria do Planejamento - Programa Mar de Dentro.

Refúgio de vida silvestre e também um valioso patrimônio natural do Rio Grande do Sul, o banhado pode ser destacado em importância no cenário nacional e internacional pela riqueza da biodiversidade, beleza cênica, recursos naturais florísticos e faunísticos. Em seu entorno, encontram-se várzeas subtropicais cultivadas com arroz irrigado onde a fauna aquática e aves estão sob influência direta dele (Fig. 25.7).



Foto: Max Pinheiro



**Fig. 25.6.** Área de banhado localizada na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Foto: Max Pinheiro



**Fig. 25.7.** Várzeas subtropicais cultivadas com arroz irrigado no entorno da área de banhado. Estação Experimental Terras Baixas (ETB), Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Nesse banhado, encontram-se macrófitas aquáticas, plantas flutuantes, aguapés (*Eichhornia* spp.), marrequinha (*Pistia stratiotes*) e lentilha d'água (*Lemnaceae*), entre outras. Observam-se pequenos tapetes de vegetação flutuante ou "colchões d'água", formações arbustivas como sarandis (*Cephalanthus*), vassouras e a típica árvore corticeira (*Erythrina crista-galli*). Junto à cobertura principal, ou palha, que cobre o terreno, observam-se tiriricas (*Cyperaceae*), juncos, santa-fé e outras (Fig. 25.8).





**Fig. 25.8.** Vegetação da área de banhado. Estação Experimental Terras Baixas (ETB), Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

Os campos do banhado encontram-se mesclados com vegetação de caraguatás, apresentando regiões alagadas com grama-boiadeira/aguapé e moitas, contendo tunas (*Cactaceae*) em áreas mais altas. Campos com *Andropogon* estão presentes nas porções altas e baixas do terreno. Nas águas do açude, existente há mais de 40 anos, encontram-se grandes esteirões ou colchões de grama/arbustos flutuantes e uma abundante população de aguapés, os quais cobrem uma grande parte da lâmina d'água; nas partes mais rasas predominam as espécies da "palha". Entre as formações arbóreas dos capões, destaca-se a presença de figueiras (*Ficus*), açoita-cavalos (*Luehea*), palmeiras (*Palmae*), além de cactos e bromélias.

Também observam-se gaviões, martim-pescador, capivaras, socozinhos, marrecas, bandos de maçaricos-do-banhado, passeriformes, saracuras e frangos d'água, tarrãs e bem-te-vi. Dentre os peixes, predominam espécies como traíras, jundiás, mandis, lambaris, tambicas, vogas, carás, cascudos e violas.

Grupos de quelônios utilizam-se dos "colchões d'água" junto aos canais artificiais para assolhamento e moluscos bivalvos habitam nas águas túrbidas. Visualizam-se zorrilhos, lebres, dorminhocos, sorros ou graxains-do-campo, mão-pelada, gatos-da-palha, gatos-do-mato, ratões-do-banhado, gambás, doninhas, preás, morcegos, tatus, urubus, corujas, socó-boi, João-de-barro, quelônios e lagartos. Destaca-se também a presença de sabiás, picapaus, beija-flores, pombões, sorros, capinchos e tatus, nas matas de galeria.





Nos campos do banhado são freqüentes as perdizes, os maçaricos-do-banhado, as garças-brancas, tarrãs, marrecas-de-asa-azul, o João-Grande, rango-d'água-vermelho e os quero-queros. Lebres são normalmente avistadas próximo às tunas. Temporariamente aparecem marrecões-da-patagônia, cisnes e colhereiros-rosados. Modificações do habitat favoreceram o estabelecimento de populações significativas de capivaras, ratões-do-banhado e tarrãs. Ocorre também uma pequena população de jacarés-do-papo-amarelo (Fig. 25.9), espécie ameaçada de extinção, além de dorminhocos, saracuras, marrecas, tartarugas e uma abundante população de traíras, lambaris e caramujos.

Foto: Max Pinheiro



**Fig. 25.9.** Jacarés-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*). Estação Experimental Terras Baixas (ETB), Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS.

A criação do jacaré-do-papo-amarelo, da capivara, e do rato-do-banhado, nas várzeas subtropicais do RS, é uma alternativa econômica para produtores e, ao mesmo tempo, uma medida de conservação desse recurso no ambiente natural, visto que a oferta dessas carnes substitui o mercado clandestino (Pinheiro, 2000; Pinheiro et al., 2001).

Devido a sua extensão, a referida área úmida se constitui em importante área de trânsito de espécies silvestres. Entretanto, a valoração dessa área úmida ainda não foi efetuada. A consolidação de tais patrimônios em áreas de Reserva Natural, em consonância com processos de educação ambiental, permitirão a proteção de áreas de banhado e a promoção do conhecimento acerca do valor ambiental que elas representam para o bioma Campos Meridionais. A mesma análise pode ser aplicada para o bioma Cerrados.



As Regiões Centro-Oeste e Norte, que são também regiões produtoras de arroz, perfazem um total de 12 milhões de hectares de várzeas e 8 milhões de hectares de terras altas. A região tropical brasileira estende-se entre 23° 30', ao norte do Paraná, e 0°, na linha do Equador (Fageria et al., 2002).

O arroz irrigado, produzido em várzeas tropicais, ocorre principalmente no bioma Cerrados, mais especificamente, nos Estados de Goiás e do Tocantins. Este último apresenta uma área potencial para a irrigação da ordem de 4,5 milhões de hectares, abrange 30,4% da Região Norte e 15% do total do Brasil. Já o arroz de terras altas (Fig. 25.10) é produzido, principalmente, na região dos Cerrados nos Estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Piauí e Pará, e na região pré-Amazônica.

Foto: Embrapa Arroz e Feijão



**Fig. 25.10.** Cultivo de arroz de terras altas no bioma Cerrados. Goiás, GO.

A região dos Cerrados, que ocupa cerca de dois milhões de quilômetros quadrados, ou aproximadamente um quarto do país, é um dos maiores e mais diversos complexos de savana do mundo. Mosaico de formações vegetais, consistindo de campos, formações arbustivo/arbóreas, florestas, veredas e matas de galeria, possui o mais alto grau de endemismo de plantas entre ecorregiões semelhantes no mundo. Embora essa região tenha sido relativamente pouco estudada, foi identificado até o momento um total de 429 espécies endêmicas de arbustos e árvores. Estima-se que a flora dos Cerrados possa apresentar um total de 4.000 a 10.000 espécies de plantas vasculares. No que se refere à fauna, possui cerca de 900 espécies de aves, 290 espécies de mamíferos, 260 espécies



de répteis e inúmeras espécies de insetos e outros invertebrados. Esse bioma é também o lar de espécies da fauna ameaçadas de extinção como a onça-pintada, o lobo-guará, o cervo-do-pantanal, o veado-campeiro, o tatu-canastra e o tamanduá-bandeira, entre outras.

Até meados da década de 60, havia pouca urgência de se proteger os Cerrados, pois com sua vasta extensão, falta de um sistema viário eficiente e dificuldades de implantação de agricultura de *commodities*, as ameaças ambientais não eram consideradas críticas. No início da década de 70, entretanto, avanços na tecnologia agrícola transformaram os Cerrados na fronteira agrícola de avanço mais rápido. Esse bioma distingue-se pelo seu relevo pouco acidentado, o que facilita a mecanização e a limpeza de áreas de vegetação natural para seu plantio. Com a utilização intensiva de fertilizantes e defensivos agrícolas, mais de 50% da região já foi transformada para a produção de pastagens, soja, arroz e outros grãos. Em adição aos problemas causados no ambiente terrestre, o crescimento da agricultura e expansão de centros urbanos têm provocado a poluição e assoreamento dos rios, ameaçando os ecossistemas aquáticos. A atual taxa de conversão de *habitats* silvestres nesse bioma é a maior dentre os demais biomas do país. Menos de 2% dos Cerrados possui proteção oficial e apenas 10% das áreas protegidas excedem 10 mil hectares.

A Amazônia ocupa cerca de metade do território brasileiro. Do total dos 4,5 milhões de hectares que a compõem, 3,7 milhões localizam-se no Brasil. Estima-se que 10 a 15% de toda a diversidade biológica do mundo esteja concentrada nessa região, que é considerada o maior complexo de florestas tropicais do planeta. Além de sua importância biológica, a Amazônia é uma região com características singulares, no que diz respeito aos seus aspectos históricos e culturais.

Aproximadamente 14% da Amazônia brasileira já foi desmatada, principalmente ao longo de rodovias localizadas na região conhecida como "Arco do Desmatamento". As atividades de desmatamento estão altamente concentradas em 7% dos municípios da região, que são responsáveis por cerca de 58% do desmatamento regional.

Além das áreas desmatadas, estima-se que aproximadamente 20% da região esteja degradada, seja pela extração da madeira, que fragmenta a cobertura vegetal, ou pela caça e pesca predatórias, que impactam a fauna regional. Os índices são alarmantes, mas demonstram por outro lado, que cerca de dois terços da Amazônia estão razoavelmente intactos, passíveis ainda de serem conservados.



A ameaça mais significativa para a região é, sem dúvida, a pecuária. Cerca de 80% das áreas desmatadas da Amazônia foram convertidas em pastos, enquanto os outros 20% foram alterados por pequenos agricultores e por grandes produtores de soja. A indústria madeireira contribui fortemente para a degradação florestal, já que a extração seletiva de árvores fragmenta a cobertura florestal.

Outro fator considerado fundamental para o futuro da biodiversidade da Amazônia é a política de desenvolvimento regional, que se encontra em debate atualmente. Se os investimentos e a infraestrutura forem bem planejados, e concentrados ao longo de eixos econômicos já existentes, seus efeitos ambientais serão menores. No entanto, se esses investimentos forem estendidos para novas áreas, relativamente intactas, eles poderão constituir-se em grave ameaça para a biodiversidade regional.

O cultivo do arroz de terras altas nas regiões dos Cerrados e da pré-Amazônia é considerado não predatório, visto que não contribui para a redução da cobertura vegetal, corredores de fauna e espécies nativas presentes na região. Ao contrário, como as perdas de colheita em lavouras de arroz são elevadas, 3 - 5%, os grãos remanescentes garantem a sobrevivência de muitas espécies de mamíferos e aves, na entressafra. Esse período coincide com a estação seca, quando a oferta de alimento para os animais silvestres é pequena. Como a cultura do arroz de terras altas vem sendo praticada nas proximidades de rotas de pássaros migratórios, a lavoura de arroz na região tropical reflete na preservação de espécies em outros países.

## AGROTÓXICOS

No agroecossistema de arroz irrigado, o uso de agrotóxicos pode, em determinadas situações, provocar impactos ambientais negativos no ecossistema, principalmente quando utilizados de forma inadequada, não respeitando as recomendações constantes no rótulo do produto e as condições ambientais. Por outro lado, a lavoura de arroz irrigado, no Rio Grande do Sul, desde que enquadrada ecologicamente, pode garantir, mesmo que temporariamente, uma ampliação do *habitat* de diversas espécies da fauna, principalmente no que diz respeito à fauna avícola palustre, provocando um impacto positivo no ecossistema. Conforme Lutzenberger (2000), espécies como jaçanãs, colhereiros, joões-grandes, garças, marrecas e muitas outras que têm estreita relação com o banhado e a lavoura de arroz precisam deste *habitat* natural.





Pingali & Roger (1995) apresentam uma revisão sobre o impacto de agrotóxicos usados em lavouras de arroz irrigado, nas Filipinas, sobre: a qualidade das fontes de águas naturais, superficiais e subterrâneas; vertebrados, com ênfase em peixes; invertebrados aquáticos não-alvo, como crustáceos, microcrustáceos, insetos aquáticos e suas larvas, moluscos, anelídeos, nematóides e rotíferos; e sobre a microflora, ou microrganismos. Essa revisão destaca com clareza que todos os efeitos devem ser avaliados em longos períodos de tempo, em pesquisas realizadas em condições realísticas (*in situ*) e em laboratório (*ex situ*), com destaque para os trabalhos de monitoramento ambiental.

Mattos et al. (2000c) desenvolveram um estudo para avaliar o comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado, no RS e SC, visando a determinar o impacto ambiental. No RS, os herbicidas glifosato, quinclorac, clomazone (CS) e pirazosulfuron-etil e o inseticida carbofuran foram investigados quanto à degradação microbiológica, adsorção aos colóides do solo, deriva, distribuição e movimento no solo e água. Em um Planossolos Hidromórfico Eutrófico Típico (Embrapa, 1999), cultivado com arroz irrigado na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), foi identificada uma bactéria degradadora do clomazone: *Pseudomonas fluorencens*. Também na ETB, fungos isolados de amostras de palha de arroz irrigado, coletadas de parcelas desseccadas com o herbicida glifosato, foram identificados como utilizadores de glifosato: *Nigrospora sphaerica*, *Cochliobolus heterostrophus*, *Fusarium anthophilum* e *Micelia sterilia* (Mattos, 2001). Bactérias degradadoras do herbicida quinclorac foram obtidas em solo cultivado com arroz irrigado, no município de Jaguarão, RS (Mattos et al., 1999).

A avaliação do impacto ambiental (AIA) do inseticida carbofuran granulado (ICG) sobre microrganismos do solo indicou que existem bactérias com capacidade para degradar esse inseticida, em Planossolo Hidromórfico Eutrófico típico, com e sem histórico de sua aplicação (Mattos et al., 2001). Com relação aos componentes da fauna aquática, a AIA do ICG mostrou redução da população de anfíbios, moluscos e peixes até 48 horas após a aplicação do ICG (Melo et al., 2001), indicando impacto ambiental negativo temporário. Por outro lado, com relação à assembléia de pássaros, os padrões temporais de variação de riqueza específica e heterogeneidade das aves sofreram redução 48h após à aplicação de carbofuran granulado (Dias et al., 2001).

Na AIA da aplicação aérea do ICG (Fig. 25.11), Martins et al. (2002) determinaram que a extensão da deriva foi de até 82,5 m, comprovando, ao mesmo tempo, o seu aproveitamento no controle de insetos. Os



autores constataram também que, sob presença de ventos, os primeiros vôos não devem ser realizados junto ao limite da lavoura, devendo recuar-se o alinhamento do vôo, a fim de evitar a contaminação de áreas vizinhas pela deriva dos grânulos.

Foto: Maria Laura Turino Mattos



**Fig. 25.11.** Aplicação aérea do inseticida carbofuram granulado em lavoura de arroz irrigado. Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS.

Martins et al. (2000) realizaram um estudo para avaliar a possibilidade de reduzir as dosagens do inseticida carbofuram granulado atualmente registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 750-1000 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Embrapa Clima Temperado, 1999), para o controle do inseto *Oryzophagus oryzae*, visando a implementar formas mais racionais de uso do produto e a diminuir o grau de impacto ambiental no ecossistema. Os resultados indicaram que existe potencial para reduzir em até 67% a dose mínima registrada (750 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e, conseqüentemente, diminuir os custos de produção e riscos de impacto ambiental negativo ao ecossistema.

No ecossistema terras altas, devido ao cultivo de arroz estar atualmente mais concentrado na Região Pré-Amazônica, em áreas recém desmatadas, onde a precipitação pluvial é elevada, o ataque de pragas iniciais, principalmente, cupins, lagarta elasmó e cigarrinhas-das-pastagens, não tem sido muito intenso. Persiste, porém, a prática do tratamento das sementes com doses significativas de inseticidas químicos, envolvendo ingredientes ativos tradicionais e outros lançados mais recentemente no mercado. Ademais, doses elevadas e repetidas de inseticidas químicos, muitos dos quais sem registro para uso na cultura do arroz de terras altas, são aplicados visando o controle de insetos que atacam a parte



aérea das plantas, destacando-se o percevejo-do-colmo *Tibraca limbativentris*. Ao contrário do que já vem acontecendo nas várzeas subtropicais, não existe qualquer estudo sobre o comportamento ambiental de inseticidas no ecossistema terras altas. Torna-se necessário, portanto, implementar uma estratégia para disciplinar o uso de inseticidas na cultura de arroz de terras altas e para avaliar o grau de impacto.

O comportamento de agrotóxicos aplicados na agricultura é governado por processos de transferência e degradação, bem como por suas interações (Fig. 25.12). Transferência é um processo físico no qual a molécula agrotóxica permanece intacta, incluindo a sorção-desorção, escoamento superficial, percolação, volatilização e absorção pelas plantas ou animais. Degradação é um processo químico no qual a molécula agrotóxica é clivada, incluindo a fotodecomposição, degradação microbiana, degradação química e detoxificação pelas plantas. Esses processos determinam a persistência ou retenção de um agrotóxico, sua eficácia no controle de doenças, insetos ou plantas daninhas, bem como seu potencial para a contaminação do solo e das fontes d'água (Pepper et al., 1996).

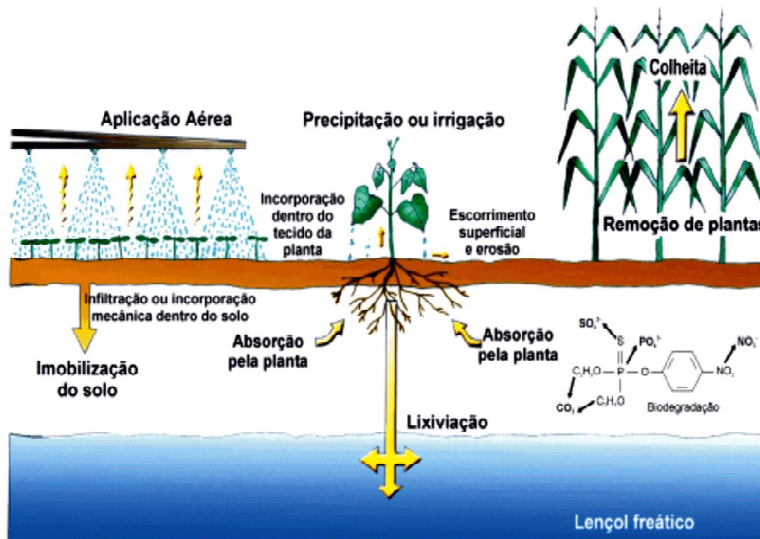


Fig. 25.12. Comportamento de agrotóxicos no ambiente.

Fonte: Post (1996), citado por Pepper et al. (1996).

Após a aplicação, os agrotóxicos podem desaparecer da área-alvo pelo movimento físico, pela ação do ar ou água, ou pela degradação (Taylor & Spencer, 1990, citados por Pingali & Roger, 1995). O movimento

de um agrotóxico inclui adsorção/desorção pelo solo, volatilização, difusão, percolação, escoamento e adsorção pelas plantas e animais (Pingali & Roger, 1995).

O comportamento ambiental de agrotóxicos no arroz irrigado tem sido investigado por pesquisadores de diversos países. No Brasil, destacam-se como pioneiros os trabalhos de grupos de pesquisa dos Centros Nacional de Pesquisa em Meio Ambiente (CNPMA, Jaguariúna, SP) e de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT, Pelotas, RS), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e da Estação Experimental de Itajaí, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri).

Mattos et al. (2000c) desenvolveram um estudo para avaliar o comportamento ambiental de agrotóxicos aplicados em lavouras de arroz irrigado, no RS e SC. No RS, os herbicidas glifosato, quinclorac, clomazone (CS), atrazina e pirazosulfuron-etil, assim como o inseticida carbofuran, estão sendo investigados quanto à degradação química e microbiológica, adsorção aos colóides do solo, deriva, distribuição e movimento no solo e água. Esses são agrotóxicos muito usados nos sistemas de produção convencional e plantio direto no RS. No sistema pré-germinado (Fig. 25.13), no RS e SC, a molécula pirazosulfuron-etil está sendo avaliada.

Foto: José Francisco da Silva Martins



**Fig. 25.13.** Preparo do solo em sistema pré-germinado.

Hermes et al. (1999) avaliaram o tempo de permanência de uma formulação comercial encapsulada (360 CS), contendo 360 g L<sup>-1</sup> de clomazone técnico (N-[2'-clorofenil) metil]-3-hidróxido-2,2-dimetil-



propanamide), durante as safras de 1997/98 e 1998/99, no sedimento e na lâmina de água, na cultura do arroz irrigado, cultivado no sistema pré-germinado, na Estação Experimental de Itajaí, localizada no município de Itajaí, SC. Os autores verificam nos resultados analíticos do clomazone, na formulação comercial, concentrações de ingrediente ativo até 24 dias após a aplicação do herbicida. Os valores finais observados foram de  $1,29 \text{ mg L}^{-1}$  (safra 97/98) e  $3,80 \text{ mg L}^{-1}$  (safra 98/99). Em relação aos estudos desenvolvidos com a formulação comercial emulsionável (500 CE) contendo clomazone ( $500 \text{ g L}^{-1}$ ), o tempo de residência do clomazone na água, na formulação 360 CS, aumentou em oito dias, indicando a necessidade de manutenção da lâmina d'água por um período maior na lavoura, visando diminuir o risco ambiental da drenagem da água (Noldin et al., 1997).

Jonsson & Maia (1999) compararam a toxicidade dos herbicidas clomazone (500 CE) e quinclorac pela exposição do invertebrado aquático *Daphnia similis* em diferentes sistemas, na presença ou ausência de sedimento, associados a dois métodos de aplicação dos produtos, Esses autores verificaram que, tanto na presença quanto na ausência de sedimento, o herbicida clomazone foi mais tóxico para o microcrustáceo que o quinclorac.

Noldin et al. (1997) ressaltam que, em SC, a aplicação de herbicidas é efetuada, predominantemente, pelo método conhecido como benzedura, onde os produtos são aplicados diretamente na lâmina d'água, tanto em pré-semeadura quanto em pós-emergência do arroz e das plantas daninhas. Esse método gera riscos de liberação de agrotóxicos nos rios, com possibilidade de contaminação de bacias hidrográficas. Em função disso, realizaram um estudo visando a avaliar a persistência no solo e na água do herbicida clomazone (500 CE), aplicado em pré-emergência, na cultura do arroz irrigado em sistema pré-germinado. Pelos resíduos de clomazone na água, verificaram a necessidade de manter estática na lavoura a água tratada com o herbicida, pelo menos durante duas semanas após a sua aplicação na lâmina d'água. Desta forma, poderá evitar-se que águas com resíduos de clomazone sejam drenadas para rios e riachos, com riscos de contaminação dos mananciais hídricos.

Estudos desenvolvidos por Jonsson et al. (1997), de avaliação "causa x efeito" associados aos processos de manejo das culturas, incluindo a aplicação dos herbicidas propanil, quinclorac e clomazone, utilizados na região orizícola do RS sobre organismos aquáticos bioindicadores (*Daphnia similis* e *Selenastrum capricornutum*), foram



conduzidos em área de cultivo de arroz irrigado da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado. Os autores concluíram que a aplicação de herbicidas, nas doses recomendadas, em nível de campo, na cultura do arroz irrigado, não apresentou efeitos tóxicos sobre o bioindicador zooplanctônico (*Daphnia similis*) e sobre a taxa de crescimento do organismo bioindicador fitoplanctônico (*Selenastrum capricornutum*).

Em trabalho desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, com um grupo de produtores, em campos de arroz na província de Laguna, Filipinas, para avaliar os impactos dos agrotóxicos carbofuran, carbosulfan, isoprocarb, endosulfan, lindane, monocrotofos e uma mistura formulada de clorpirifos e BPM, na saúde humana e no ambiente, foi estabelecido um banco de dados do comportamento de pesticidas *in situ* em um agroecossistema tropical. Os impactos observados sobre os diferentes componentes do agroecossistema de arroz irrigado, grãos, plantas, águas superficial e subterrânea, solo, organismos aquáticos, vertebrados e invertebrados, variaram de nenhum para inibitório, seletivo, ou mesmo, estimulatório. A natureza dos impactos depende da estrutura química dos compostos, suas concentrações, sensibilidade dos organismos e das condições ambientais prevalentes. Os resultados sugeriram que, em curto espaço de tempo, agrotóxicos usados nas lavouras de arroz não representam uma ameaça ambiental. Contudo, impactos de agrotóxicos ao longo do tempo, particularmente resíduos em peixes, em camadas de solo mais profundas e manancias hídricas urgentemente requerem investigações (Tejada et al., 1995, citados por Pingali & Roger, 1995). Os autores constataram também que o aumento da persistência de agrotóxicos em camadas mais profundas do solo, 125 - 175 cm, pode ser atribuído à diminuição da atividade microbiana, ocorrendo, conseqüentemente, menor degradação dos compostos.

O processo de degradação é regulado pelo conteúdo de água do solo, níveis de oxigênio dissolvido, potencial de oxidação-redução, temperatura, pH, salinidade, matéria orgânica, dinâmica da população microbiana, concentração e disponibilidade do agrotóxico (Shea, 1985). Por exemplo, a atividade de muitos microrganismos é maior em solos com conteúdo de água entre 50 e 70% da capacidade de campo, temperaturas de 25 a 35°C, e pH neutro (Alexander, 1961).

Toledo et al. (1997) avaliaram o efeito da aplicação dos herbicidas clomazone, quinclorac e propanil, comumente utilizados na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, nos parâmetros de qualidade da água, sob condições experimentais, na Estação Terras Baixas da



Embrapa Clima Temperado. Foi determinado o pH, a temperatura e a condutividade elétrica das amostras nas parcelas experimentais e, no laboratório, o fósforo total, o ferro e a clorofila. A água do canal de irrigação do experimento também foi monitorada. Os resultados indicaram que os herbicidas não causaram efeito sobre a qualidade da água em relação à parcela testemunha. No entanto, foram observadas alterações no comportamento dos parâmetros de qualidade da água das parcelas em comparação com a água de entrada, principalmente o pH, o fósforo, a condutividade elétrica e a clorofila nas duas primeiras semanas de estabelecimento da cultura. Tais alterações trazem implicações à qualidade da água, uma vez que o aumento de fosfato nesta poderá causar eutrofização nos corpos d'água adjacentes à região orizícola do RS, quando da descarga desta água. Esteves (1988) define como eutróficos os corpos d'água que apresentam concentrações totais de fosfatos maiores que  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{P-PO}_4$ , sendo que, no presente trabalho, foram encontrados valores da ordem de  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{P-PO}_4$ , na fase final do experimento.

A adição de matéria orgânica e fertilizante aumentará a degradação biológica se for estimulado o crescimento dos microrganismos que podem degradar um determinado pesticida. A matéria orgânica também catalisa a degradação não-biológica de herbicidas, como cloro-*s*-triazinas, por fornecer uma superfície ácida para adsorção hidrolítica. Em estudo de percolação em solos, Duah-Yentumi & Kuwatsuka (1982) observaram uma diminuição no tempo requerido para a adaptação microbiana ou enzimática à degradação de um substrato (fase lag) composto de 2,4-D, MCPA, e thiobencarb {*S*-[(4-clorofenil)metil]diethylcarbamato}, em solos manejados com fertilizante com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), ou com um composto de palha de arroz ( $20 \text{ g kg}^{-1}$  de solo).

Adições múltiplas de um herbicida a um meio microbiano podem gradualmente aumentar a taxa de degradação. O efeito tem sido atribuído, principalmente, a uma redução da fase lag devido à adaptação microbiana ao substrato herbicida. Embora seja desejável, essa adaptação pode gerar um problema prático, como uma perda acelerada de alguns herbicidas no solo (Fox, 1983).

Em pesquisas com herbicidas, detoxificação significa a perda da fitotoxicidade, mas pode também estar relacionada com a perda de toxicidade para animais. As perdas podem ocorrer nos solos por um ou mais processos que agem sobre os herbicidas. Degradação refere-se a mudanças na estrutura molecular dos herbicidas, as quais resultam em



produtos mais simples, geralmente menos fitotóxicos ou não-fitotóxicos. Assim, degradação é um dos vários processos pelos quais os herbicidas são detoxificados. O desaparecimento implica em processo de perda e pode ou não resultar em detoxificação. Por outro lado, o desaparecimento pode ser uma consequência de degradação. Herbicidas também desaparecem dos solos pela volatilização, escoamento em águas superficiais ou lixiviação através do perfil do solo (Sheets et al., 1964). Um herbicida pode permanecer quimicamente inalterado durante e após a volatilização, o movimento superficial e a lixiviação.

Os herbicidas diferem em suas propriedades físicas e químicas, como solubilidade em água, volatilidade e suscetibilidade à perda por processos fotoquímicos, químicos e biológicos. Essas características determinam a sua persistência relativa no solo. Os herbicidas persistentes usualmente têm uma ou mais das seguintes propriedades (Qureshi, 1987): baixa solubilidade em água; moderado grau de adsorção; baixa volatilidade; baixa suscetibilidade à decomposição pela luz; baixa suscetibilidade à degradação química; baixa suscetibilidade à decomposição microbiana.

Parâmetros físicos, como temperatura, salinidade, pH e concentração de oxigênio podem influenciar a persistência de um xenobiótico sob condições naturais e, portanto, devem ser avaliados criticamente (Neilson, 1994).

A persistência não é uma propriedade fixada pelos herbicidas, sendo influenciada por fatores de clima e solo; a sua estimativa deve, portanto, determinar como a taxa de degradação é afetada por esses fatores (Hurlle & Walker, 1980). Mousumeci (1992) reforça essa afirmação, comentando que a persistência é influenciada também pela estrutura química do herbicida.

Quando aplicados no solo, os herbicidas são normalmente absorvidos pelas raízes das plantas e transportados pelo xilema para as folhas, onde se acumulam ao redor da margem das folhas, nas dicotiledôneas, ou extremidades, nas monocotiledôneas. No solo, o ingrediente ativo (i.a.) pode ser dissipado por processos físicos, químicos ou bioquímicos. Todos os compostos com um coeficiente de partição ( $\log P_{ow}$ ) octanol/água < 4 parecem exibir pelo menos algum movimento no xilema (Kirkwood, 1993).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* = EPA) define um resíduo como perigoso se este é inflamável, corrosivo, reativo ou tóxico no procedimento





de extração. Em adição, os subprodutos do tratamento de alguns resíduos perigosos são também considerados perigosos, a menos que eles tenham sido especificamente excluídos (Cutright & Lee, 1994).

A tendência de muitos compostos, incluindo agrotóxicos, de se acumularem em cadeias alimentares, é governada em grande parte pelo seu alto grau de solubilidade ou lipofilicidade. O coeficiente de partição (valor  $p$ ), definido como a razão entre a massa de soluto dissolvido no solvente orgânico (ex. *n*-octanol) para a massa de soluto dissolvido na água, é uma excelente medida da lipofilicidade (Collander, 1951; Lioy et al., 1971; Church & Bansch, 1973, citados por El-Naggar, 1983).

Em sistemas conservacionistas, o conteúdo volumétrico de água excede o do sistema convencional (Lindstrom et al., 1984, citados por Byers et al., 1995), favorecendo o aumento da atividade microbiana e, conseqüentemente, reduzindo a persistência de agrotóxicos (Dao, 1987, citado por Byers et al., 1995).

Embora os fatores químicos e físicos afetem o comportamento dos agrotóxicos no solo e na água, é evidente que não são os únicos fatores envolvidos, ou a acumulação em grande escala de material orgânico, incluindo contaminantes e substâncias orgânicas naturais, dominaria o nosso planeta. Assim, um terceiro fator, o componente biológico do solo e da água, deve ser visto com especial atenção. Esse componente, o qual é responsável pela degradação de materiais orgânicos de ocorrência natural, também mitiga os impactos dos agrotóxicos no ambiente. Referimo-nos à presença de microrganismos no solo e na água que podem afetar a distribuição, movimento e concentração de agrotóxicos por meio do processo de biodegradação.

## MONITORAMENTO AMBIENTAL

O conhecimento sobre os sistemas químicos, biológicos e as propriedades físicas do ambiente, bem como os vários processos que influenciam o comportamento dos agrotóxicos, está baseado na coleta e análise de dados. Por exemplo, todo o conhecimento acerca do manejo da poluição ambiental — suas fontes, limpeza e controle — depende da habilidade para determinar se existe poluição, em que local e se pode ser nociva para o homem ou meio ambiente (Artiola et al., 1996, citados por Pepper et al., 1996). No entanto, surge o seguinte questionamento: como a existência, extensão e comportamento de um poluente pode ser medido para suprir esta determinação?



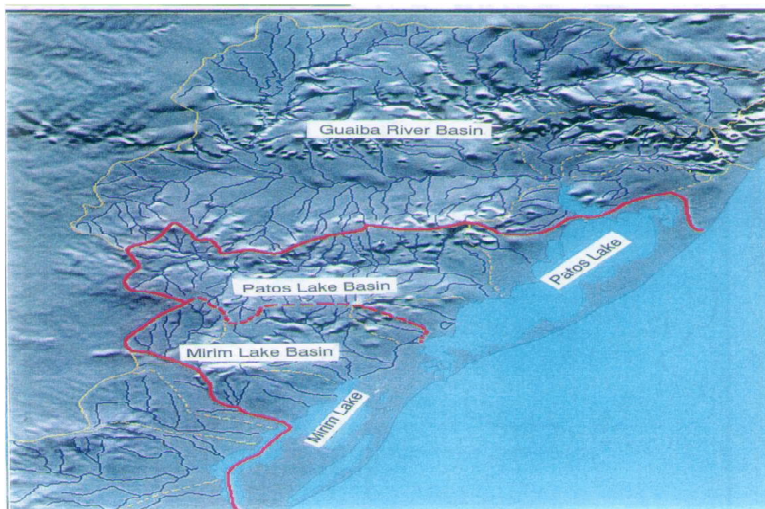
Em muitos casos, essa investigação se inicia com a coleta e análise de amostras ambientais, processo conhecido como monitoramento ambiental. Entre os principais componentes de monitoramento ambiental, podem incluir-se o desenvolvimento de planos de amostragem e métodos de coleta de amostras ambientais para atmosfera, solo e água (Artiola et al., 1996, citados por Pepper et al., 1996). No monitoramento ambiental de agrotóxicos, existe a questão de quais amostras devem ser colhidas para o mapeamento de resíduos e uma avaliação do possível impacto benéfico ou adverso. Amostras de água, solo, alguma biota disponível e ocasionalmente ar, devem ser tomadas para determinar a distribuição e o destino dos resíduos (Blau et al., 1975; Neely, 1981, citados por Frighetto, 1997).

Nesse contexto, o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, com enfoque em resíduos de agrotóxicos, nitratos e fosfatos, merecem destaque nas regiões orizícolas do RS, SC, TO e GO. Esses estados possuem uma grande riqueza em mananciais hídricos de água doce, que, além de fornecerem água para irrigação das lavouras de arroz, abastecem suas populações.

O maior reservatório subterrâneo de água doce do mundo, 1,2 milhão de km<sup>2</sup>, o Aquífero Guarani, encontra-se em subsolo brasileiro (70%). O reservatório ultrapassa as fronteiras do Brasil e se espalha pela Argentina, Uruguai e Paraguai. No Rio Grande do Sul, existem áreas de recarga, onde se pode encontrar a atividade orizícola. Embora nesse estado não existam, atualmente, grandes ameaças de contaminação, deve ser priorizado o monitoramento de pesticidas usados em lavouras de arroz irrigado, nos pontos de recarga. A gestão integrada desse recurso hídrico, visando a sua exploração e proteção, está sendo implementada por um projeto financiado pelo *Global Environmental Facility* (GEF) e o Banco Mundial (Bird) (Técnicos..., 2000).

As Lagoas dos Patos e Mirim, localizadas no sul do Rio Grande do Sul, ocupam áreas de 9.794 km<sup>2</sup> e 3.738 km<sup>2</sup>, respectivamente, excluindo o rio Guaíba. A Lagoa Mirim está localizada na fronteira entre o Uruguai e o Brasil, ocupando 2.826 km<sup>2</sup> no lado brasileiro (Fig. 25.14). A rápida urbanização e industrialização, especialmente na região norte do RS, afetam adversamente a qualidade da água da Lagoa dos Patos, como dos rios que escoam para a lagoa, carregando poluentes originários de esgotos domésticos e industriais. Pesticidas usados na agricultura também agravam o problema, acreditando-se que considerável quantidade usada em cultivos de arroz irrigado escoam para os rios que se ligam com a lagoa (Japan International Cooperation Agency, 2000), considerando-se também que lavouras de arroz irrigado estão em seu entorno.





**Fig. 25.14.** Lagoas dos Patos (1) e Mirim (2), Bacias do Rio Guaíba (3), da Lagoa Mirim (4) e dos Patos (5).

Fonte: Japan International Cooperation Agency (2000).

Diante dessas circunstâncias, o Governo do Estado do RS, em conjunto com a JICA, estabeleceram um acordo para o estudo de gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica das Lagoas dos Patos e Mirim. No estudo, durante o período de fevereiro a março de 1998, amostras de água foram coletadas de dez pontos da Lagoa dos Patos e seis do Canal São Gonçalo, efluente da área de rizicultura. Não foram detectados resíduos do herbicida glifosate e seu metabólito [ácido aminometilfosfônico (aminomethylphosphonic acid) = AMPA], de propanil, dos inseticidas carbofuran e DDT e seus metabólitos (Japan International Cooperation Agency, 2000).

Mattos et al. (2000a) realizaram o monitoramento ambiental do herbicida glifosato e de seu metabólito AMPA em águas de lavouras de arroz irrigado, em uma granja localizada no litoral sul do RS. Foram analisadas amostras de águas provenientes da lâmina da lavoura, dos canais de irrigação e de drenagem, dos açudes e dos levantes de entrada de água. Não foram detectadas concentrações de glifosato acima do limite máximo permitido ( $700 \text{ mg L}^{-1}$ ) pela EPA e pela portaria nº 1469 do Ministério da Saúde ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ). Concluiu-se que determinado nível de segurança poderá ser alcançado dentro de 120 dias após a aplicação da formulação comercial de glifosato para as águas de lançamento da granja para a Lagoa Mirim (Fig. 25.15).





**Fig. 25.15.** Pontos de coleta de água para análise de resíduos de glifosato e AMPA em granja orizícola. Jaguarão, RS.

Em outro estudo, Mattos et al. (2003b) monitoraram a presença de agrotóxicos em amostras de águas superficiais, coletadas em lavouras orizícolas implantadas no sistema pré-germinado (Fig. 25.16), no município de Rio Grande, RS, de modo a avaliar o impacto do uso de herbicidas e de inseticidas sobre os recursos hídricos, especialmente no Arroio Sarandi e na Lagoa Mirim. As concentrações detectadas dos herbicidas oxadiazon e quinclorac e do inseticida carbofuran, em águas superficiais, ficaram acima do limite máximo permitido pela legislação da Comunidade Européia, que estabelece  $0,10 \mu\text{g L}^{-1}$  para todos os pesticidas individualmente em águas para consumo humano. Por outro lado, de acordo com a legislação da EPA, o nível de carbofuran detectado ficou abaixo da concentração máxima permitida ( $40 \mu\text{g L}^{-1}$ ) para águas destinadas ao consumo humano.

Em Santa Catarina, 95% da área cultivada com arroz irrigado localiza-se nas bacias hidrográficas dos Rios Itapocu, Itajaí-Açu, Camboriú, D'Una, Tubarão, Araranguá e Mampituba, mananciais que também abastecem vários municípios da região. O uso frequente de agroquímicos nas áreas cultivadas com arroz irrigado em SC e RS e seus possíveis impactos levaram à elaboração do projeto "Qualidade Ambiental do Ecosistema Arroz Irrigado", em parceria com a Epagri-Estação Experimental de Itajaí, Embrapa Clima Temperado, Embrapa Meio Ambiente, Univali/CTTMar e Instituto de Química da UFRGS. O projeto visou monitorar a ocorrência de agroquímicos em mananciais hídricos e



seu impacto sobre componentes da microflora do arroz irrigado, cultivado no sistema pré-germinado (Noldin et al., 1999). Os autores verificaram que a concentração de ingrediente ativo nas amostras estudadas estava abaixo dos valores das doses recomendadas para aplicação. Isto pode refletir a degradação dos ingredientes ativos ou a concentração em outras matrizes (argila, matéria orgânica, algas...). Esse comportamento pode ser considerado também um indicador de práticas inadequadas de manejo, uma vez que há escape dos agrotóxicos para as áreas de drenagem (Deschamps et al., 2003).



**Fig. 25.16.** Pontos de coleta de água em área orizícola implantada no sistema pré-germinado. Rio Grande, RS.

Embora recentes, os monitoramentos realizados em agroecossistemas de arroz irrigado traduzem a conscientização de vários segmentos da sociedade com relação à manutenção dos recursos naturais em condições sustentáveis, constituindo-se em *commodities* ambientais. As *commodities* ambientais constituem um complexo produtivo que envolve sete matrizes: água, energia, minério, biodiversidade, madeira, reciclagem e controle de emissão de poluentes. As sete matrizes resguardam-se sobre o manto da Soberania Nacional, pois são bens que pertencem ao povo brasileiro e são explorados no território brasileiro. Assim, caberia ao Estado a gestão financeira desses recursos naturais, revertendo-os em benefícios que, de um lado, não dão lucros imediatos, não contabilizam juros nas contas dos fundos, tampouco podem ser ativos especulativos, mas, de outro, constituem investimentos em educação, saúde, cultura e meio ambiente (Khalili, 2000).

## FERTILIZANTES NITROGENADOS E FOSFORADOS

O uso adequado de fertilizantes, fontes apropriadas, métodos e época de aplicação são importantes práticas de manejo de adubação. Entre os nutrientes essenciais, nitrogênio (N) e fósforo (P) são os mais

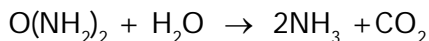


deficientes, tanto nos solos sob cultivo de arroz irrigado quanto nos de cultivo de arroz de terras altas.

Em decorrência desse fato, sempre se faz necessária a aplicação de fertilizantes à base de N e P. Geralmente uréia e sulfato de amônio são as principais fontes de N nos fertilizantes e, para o P, são os fertilizantes superfosfato simples, superfosfato triplo e os naturais.

No Rio Grande do Sul, o principal nutriente aplicado em lavouras de arroz irrigado é o N. Por exemplo, na safra 99/00, em uma área plantada de 952.539 ha (Irga, 2000), um total de 9.525.390 kg de N foi aplicado — uma média de 10 kg ha<sup>-1</sup>, dosagem recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (1995). As recomendações para os solos do Rio Grande do Sul indicam 10 kg de N ha<sup>-1</sup> em adubação de base, sendo a fonte amídica (uréia) a mais usada (Embrapa, 1999). Em solos tropicais, também esta fonte é a predominante.

O N está sujeito a uma série de transformações químicas e bioquímicas no solo. A uréia (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), por exemplo, é hidrolisada mediante a seguinte reação:

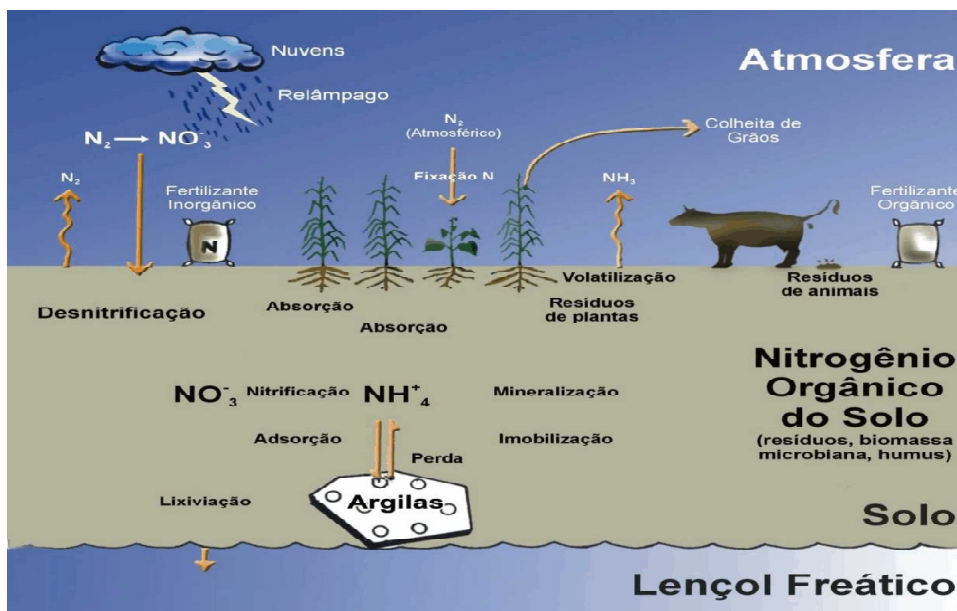


onde a urease é uma enzima microbiana. Essa reação pode resultar na perda de N para a atmosfera como NH<sub>3</sub> gasoso, quando a uréia é aplicada na superfície do solo ou próxima desta. As perdas são intensificadas se o pH da superfície do solo for ≥ 7,0 (Thompson, 1996, citado por Pepper et al., 1996).

O ciclo do N (Fig. 25.17) compreende reações biológicas e não-biológicas. Dessas, as biológicas são as mais importantes para o controle do comportamento e formas de N no solo. Uma importante reação não-biológica no ciclo do N é a lixiviação do nitrato. Devido a sua carga negativa, o nitrato não é fortemente adsorvido aos colóides do solo e é altamente móvel na fase líquida do solo. Como a água percola através do solo, o nitrato no interior dos poros do solo está sujeito à lixiviação abaixo da zona radicular e dentro da zona *vadose* (não-saturada). Uma vez na zona *vadose*, o nitrato pode atingir as águas subterrâneas e tornar-se um poluente. No entanto, o nitrato pode poluir tanto as águas superficiais como as subterrâneas. A poluição das águas subterrâneas envolve riscos associados com o consumo de água com níveis elevados de nitrato, enquanto a poluição das águas superficiais pode levar à eutrofização - aumento do crescimento de algas e esgotamento de oxigênio (Thompson, 1996, citado por Pepper et al., 1996).







**Fig. 25.17.** Transformações do nitrogênio no solo.

Fonte: Thompson (1996), citado por Pepper et al. (1996).

Nitrato é altamente solúvel em água e, por isso, aplicações excessivas de N podem resultar em grandes quantidades de resíduo pós-colheita de N no solo. Esse nutriente pode ficar disponível para culturas da próxima estação, mas é susceptível à lixiviação durante o período de pousio, caracterizado pelo excesso de chuva e baixa taxa de evaporação (Fageria & Baligar, 1999). Portanto, no manejo de N para o arroz de terras altas deve ser dada importância substancial à quantidade e a frequência de sua distribuição durante o ciclo da cultura.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, estabelece um nível de contaminação máxima de  $10 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$  como o nível máximo de segurança para a água de consumo, e a Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization* = WHO) estabelece um nível máximo de segurança de até  $11,3 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$  para a água de consumo. Essas concentrações apresentam um perigo primariamente para crianças; o nível de segurança para adultos é provavelmente maior, mas permanece desconhecido (Thompson, 1996, citado por Pepper et al., 1996).

A resolução nº 20, de 18 de junho de 1986 do CONAMA, estabelece teores máximos em água doce de  $10 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$  (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1986).



É importante salientar que, além do risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelo uso de N em lavouras de arroz, deve-se considerar também que a falta de saneamento básico contribui fortemente com teores de nitratos resultantes dos dejetos humanos, e animais. A origem precisa e as contribuições relativas das diferentes fontes de nitrato ainda não foram bem determinadas.

No trabalho realizado pela JICA, no período de 1998-2000, intitulado “Estudo de Gerenciamento Ambiental da Bacia Hidrográfica das Lagoas dos Patos e Mirim”, na região denominada de Mar de Dentro, onde está contida a bacia hidrográfica das Lagoas dos Patos e Mirim, foram encontradas concentrações que variaram de 0 - 0,67 mg  $\text{NO}_3\text{-N L}^{-1}$  ao longo de todos os pontos amostrados. As maiores variações foram registradas no mês de junho, com valores acentuadamente maiores para os pontos localizados no Rio Guaíba e Lagoa dos Patos, na direção dos municípios de São Lourenço do Sul e Camaquã (Japan International Cooperation Agency, 2000).

No cultivo de arroz irrigado, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em solos com baixo teor de P, é recomendada a utilização de fosfatos solúveis, termofosfatos e as escórias (Embrapa Clima Temperado, 1999). Fósforo é usualmente aplicado na forma de superfosfato triplo, ou como compostos de fosfato de amônio. Esses são compostos solúveis que fornecem uma fonte P disponível para o crescimento de plantas e microrganismos, os quais absorvem P da solução do solo como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Microrganismos não usam P nem como uma fonte direta de energia nem como aceptor final de elétrons. Além disso, ânions fosfato, ao contrário de nitrato, são fortemente ligados aos colóides do solo, por isso, não lixiviam ou se movem no solo. A insolubilidade de muitos fosfatos provoca uma diminuição da disponibilidade de P para plantas, gerando, assim, a necessidade de aplicações regulares.

Fertilizantes fosfatados podem tornar-se poluentes perigosos sob determinadas circunstâncias. Podem, por exemplo, escorrer e contaminar águas superficiais, nas quais o P é um fator limitante para o crescimento de plantas e algas. A introdução de grandes quantidades de P pode provocar o aumento de seu crescimento. Quando ocorre a morte dessas plantas e algas, sua decomposição por microrganismos heterotróficos resulta na diminuição de  $\text{O}_2$  na água. Esse processo, conhecido como eutrofização, pode gerar consequências desastrosas para os ecossistemas aquáticos. Baixas concentrações de P, como  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ , tem sido associadas com eutrofização (Thompson, 1996, citado por Pepper et al., 1996).





Foi realizado um diagnóstico dos teores de amônio, nitrato e fósforo total, na lamina d'água em lavouras de arroz cultivadas em sistemas orgânico e convencional, localizadas no Banhado do Colégio, Camaquã, RS, na safra de 2001/2002, acusando teores de amônio e nitrato abaixo de  $10 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$  e de P total acima de  $0,025 \text{ mg L}^{-1}$ , em ambos os sistemas, 12 dias após a entrada de água nas lavouras. Aos 26 dias, os teores de P total reduziram para  $0,014 \text{ mg L}^{-1}$ , na área orgânica. No cultivo de arroz de terras altas esse fenômeno ocorre com menor intensidade, visto que as principais áreas de cultivo localizam-se em chapadas distantes de mananciais.

Levantamento exploratório da composição química das águas utilizadas para irrigação do arroz no RS foi objeto de estudo por Macedo et al. (2001). Os autores constataram que os teores de N e P estavam abaixo dos limites considerados inadequados para o consumo humano (CETESB, 1988) das águas de irrigação e drenagem das lavouras de arroz.

Deschamps et al. (2003) determinaram a frequência com que alguns parâmetros de qualidade de água se apresentariam alterados, a partir do estabelecimento de valores limites, em seis bacias hidrográficas de Santa Catarina. Os valores médios de P estavam acima do estabelecido para águas brutas, conforme resolução nº 20 do CONAMA, ao passo que os teores de nitrato e nitrito, estavam dentro dos padrões estabelecidos por essa resolução, para todas as bacias monitoradas.

## EMISSÃO DE GÁS METANO

Mais de 50% da população humana mundial utiliza o arroz como alimento básico. Em 1988 foram ocupados 148 milhões de hectares com o cultivo do cereal em todos os sistemas, atingindo uma produção global de 475 milhões de toneladas (Cole et al., 1993).

Há muita restrição à expansão da área desse sistema de produção orizícola, geralmente fundamentada em impactos ambientais negativos que possam advir de alterações no ecossistema, como a intensificação de emissões de gases metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Cole et al., 1993), as quais afetam a camada de ozônio.

$\text{N}_2\text{O}$  é produzido pelos processos microbianos no solo. Emissões antropogênicas de  $\text{N}_2\text{O}$  ocorrem como resultado da conversão de terras em sistemas agrícolas e são mais intensas em sistemas que utilizam grandes quantidades de nitrogênio (Cole et al., 1993). Porém, essa emissão pode ser via fertilização com N mineral ou orgânico oriundo de dejetos animais.



A mineralização biogênica de materiais orgânicos em ecossistemas anóxicos, particularmente em áreas de cultivo de arroz irrigado por inundação, as quais totalizam  $1.5 \times 10^6 \text{ km}^2$  (FAO Production Yearbook, 1985), é a fonte mais importante de  $\text{CH}_4$  atmosférico (Schütz et al., 1989). Contudo, a estimativa de contribuição da mineralização biog nica para o  $\text{CH}_4$  global emitido, de 20-280  $\text{Tg ano}^{-1}$  (Sass et al., 1994), permanece imprecisa. Recente estimativa sugere que o valor de  $\text{CH}_4$  emitido de áreas de arroz irrigado, no mundo,    $60 \pm 40 \text{ Tg ano}^{-1}$  (IPCC..., 1992). Segundo Schütz et al. (1989), áreas de arroz irrigado têm uma emissão anual global de  $10 \pm 50 \text{ Tg CH}_4 \text{ ano}^{-1}$  ( $\text{Tg} = 10^{12} \text{ g}$ ). A concentração atmosférica de  $\text{CH}_4$  aumentou à taxa de 1% anualmente, no período de 1978 - 1990 (Bouwman, 1990) e, recentemente, a uma taxa menor, de 0.8% (Sass et al., 1992). Como a produção de arroz no mundo aumentar  consideravelmente nos próximos anos, 2% ao ano, até atingir 24 milhões de toneladas na safra 2005/2006 (Irga, 2000), é importante eleger práticas culturais que melhorem a produtividade da cultura e, ao mesmo tempo, reduzam a emissão de  $\text{CH}_4$ .

O  $\text{CH}_4$  é produzido em solos inundados pelas bactérias metanog nicas, estritamente anaeróbias. A drenagem diminui a emissão de  $\text{CH}_4$  para a atmosfera, devido ao fato de a aeração do solo inibir sua produção pelas bactérias metanog nicas. Concomitantemente, ocorre a diminuição de  $\text{CH}_4$  no solo devido à oxidação aeróbia pelas bactérias metanotróficas. A emissão de  $\text{CH}_4$  de arrozais inundados resulta: da produção de bactérias metanog nicas em solo reduzido; do consumo pelas bactérias metanotróficas nas zonas oxigenadas do ecossistema ( gua submersa, interface água/solo e rizosfera do arroz); e de processos de transferência (difusão, ebulição) através do solo e plantas de arroz (Conrad, 1989).

A presença de bactérias metanog nicas e metanotróficas em solos de arroz foi indiretamente demonstrada pela aferição da produção de  $\text{CH}_4$  e oxidação (Schütz et al., 1989). Porém a microflora envolvida é pouco conhecida. Somente três gêneros de bactérias metanog nicas (*Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanobrevibacter*) e dois (*Methanospirillum*, *Methanocorpusculum*) de metanotróficas foram isolados de solos de arroz (Joulian et al., 1996). A principal rota de produção de  $\text{CH}_4$  em solos alagados é a redução de  $\text{CO}_2$  com  $\text{H}_2$ ,  cidos graxos, ou álcool, como doadores de hidrogênio, e a transmetilação de ácido acético ou álcool metálico pela bactéria produtora de  $\text{CH}_4$  (Conrad, 1989).



Em arrozais inundados, a cinética do processo de redução microbiana é afetada pela composição e textura do solo e seus conteúdos de aceptores de elétrons inorgânicos (Neüe, 1992). O período entre a inundação e o início da metanogênese pode variar de acordo com o solo (Sass et al., 1992).

O  $\text{CH}_4$  biogênico é produzido pela metanogênese, etapa final do processo de mineralização da matéria orgânica em ambientes anaeróbios, usando acetato e  $\text{H}_2/\text{CO}_2$  como substrato (Wolfe, 1979). Experimentos radiomarcados confirmaram que  $\text{CH}_4$  foi essencialmente produzido de acetato que é originado de resíduos de arroz, algas e plantas aquáticas incorporadas ao solo, húmus do solo e produtos de autólise ou exsudatos de raízes de arroz (Neüe & Roger, 1994).

A produção de  $\text{CH}_4$  ocorre somente em condições altamente reduzidas, potencial redox de -200 mv. Alagamentos intermitentes ou drenagens diminuem as emissões de  $\text{CH}_4$  (Sass et al., 1992). A quantidade de  $\text{CH}_4$  produzida é altamente dependente da quantidade de carbono orgânico disponível, proveniente da palha de arroz adicionada ao solo (Schütz et al., 1989; Sass et al., 1991; Neüe et al., 1994) ou adubos verdes (Lauren et al., 1994). As plantas de arroz influenciam a emissão de  $\text{CH}_4$  por fornecerem substrato para a liberação de exsudatos pelas raízes e decomposição destas (Sass et al., 1991).

Existem três processos de liberação de  $\text{CH}_4$  à atmosfera, proveniente de lavoura de arroz irrigado por inundação. A perda, como bolhas de ar, é um mecanismo que ocorre durante o estágio inicial de crescimento da planta e durante operações de eliminação de plantas daninhas. A perda por difusão, através da superfície da água, é um processo que ocorre lentamente. O terceiro processo é o transporte através do aerênquima da planta de arroz e liberação à atmosfera através dos brotos, os quais não estão sujeitos ao controle estomatal, sendo este o mecanismo mais importante de emissão (Cicerone et al., 1983). Durante a fase de crescimento da planta de arroz, uma grande proporção de  $\text{CH}_4$  produzida no solo alagado, é oxidada antes de ser liberada à atmosfera (Sass et al., 1992).

Uma estimativa realizada sobre a emissão de  $\text{CH}_4$  em áreas de cultivo de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, utilizando a metodologia preconizada pelo IPCC (IPCC..., 1995), indicou que, em uma área de 937.737 ha, na safra de 1995/96, a lavoura de arroz irrigado foi responsável pela emissão de 397,63 Gg (ou 0,396 Tg), correspondendo a cerca de 68% em relação à emissão média total desse gás no país,



de  $583,3 \pm 54,3$  Gg (média anual estimada no período de 1989 a 1995), e mais especificamente, em torno de 73% do total emitido em condições de regime de inundação contínua ( $546,3 \pm 43,2$  Gg) (Lima et al., 1997a).

No Estado de Santa Catarina, onde 95% da área cultivada com arroz irrigado é no sistema pré-germinado e o restante no sistema convencional, na safra de 1995/96, o cultivo de arroz irrigado foi responsável pela emissão de 61,43 Gg de  $\text{CH}_4$ , correspondendo a cerca de 10,53% em relação à emissão total desse gás no país, sendo que cerca de 11,24 % correspondeu ao total emitido em condições de regime contínuo (Lima et al., 1997b).

Na Itália, a emissão de  $\text{CH}_4$  em lavouras de arroz irrigado por inundação foi aferida por Schütz et al. (1989). As taxas de emissão apresentaram grande variação diurna e sazonal, sendo que as mudanças diurnas foram correlacionadas às mudanças na temperatura do solo.

No Estado de São Paulo, município de Pindamonhangaba, foi conduzido um estudo em área experimental do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Vale do Paraíba, com o objetivo de avaliar as emissões de metano em campos de arroz inundado continuamente e sob alagamento intermitente. Foram verificadas emissões médias de  $198,96 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-2}$  e de  $233,98 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente para os referidos regimes de inundação (Lima et al., 2003).

Resultados da quantificação de emissões de  $\text{CH}_4$  em solo cultivado com arroz irrigado por inundação, no município de Cachoeirinha, RS, na safra de 2002/2003, revelaram emissões médias entre os sistemas convencional e plantio direto de  $15 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , estando esse valor dentro do intervalo citado na literatura internacional, que é de 0 a  $80 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  (Le Mer & Roger, 2001, citados por Costa et al., 2003). Os valores mínimo e máximo de emissão ocorreram no sistema convencional e foram, respectivamente, de 2,91 e  $29,30 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , resultando numa amplitude de  $26,40 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , 2,2 vezes maior do que a amplitude no plantio direto ( $12,00 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) (Costa et al., 2003).

Considerando a diversidade de características dos sistemas de cultivo de arroz irrigado, como o sistema de preparo do solo, o efeito de espécies vegetais utilizadas para cobertura morta em plantio direto, bem como o efeito de outras práticas culturais, como o manejo da água de irrigação, a adubação nitrogenada (doses e fracionamento), a dessecação de plantas daninhas e outras espécies vegetais nativas, o



efeito da permanência da palha de arroz na lavoura exposta a inundações durante o inverno e utilização e/ou retirada da palha para fenação ou como cobertura morta para plantio direto de espécies de inverno como trigo e aveia, em várzeas, contudo, bem drenadas para reduzir a emissão de  $\text{CH}_4$ , torna necessária a avaliação de todos esses aspectos com enfoque sobre a emissão desse gás. Além disso, a arquitetura de plantas de arroz, de diferentes cultivares, nos diferentes sistemas, deve ser investigada em relação ao potencial para emissão de metano.

## **ESTOQUE DE CARBONO**

O mercado de carbono (C) encontra-se em fase adiantada de desenvolvimento mundial para a comercialização de créditos, visto que já existem metas de redução e o monitoramento dos níveis de emissão em vários países, como Estados Unidos e Inglaterra. Anteriormente à entrada em vigor do Protocolo de Quioto ou da não ratificação pela Rússia, iniciativas e estratégias múltiplas mundiais visando a este mercado já eram consideráveis.

A agricultura brasileira tem um grande potencial para seqüestrar carbono no bioma Cerrados e Campos Meridionais. Estimativas apontam que em um ano é possível retirar da atmosfera 110 milhões de toneladas do principal gás responsável pelo efeito estufa, sendo 50 milhões de toneladas retidas no solo e 60 milhões de toneladas com o controle da erosão.

O solo pode funcionar como um reservatório de C. Nesse caso, ocorre aumento da matéria orgânica (MO) e da qualidade do solo, ou como fonte de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, dependendo do manejo adotado. Sistemas conservacionistas propiciam a manutenção e o aumento do conteúdo de MO do solo, atuando efetivamente como um reservatório de  $\text{CO}_2$  atmosférico (Pillon, 2000). Nesse sentido, a adoção do sistema plantio direto ou de sistemas com mínimo revolvimento, em solos de várzeas, de clima tropical e subtropical, e de terras altas, constituem estratégias para evitar a degradação dos solos e, conseqüentemente, a perda de  $\text{CO}_2$  atmosférico, gás de efeito estufa.

## **MEDIDAS MITIGADORAS DE IMPACTOS AMBIENTAIS NEGATIVOS**

Neste capítulo, abordamos alguns impactos ambientais negativos que podem ser gerados pelos sistemas de produção de arroz irrigado, nas várzeas tropicais e subtropicais, e de arroz de terras altas,



os quais, se não controlados, ou até mesmo evitados, podem criar problemas sérios de perda da qualidade ambiental, muitas vezes de caráter irreversível. Portanto, considerando a relação custo benefício é muito mais eficaz evitar os danos ambientais do que controlá-los.

A prevenção dos impactos pode ocorrer de várias formas. Por exemplo, boas práticas de manejo (BPM) podem ser desenvolvidas para otimizar a quantidade de fertilizantes e agrotóxicos necessários para a cultura do arroz - o que significa usar somente a quantidade necessária para suportar o crescimento.

O conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP) é frequentemente empregado para mitigação de efeitos negativos de poluição ambiental pelo uso inadequado de agrotóxicos. O princípio do MIP é o de reduzir o uso de agrotóxicos para um mínimo requerido, capaz de manter a qualidade dos alimentos consumidos, maximizando a qualidade ambiental e preservando a saúde humana. Com a erradicação eficiente de uma praga, ocorre uma redução na quantidade de agrotóxicos aplicados e, conseqüentemente, uma manutenção efetiva de insetos desejáveis em lavouras de arroz.

Geralmente, fontes pontuais de poluição por agrotóxicos resultam de controle e/ou uso inadequado em áreas não apropriadas, principalmente quando próximas a mananciais hídricos.

O objetivo de um programa de fertilização é a adição de quantidade suficiente de nutrientes para maximizar a produtividade das plantas, sem, contudo, haver perda de nutrientes, pois esta representa prejuízo econômico para os produtores, e, se em excesso, pode causar dano ao meio ambiente. Os produtores podem manipular variáveis relacionadas à aplicação de fertilizantes e à água para maximizar a absorção pelas plantas, ao mesmo tempo, minimizando econômica e ambientalmente as perdas de nutrientes. Método e época de aplicação podem variar, bem como a seleção da fonte do fertilizante. Uso eficiente na época correta é o objetivo das BPM, recomendadas por pesquisadores para a maioria das culturas em vários países, inclusive no Brasil.

Uma prática que pode aumentar a eficiência da fertilização nitrogenada envolve o uso de fertilizantes de liberação lenta, os quais liberam N durante um período de dias ou semanas. Três tipos de fertilizantes com liberação lenta de N são disponíveis: substâncias de baixa solubilidade que requerem decomposição, como uréia e seus derivados; fertilizantes solúveis encapsulados com materiais insolúveis;



e materiais moderadamente solúveis. Outras BPM envolvem o controle da quantidade e época de aplicação dos fertilizantes nitrogenados. É possível aplicar o fertilizante nitrogenado no momento em que a planta necessita, avaliando o seu estado nutricional pela análise foliar. Podem envolver também o manejo da água de irrigação. Práticas de irrigação podem aumentar o risco de perdas de nitratos móveis da zona das raízes. Técnicas que podem realizar a aplicação de água mais uniforme e eficiente podem ajudar a minimizar as perdas de nitrato. Por exemplo, a sistematização de terras pode resultar na aplicação mais uniforme da água e de fertilizantes (Thompson et al., 1996, citados por Pepper et al., 1996).

A prevenção de poluição dos mananciais hídricos por fosfatos também envolve a adoção de BPM como o uso de fontes de P menos solúveis e a aplicação de fosfatos em época adequada, em conjunto com a minimização de perdas de solo por erosão, com a implantação de sistemas conservacionistas.

O sucesso da implementação das opções mitigadoras da emissão de metano, em lavouras de arroz irrigado, dependerá da aceitação coletiva pelos produtores de arroz. Sass (2001) destaca que, para que isso ocorra, os resultados de pesquisa devem ser capazes de demonstrar que: (1) a produtividade de grãos não seria diminuída e poderia aumentar por uma prática de mitigação em particular; (2) a adoção das práticas recomendadas de mitigação pelos produtores viriam em benefício da melhor utilização da água, ou diminuição nos custos de produção; e (3) as cultivares de arroz as quais conduziriam a uma redução na emissão de metano seriam aquelas desejadas pelos consumidores locais.

Atividades integradas do setor público e privado têm atendido a demandas da sociedade relativas à maior rentabilidade da exploração orizícola, porém buscando índices mais elevados possíveis de segurança ambiental. Como boas práticas agrícolas (BPA), já recomendadas para a lavoura orizícola irrigada, e de medidas mitigadoras de impactos ambientais negativos, podem ser citados os seguintes exemplos:

- 1) Redução de 36 e 67% da dose registrada de inseticida líquido e granulado, registrados, respectivamente para o tratamento de sementes e aplicação na água de irrigação do arrozal, visando ao controle do gorgulho-aquático.
- 2) Manejo da água de irrigação e a capina mecânica, em lavouras de aproximadamente 30 ha, praticamente evitando o uso de herbicidas.



- 3) Uso de inoculantes à base de cianobactérias, associado ao emprego de adubos verdes poderá garantir o suprimento da fonte mineral para o arrozal.
- 4) Manejo da água para maior eficiência de herbicidas com menor toxicidade e redução da dose registrada.
- 5) Otimização de técnicas de aplicação aérea de agrotóxicos com máxima segurança do trabalhador e do ambiente.
- 6) Tríplice lavagem e destino de embalagens vazias de agrotóxicos para usinas de reciclagens credenciadas pelo Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Ministério da Saúde.
- 7) Práticas conservacionistas de manejo do solo, como a rotação de culturas apoiada no plantio direto, visando à eliminação ou mesmo redução do efeito de fatores de degradação física, química e biológica do solo. Dessa forma, os processos de biodegradação de agrotóxicos se intensificam e, conseqüentemente, diminui o risco de contaminação do solo e da água.
- 8) Cepas bacterianas degradadoras de agrotóxicos podem ser utilizadas para biorremediação de áreas contaminadas e como indicadores de AIA. Na coleção de bactérias degradadoras de agrotóxicos da Embrapa Clima Temperado (Mattos et al., 2000b) podem ser encontradas 40 cepas nativas identificadas bioquimicamente e molecularmente, isoladas de solos do agroecossistema de arroz irrigado.
- 9) Cultivo de arroz orgânico em áreas de risco de contaminação dos recursos hídricos, mitigando e proporcionando, ao mesmo tempo, a conquista de mercados especializados.

Além dessas medidas, novas diretrizes surgiram nesse contexto, como o licenciamento ambiental, sistemas de produção orgânica e integrada.

### **Licenciamento ambiental**

É o procedimento administrativo realizado pelo órgão ambiental competente, que pode ser federal, estadual ou municipal, para licenciar a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos que utilizam recursos naturais, ou que sejam potencialmente poluidores ou que possam causar degradação ambiental. O licenciamento é um dos instrumentos de gestão ambiental estabelecido pela lei Federal n.º 6938, de 31/08/81, também conhecida





como Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Em 1997, a Resolução nº 237 do CONAMA definiu as competências da União, estados e municípios e determinou que o licenciamento deverá ser sempre feito em um único nível de competência. No licenciamento ambiental são avaliados impactos causados pelo empreendimento, tais como: seu potencial ou sua capacidade de gerar líquidos poluentes (despejos e efluentes), resíduos sólidos, emissões atmosféricas, ruídos e o potencial de risco, como por exemplo, explosões e incêndios.

Cabe ressaltar que algumas atividades causam danos ao meio ambiente principalmente na sua instalação. É o caso da construção de estradas e hidrelétricas, por exemplo. É importante lembrar que as licenças ambientais estabelecem as condições para que a atividade ou o empreendimento cause o menor impacto possível ao meio ambiente. Por isso, qualquer alteração deve ser submetida a novo licenciamento, com a solicitação de Licença Prévia (Fundação Estadual de Proteção do Meio Ambiente, 2004).

O CONAMA, na resolução nº 237/97, e o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), na resolução nº 036/ 2003, regulamentaram o licenciamento ambiental para a atividade de irrigação. As instituições responsáveis pela concessão do licenciamento, no Estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, são a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e a Fundação de Trabalho em Meio Ambiente (FATMA), respectivamente. A partir de 2003, o licenciamento ambiental passou a ser exigido para o produtor orizícola dos dois estados.

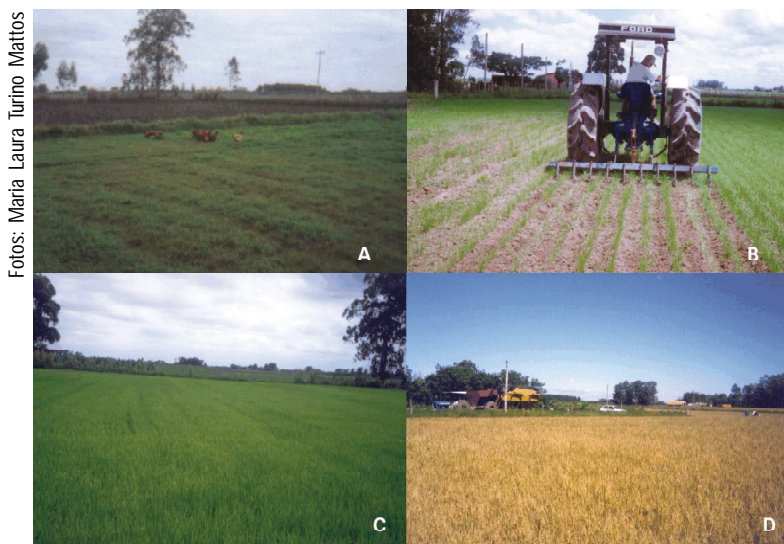
Vários estados brasileiros já sancionaram as leis que regulamentam a exploração dos recursos hídricos, como o Rio Grande do Sul, São Paulo, Ceará e Bahia (Zaffaroni & Tavares, 2004). Em Goiás, a instalação da Agência Goiana de Águas, em 2003, foi um dos mecanismos criados pelo governo estadual para estabelecer a política de recursos hídricos, como forma de manter o controle dos mananciais sob o domínio estadual e de desenvolver ações para garantir a preservação dos recursos hídricos.

### **Sistema de produção orgânica**

Em sistemas de produção orgânica, fatores de produção biofísicos estão intimamente relacionados com os fatores sócioeconômicos e institucionais. O termo orgânico refere-se a métodos de produção e processamento de alimentos que conservem os recursos naturais.



A Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, em parceria com a Epagri e a Associação dos Usuários do Perímetro de Irrigação do Arroio Duro (AUD), Camaquã, RS, está desenvolvendo o projeto “Alternativas Tecnológicas para Produção Orgânica de Arroz Irrigado no Sistema de Cultivo Convencional, no Rio Grande do Sul” (Fig. 25.18) (Mattos et al., 2004).



**Fig. 25.18.** Área de validação de sistema de produção orgânica de arroz irrigado, em pequena propriedade rural, em Camaquã, RS. (A) Coberturas vegetais de inverno; (B) Capina mecânica; (C) aspecto geral da lavoura; (D) colheita de arroz.

Na prática, arroz orgânico deve ser produzido e processado sem o uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos. Métodos biorracionais, como biológicos, mecânicos, resistência de plantas e outros, devem ser usados para o controle de pragas. O sistema de cultivo deve incluir a rotação de culturas, o uso de coberturas como fertilizante, uma densidade de semeadura e um manejo da água de irrigação voltados ao controle de plantas daninhas e outras pragas (Mattos et al., 2004).

Comparação econômica de sistemas de produção orgânico e químico de arroz irrigado, em área de validação, em propriedade rural, em Camaquã, RS, consta na Tabela 25.2. A menor rentabilidade relativa do sistema orgânico é decorrente da menor produtividade até então obtida e da falta de agregação de valor ao produto, mesmo que o custo de produção seja 32% inferior ao do sistema químico. No entanto, se o preço pago ao arroz químico e orgânico for diferenciado, agregando ao



arroz orgânico um valor 48% superior, como ocorreu na safra 2002/03, atingindo o preço de R\$ 67,00/saca de 50 kg, principalmente por se tratar de grão japonês, cultivar BRS Bojuru, a rentabilidade do sistema orgânico fica apenas 10% abaixo do sistema químico.

**Tabela 25.2.** Economicidade do sistema de produção orgânica de arroz irrigado comparada ao sistema de produção química. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2004

Sistema de Produção	Produtividade <sup>(1)</sup>		Custo de Produção		Rentabilidade (%) <sup>(2)</sup>	
	(kg ha <sup>-1</sup> )	(%)	(R\$)	(%)	A	B
Químico	6.500	100	1.008	100	100	100
Orgânico	3.740	58	695	69	55	90

<sup>(1)</sup> Maior produtividade obtida em área de validação, em propriedade rural (Camaquã, RS), por meio de sistemas de produção orgânica e química.

<sup>(2)</sup> Rentabilidade sem (A) e com agregação de valor ao arroz orgânico (B), sendo o preço da saca de 50 kg igual a R\$ 43,00 e R\$ 67,00, respectivamente.

A expectativa é de que, com o avanço das pesquisas, sejam liberadas tecnologias eficientes para o controle de plantas daninhas e para maior aporte de matéria orgânica ao solo, vitais para o aumento da produtividade do sistema orgânico. Além disso, a agregação de valor e a conquista de mercados especializados, são capazes de promover maior rentabilidade do sistema de produção orgânica, ultrapassando significativamente a do sistema de produção baseado na utilização de insumos químicos.

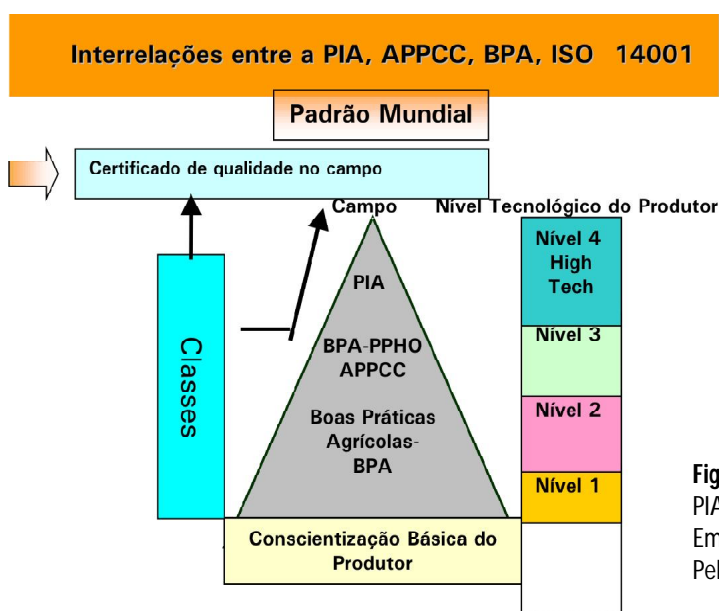
### Sistema de produção integrada

A sustentabilidade ambiental é uma das qualidades que o agronegócio brasileiro necessita para o aumento da competitividade do negócio orizícola. Nesse contexto, a Produção Integrada de Arroz (PIA), sistema de produção que gera alimentos e demais produtos de alta qualidade, mediante o uso de recursos naturais e regulação de mecanismos para a substituição de insumos poluentes, objetiva a garantia da sustentabilidade da produção agrícola e enfatiza o enfoque do sistema holístico, envolvendo a totalidade ambiental como unidade básica e o papel central do agroecossistema.

A PIA é uma das alternativas capazes de aumentar a competitividade da orizicultura no Brasil, rumo à qualidade certificada do arroz. Ao mesmo tempo, a PIA, além de minimizar os impactos ambientais negativos da lavoura orizícola, irá inserir, direta ou indiretamente, na cadeia



produtiva do arroz, vários processos de qualidade como ISO 14001 e 9001 (segurança ambiental), Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle = APPCC (segurança alimentar), Procedimentos Práticos de Higiene Ocupacional (PPHO), normalização, rotulagem, certificação ambiental, Boas Práticas Agrícolas (BPA), rastreabilidade e outros. A adesão dos produtores é voluntária. Ao enquadrar-se no Programa de Produção Integrada, a atividade orizícola se tornará ambientalmente correta e socialmente justa (Mattos, 2003). A Fig. 25.19 apresenta o esquema da PIA, em nível de campo, indicando que o produtor, ao atingir o nível tecnológico quatro, estará habilitado na PIA.



**Fig. 25.19.** Esquema da PIA no segmento campo. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Com a introdução do sistema de PIA, principalmente apoiada em princípios do MIP, serão reduzidas as aplicações de insumos químicos, passando a cultura a ser conduzida segundo normas que visam à produção com sustentabilidade ambiental. Para isso, faz-se necessário o acompanhamento da pesquisa e a participação de uma equipe multidisciplinar junto aos produtores, para o estabelecimento dos planos de gestão das propriedades, visando a assegurar o sucesso da proposta por meio da colocação em prática da norma de PIA por região, de modo a permitir a utilização de um selo de qualidade para o arroz produzido em várzeas e terras altas. O selo de qualidade no arroz permitirá a rastreabilidade do sistema de produção, facilitando a exportação e a aceitação pelo consumidor.



A Embrapa Clima Temperado é coordenadora da proposta de implementação da PIA no Brasil, junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: J. Wiley, 1961. 472 p.
- BOUWMAN, A. F. Global distribution of the major soils and land cover types. In: BOUWMAN, A. F. (Ed). **Soils and greenhouse effect**. Chichester: J. Wiley, 1990. p. 47-59.
- BYERS, M. E.; TYESS, D.; ANTONIOUS, G. F.; HILBORN, D.; JARRET, L. Monitoring herbicide leaching in sustainable vegetable culture using tension lysimeters. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 54, p. 848-854, June 1995.
- CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**: legislação referente à qualidade de águas. São Paulo, 1988. Anexo 1.
- CICERONE, R. J.; SHETTER, J. D.; DELWICHE, C. C. Seasonal variation of methane flux from a California rice paddy. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 88, n. NC15, p. 1022-1024, 1983.
- COLE, C. V; FLACH, K.; LEE, J.; SAUERECK, D.; STEWART, B. Agricultural sources and sinks of carbon. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 70, n. 1/4, p. 111-112, Oct. 1993.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 223 p.
- CONRAD, R. Control of methane production in terrestrial ecosystems. In: ANDREAE, M. O.; SCHIMMEL, D. S. (Ed.). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere**. New York: J. Wiley, 1989. p. 39-58.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classificação das águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 jul. 1986.
- COSTA, F. de S.; LIMA, M. A. de; BAYER, C.; FRIGHETTO, R. T. S.; BOHNEN, H.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Emissões de metano em lavoura de arroz irrigado por inundação no sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003. 1 CD-ROM.
- CUTRIGHT, T. J.; LEE, S. Remediation of PAH-contaminated soil using *Achromobacter sp.* **Energy Sources**, Akron, v. 16, n. 2, p. 279-287, Apr./June 1994.
- DESCHAMPS, F. C.; NOLDIN, J. A.; EBERHARDT, D. S.; KNOBLAUCH, R. A qualidade da água em áreas cultivadas com arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 700-702.
- DIAS, R. A.; MATTOS, M. L. T.; MARTINS, J. F. da S.; MELO, M. Assembléia de aves em área orizícola tratada com carbofuran. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 778-780.



DUAH-YENTUMI, S.; KUWATSUKA, S. Microbial degradation of benthocarb, MCPA and 2,4-D herbicides in perfused soils amended with organic matter and chemical fertilizers. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 28, n. 1, p. 19-26, 1982.

EL-NAGGAR, S. F. **Water solubility and octanol/water partition coefficient of FMC 57020**. Princeton: FMC Agricultural Chemical Group, 1983. 15 p. Relatório técnico.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima temperado: IRGA: EPAGRI, 1999. 124 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciencia: FINEP, 1988. 575 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Yield and yield components of lowland rice as influenced by timing of nitrogen fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 1, p. 23-32, 1999.

FAGERIA, N. K.; AIDAR, H.; BARBOSA FILHO, M. P. Solos de várzea. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 21-41.

FAO PRODUCTION YEARBOOK. Rome: FAO, v. 39, 1985.

FOX, J. I. Microbes pose problems for pesticides. **Science**, Washington, v. 9, n. 4615, p. 1029-1031, Sept. 1983.

FRIGHETTO, R. T. S. Impacto ambiental decorrente do uso de pesticidas agrícolas. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de (Ed.). **Microbiologia ambiental**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. p. 415-438.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Licenciamento ambiental**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 3 maio 2004.

FUNDAÇÃO O Boticário de Proteção à Natureza. **A estratégia global da biodiversidade**. Curitiba, 1999. 232 p.

GARAY, I. E. G.; DIAS, B. F. S. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes, 2001. 430 p.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A. (Ed.). **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 201 p.

HERMES, L. C.; NOLDIN, J. A.; FAY, E. F.; EBERHARDT, D. S.; ROSSI, M. A. Dissipação do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 685-688.

HURLE, K.; WALKER, A. Persistence and its prediction. In: HANCE, R. J. (Ed.). **Interactions between herbicides and the soil**. London: Academic Press, 1980. p. 83-122.



IPCC Climate change 1992: the IPCC supplementary report to the IPCC scientific assessment, supporting material, working group III, response strategies, subgroups. Geneva: AFOS: WMO: UNEP, 1992. p. 14-22.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Bracknell: WMO: UNEP, 1995. 3 v.

IRGA. **Informativo**. Porto Alegre, 2000. 4 p.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **The study on the environmental management of the hydrographic basin of Patos and Mirim Lakes in the Federative Republic of Brazil**. Tokyo, 2000. 396 p. Relatório técnico.

JONSSON, C. M.; MAIA, A. de H. N. Toxicidade dos herbicidas clomazone e quinclorac para o invertebrado aquático *Daphnia similis* na presença e ausência de sedimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p.145-153, jan./dez. 1999.

JONSSON, C. M.; TOLEDO, L. G.; BIELE, J. Efeito de três herbicidas usados em culturas de arroz irrigado sobre a mobilidade e crescimento de organismos aquáticos bioindicadores. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 538-541.

JOULIAN, C.; OLLIVIER, B.; NEÛE, H. U.; ROGER, P. A. Microbiological aspects of methane emission by a ricefield soil from the Camargue (France): 1. Methanogenesis and related microflora. **European Journal of Soil Biology**, New Jersey, v. 32, n. 2, p. 61-70, 1996.

KHALILI, A. El. **O potencial do novo mercado de commodities ambientais**. Disponível em: <<http://www.estado.com.br/ciencia/>>. Acesso em: 11 maio 2000.

KIRKWOOD, R. Use and mode of action of adjuvants for herbicides: a review of some current work. **Pesticide Science**, Oxford, v. 38, n. 2/3, p. 93-102, 1993.

LAUREN, J. G.; PETTYGROVE, G. S.; DUXBURY, J. M. Methane emissions associated with a green manure amendment to flooded rice in California. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 24, n. 2, p. 53-65, 1994.

LIMA, M. A.; NEVES, M. C.; PESSOA, M. C. P. Y.; HERMES, L. C. Estimativa de emissão de metano proveniente do cultivo de arroz inundado no estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997a. p. 565-568.

LIMA, M. A.; NEVES, M. C.; HERMES, L. C.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa de emissão de metano proveniente da cultura de arroz irrigado no estado de Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997b. p. 562-564.

LIMA, M. A.; VILELLA, O. V.; FRIGHETTO, R. T. S.; RACHMAN, M. A. L. Emissão de metano em área de cultivo de arroz irrigado inundado sob regime de água contínuo e intermitente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 741-743.

LUTZEMBERGER, J. LUTZ joga no time do arroz. **Planeta Arroz**, Cachoeira do Sul, p.12-13, abr. 2000.



MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; BOHNEN, H. Levantamento exploratório da composição química das águas utilizadas para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 793-795.

MARTINS, J. F. da S.; MATTOS, M. L. T.; CUNHA, U. S. da. Reduction of carbofuran insecticide dosage for *Oryzophagus oryzae* larval controlling and environmental impact evaluation in the flooded rice ecosystem. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21., 2000, Foz do Iguassu. **Anais...** Foz do Iguassu: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2000. 1 CD-ROM.

MARTINS, J. F. da S.; MATTOS, M. L. T.; CUNHA, U. S. da; SCHRÖDER, E. P. **Aperfeiçoamento do método para avaliação da deriva de inseticida granulado aplicado por via aérea em lavouras de arroz irrigado.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 85).

MATTOS, M. L. T. Arroz integrado. **Anuário Brasileiro do Arroz 2003**, Santa Cruz do Sul, p. 36-37, 2003.

MATTOS, M. L. T. Resíduos biodegradados. **Cultivar**, Pelotas, v. 3, n. 24, p. 22-23, jan. 2001.

MATTOS, M. L. T.; THOMAS, R. W. S. P. Degradation of the herbicide clomazone by *Pseudomonas fluorescens*. In: INTERNATIONAL BIODETERIORATION AND BIODEGRADATION SYMPOSIUM, 10., 1996, Hamburg. **Anais...** Hamburg: Dechema, 1996. p. 623-630.

MATTOS, M. L. T.; THOMAS, R. W. S. P.; PERALBA, M. C. R.; AYRES, S. S. Obtenção de bactérias degradadoras de herbicidas no sistema plantio direto de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 693-696.

MATTOS, M. L. T.; PERALBA, M. C. R.; CAMPOS, B. C.; THOMAS, R. W. S. P.; FREIRE, J. J.; DIAS, S. L. P.; OLIVEIRA, E. C.; SANTOS, F. O.; SANTOS, S. C. A. **Análise quanti e qualitativa da biodegradação do herbicida glifosate em solo e água de lavouras de arroz irrigado e soja do planalto médio e litoral do Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 2000a. 94 p. Relatório técnico.

MATTOS, M. L. T.; SANTOS, S. C. A.; SANTOS, F. O.; SANTOS, F. M.; MALÜK, L. S. Coleção de culturas de bactérias degradadoras de pesticidas da Embrapa Clima Temperado. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 3, n. 2, p. 261-268, 2000b.

MATTOS, M. L. T.; CASTRO, L. A. S.; ANDRES, A.; HERMES, L. C.; CHAIN, A.; ABAKERLI, R. B.; SOUZA, M. D.; NETO, L. M.; PERALBA, M. C. R.; THOMAS, R. W. S. P.; VIDAL, R.; NOLDIN, J. A. Environmental behavior of herbicides in irrigated rice in the "low lands" agroecosystem. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., 2000, Foz do Iguassu. **Resumos...** Foz do Iguassu: International Weed Science Society, 2000c. p. 239.

MATTOS, M. L. T.; MACHADO, M. I.; SANTOS, F. O.; MARTINS, F. S.; SANTOS, S. C. A. Microrganismos do solo envolvidos na degradação dos herbicidas clomazone e glifosate, em lavouras de arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. In: WORKSHOP SOBRE BIODEGRADAÇÃO, 2., 2001, Campinas. **Resumos...** Campinas: EMBRAPA-CNPMA, 2001. p. 361-364.





MATTOS, M. L. T.; SANTOS, S. C. A.; SANTOS, F. O.; SANTOS, F. M. Diversidade bacteriana em solos hidromórficos do ecossistema terras baixas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003a. 1 CD-ROM.

MATTOS, M. L. T.; DESCHAMPS, F. C.; PETRINI, J. A. Monitoramento ambiental de pesticidas em águas de lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003b. p. 697-699.

MATTOS, M. L. T.; MARTINS, J. F. da S.; FRANCO, D. F.; MADAIL, J. C. M.; VENDRUSCULO, J. L. S.; SCIVITTARO, W. B. Nicho de mercado. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 4, n. 60, p. 36-38, abr. 2004.

MELO, M.; MATTOS, M. L. T.; MARTINS, J. F. da S.; DIAS, R. A. Fauna aquática em área tratada com carbofuran em ecossistema de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 796-797.

MOUSUMECI, M. R. Defensivos agrícolas e suas interações com a microbiota do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N. (Ed.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. 360 p.

NEILSON, A. H. **Organic chemicals in the aquatic environment: distribution, persistence, and toxicity**. Boca Raton: Lewis, 1994. 438 p.

NEÜE, H. U. Agronomic practices affecting methane fluxes from rice cultivation. In: OJIMA, D. S.; STEVENSSON B. H. (Ed.). **Trace gas exchange in a global perspective**. Copenhagen: Blackwell, 1992. p. 174-182. (Ecology Bulletin, 42).

NEÜE, H. U.; ROGER, P. A. Potential of methane emission in major rice ecologies. In: ZEPP, R. G. (Ed.). **Climate biosphere interaction: biogenic emission and environmental effects of climate change**. New York: J. Wiley, 1994. p. 65-93.

NEÜE, H. U.; LANTIN, R. S.; WASSMANN, J. B.; ADUNA, M. C. R.; ANDALES, M. J. F. Methane emission from rice soils of the Philippines. In: MINAMI, K.; MOSIER, A.; SASS, R. (Ed.). **CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O: global emissions and controls from rice fields and other agricultural and industrial sources**. Tokyo: Yokendo, 1994. 234 p.

NOLDIN, J. A.; HERMES, L. C.; ROSSI, M. A.; FERRACINI, V. L. Persistência do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 363-368.

NOLDIN, J. A.; MATTOS, M. L. T.; DESCHAMPS, F. C.; EBERHARDT, D. S.; KNOBLAUCH, R.; PERALBA, M. C.; PETRINI, J. A.; HERMES, L. C.; CHARRID JUNIOR, R. **Qualidade ambiental do ecossistema arroz irrigado**. Itajaí: FUNDAGRO: EPAGRI: EMBRAPA-CPACT, 1999. 43 p. Relatório de projeto.

PEPPER, I. L.; GERBA, C. P.; BRUSSEAU, M. L. (Ed.). **Pollution science**. London: Academic Press, 1996. 397 p.

PILLON, C. N. **Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo introduzidas por sistemas de cultura em plantio direto**. 2000. 232 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



PINGALI, P. L.; ROGER, P. A. (Ed.). **Impact of pesticides on farmer health and the rice environmental**. Manila: IRRI, 1995. 664 p. (Natural Resource Management and Policy).

PINHEIRO, M. S. **Conservação, manejo e utilização comercial dos crocodilianos com ênfase para o Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 86 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 71).

PINHEIRO, M. S.; SILVA, J. J. C.; RODRIGUES, R. C. **Utilização sustentável e domesticação da capivara**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 86 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 31).

QURESHI, F. A. **Herbicide carry-over**. Alberta: Alberta Environmental Centre Vegreville, 1987. 31 p. Relatório técnico.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; PRABHU, A. S. Rice ratooning management practices for higher yields. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 5/6, p. 881-918, May/June 2003.

SASS, R. L. Factors in the production, emission and mitigation of methane from rice fields. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. p. 157-179.

SASS, R. L.; FISHER, F. M.; HARCOCMBE, P. A.; TURNER, F. T. Mitigation of methane emissions from rice fields: possible adverse effects of incorporated rice straw. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 5, n. 3, p. 275-287, Sept. 1991.

SASS, R. L.; FISHER, F. M.; WANG, Y. B.; TURNER, F. T.; JUND, M. F. Methane emission from rice fields: the effect of floodwater management. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 6, n. 3, p. 249-262, Sept. 1992.

SASS, R. L.; FISHER, F. M.; LEWIS, S. T.; TURNER, F. T.; JUND, M. F. Methane emission from rice fields: effect of soil properties. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 8, n. 2, p. 135-140, June 1994.

SCHÜTZ, H.; HOLZAPFEL-PSCHORN, R.; CONRAD, R.; RENNENBERG, H.; SEILER, W. A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 94, n. D13, p. 16405-16416, Nov. 1989.

SHEA, P. J. Detoxification of herbicide residues in soil. **Weed Science**, Champaign, v. 33, n. 2, p. 33-41, 1985. Suplemento.

SHEETS, T. J.; HARRIS, C. I.; KAUFMAN, D. D.; KEARNEY, P. C. Fate of herbicides in soils. **Proceedings of the North East Weed Control Conference**, Maryland, v.18, p.21-31, 1964.

SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos**: aspectos legais, econômicos e sociais. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

TAUK, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. **Análise ambiental**: uma visão multidisciplinar. São Paulo: FAPESP: SRT: FUNDUNESP, 1991. 169 p.

TÉCNICOS definem etapas de projeto para conhecimento e proteção do aquífero guarani - mensagem em lista de discussão. Disponível em: <pesquisagro@sede.embrapa.br>. Acesso em: 28 ago. 2000.



TOLEDO, L. G.; JONSSON, C. M.; STUMPF JUNIOR, W. Estudo da qualidade da água em culturas de arroz irrigado com aplicação de herbicidas. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p. 552-555.

ZAFFARONI, E.; TAVARES, V. E. **O licenciamento ambiental dos produtores de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, Brasil**: AGROverde documentos.

Disponível em: <<http://www.ambiental.net/agroverde/LicenciaAmbientalArroz>>.

Acesso em: 6 fev. 2004.

WOLFE, R. S. Methanogens: a surprising microbial group. **Antonie Van Leeuwenhoek**, Delft, v. 45, n, 3, p. 353-364, 1979.



# Mercado e Comercialização

*Carlos Magri Ferreira; Paulo Morceli*

**RESUMO** - O processo de comercialização de produtos agrícolas no Brasil sofreu modificações devido à influência e interação dos fatores políticos, institucionais e tecnológicos. Destacam-se os efeitos da globalização da economia, da abordagem da agricultura sob o conceito de cadeia produtiva e mudanças nos canais de comercialização. Destarte, o objetivo deste capítulo é abordar alguns conceitos teóricos utilizados na comercialização agrícola e discutir os efeitos sobre a rizicultura brasileira. Alguns impactos observados foram a redução dos preços e das margens de comercialização, simplificação dos canais de comercialização, estabilidade da produção, alteração no nível de consumo e na exigência da qualidade.

## INTRODUÇÃO

A comercialização tem sido usualmente definida como um conjunto de atividades, bens e serviços para que um produto seja transferido do local de produção para o consumidor final. Nesse processo, o produto sofre alterações quanto à forma de apresentação, espaço, tempo e posse nos três níveis de mercado; produtor, atacadista e varejista. Cada um desses níveis é afetado por inúmeras variáveis, tornando o fluxo complexo.

São os preços que criam e resolvem os conflitos ao longo da cadeia produtiva, sendo o fator que coordena o mercado. Por isso, muitas vezes é visto como o determinante maior do processo produtivo. No entanto, ele é o resultado de várias outras situações, como será mostrado posteriormente.

O movimento mundial de abertura econômica do comércio internacional, acompanhado de novas tecnologias relacionadas à informação eletrônica, que proporcionou uma nova comunicação para fins comerciais, modificaram o processo de comercialização de produtos agrícolas. No Brasil, o sistema de comercialização também sofreu modificações devido às mudanças relacionadas com: a) forte introdução do conceito de cadeia produtiva, que levou a considerar as relações entre seus elos, com destaque pelo interesse em atender às exigências dos consumidores, que passaram a ter maior influência no direcionamento do processo produtivo; b) mudanças de comportamento e atuação do governo no processo produtivo e de comercialização, com menor interferência, atuando mais como suporte



do que com ações diretas; c) mudanças nos canais de comercialização, com os beneficiadores vendendo diretamente ao varejo, diminuindo a cadeia de intermediários. Essas modificações melhoraram a estrutura do mercado e dos canais de comercialização, tornando-os mais eficientes sob o ponto de vista econômico.

No caso do arroz, além dessas questões gerais, ocorreu ainda uma mudança no perfil empresarial da agroindústria, que passou a utilizar máquinas e equipamentos de alta tecnologia e com profissionalização no sistema de gestão. Essa sofisticação permitiu selecionar o produto grão a grão. Este é um período de transição, em que o arroz passa de um produto ofertado sem maiores preocupações a um produto demandado com certos padrões de exigência. Deixa de ser um produto agrícola beneficiado para ser, efetivamente, um alimento com todas as exigências de qualidade. Outra transformação está relacionada com a quebra do paradigma de que há mercado para arroz sem qualidade pelo fato de ser um produto associado às necessidades básicas das populações mais carentes.

A seguir faz-se uma breve revisão sobre alguns conceitos teóricos que ajudam o entendimento do assunto, traçando um diagnóstico sucinto em que se analisam alguns aspectos mais relevantes na comercialização do arroz, levando em conta o ambiente institucional, leis, normas e outros serviços, como o ambiente organizacional, instituições de governo, de crédito, outras.

## CONCEITOS TEÓRICOS

A estrutura do mercado de qualquer produto agrícola abrange elementos estratégicos, como maturidade da indústria, participação governamental, diferenciação do produto, distribuição, números de compradores e vendedores, barreiras à entrada, integração vertical e economia de escala, que influenciam e são influenciados pela conduta e pelo desempenho da firma no mercado em que opera (Marques & Aguiar, 1993). Barros (1987) define a conduta de mercado como os padrões de comportamento seguidos pelas empresas no processo de ajustamento aos mercados nos quais compram e vendem. Dentre os fatores importantes que se destacam na conduta o autor cita: métodos empregados pela firma para determinar o preço e fixação do volume de produção; políticas de planificação e aprimoramento do produto; políticas de promoção de vendas; meios utilizados para a adaptação às políticas de preços, produção e de promoção de firmas concorrentes; presença ou ausência de tática, visando a eliminar ou dificultar a entrada de novas firmas.



A conduta das firmas nos negócios determina a eficiência de mercado, que é aferida pelo custo no qual a produção é transferida até os consumidores finais. A eficiência pode ser verificada, dentre outros fatores, com a capacidade de abastecer centros consumidores em quantidade e qualidade demandada, estabilidade do fluxo, preços e margens de comercialização.

Os preços têm sido considerados como parâmetros de maior peso na definição da produção e comercialização de produtos agrícolas, sendo um vetor em função de uma série de variáveis. Partindo dessas premissas, torna-se imperioso tentar entender quais são essas variáveis e como influenciam esse processo. Neste trabalho, considera-se que as variáveis mais concernentes com o preço do arroz são o consumo, as políticas e o processo de comercialização (Fig. 26.1). Cada uma dessas variáveis é impactada por uma série de outros fatores, por exemplo: o consumo depende dos aspectos culturais e da renda da população (a elasticidade renda do arroz é 0,014, ou seja, quando a renda aumenta 1% a demanda cresce 0,014%) (Hoffmann, 2000); a oferta depende da renda do produtor, do crédito, da tecnologia disponível, do clima e das políticas internacionais e nacionais tanto as macroeconômicas como a agrícola, preços mínimos, formação do estoque do governo, etc.

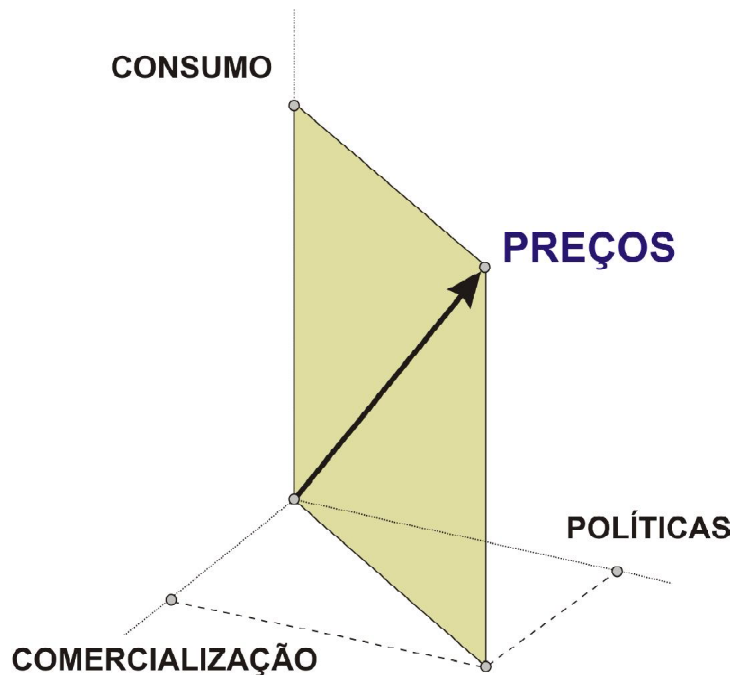


Fig. 26.1. Formação de preços de produtos agrícolas.



Durante o processo de comercialização, o produto sofre alteração de espaço, primeiro da lavoura para o armazém, depois para a agroindústria, em seguida para o atacadista ou diretamente para o varejista. Portanto, o arroz muda de posse várias vezes durante o processo de comercialização, sendo raros os casos em que uma empresa fecha o ciclo sozinha. O componente tempo é importante para o cereal, porque sua colheita é concentrada em uma época determinada e o consumo se dá ao longo do ano. Além disso, por ser um produto básico, sempre deve haver estoques disponíveis, sendo desejável que o governo tenha algum volume para fazer frente a situações conjunturais emergenciais. Um desafio para o arroz é quanto à forma de apresentação. O arroz passa, basicamente, pelos processos de descascamento e polimento, sendo consumido, tradicionalmente, na forma de grãos polidos. No entanto, a cadeia deve preocupar-se em oferecer formas de apresentação alternativas, agregar valor a determinados produtos, incentivar usos diferenciados e oferecer tipos especiais para nichos de mercado.

## PRODUÇÃO

A produção de arroz é amplamente dispersa em todo o território nacional. Em algumas regiões o arroz é o produto mais importante, como, por exemplo, em Uruguaiana, no Rio Grande do Sul. Em outras, como Sinop, no Mato Grosso, mesmo não sendo o mais importante, tem papel fundamental na economia. Em algumas regiões, como algumas cidades do interior do Maranhão, o cultivo do arroz é uma atividade que garante a ocupação e sobrevivência de várias famílias. Assim, o peso econômico e social dessa cultura é regionalizado nas microrregiões dos Estados e o grau de importância é influenciado pelas condições ambientais e tradições locais. Essas diferenças também determinam o tipo e quantidade consumida e o mecanismo de comercialização.

Além dessas questões conjunturais, a orizicultura nacional sofreu outras modificações, com destaque para o deslocamento do principal centro produtor da região central do Brasil para o Rio Grande do Sul. Essa transformação foi acompanhada pela mudança da preferência do consumidor que, em meados da década de 70, consumia o arroz tipo longo, produzido no sistema de terras altas, principalmente nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás e, após, passou a preferir arroz tipo longo fino, também chamado de "agulhinha", produzido nas lavouras irrigadas do sul. Essa transformação refletiu-se na cotação do arroz irrigado e redução da área e produção do arroz de terras altas, da classe longo.



## CANAIS DE COMERCIALIZAÇÃO

Segundo Smith (1993), de 1930 a 1950 a comercialização do arroz foi centralizada e oligopsônica, ou seja, realizada com apenas reduzido número de compradores. Para Junqueira et al. (1968), no período de 1950 a 1965 os compradores locais operavam em oligopsônio e havia problemas de transporte, ocorrendo freqüentes aviltamentos nos preços. De acordo com Smith (1993), entre 1950 e 1967 ocorreu a quebra do sistema oligopolizado e redução das margens de comercialização. Os anos 70, período marcado pela expansão da fronteira agrícola dos Cerrados e quando o arroz de terras altas desempenhou importante papel, foram marcados pela instabilidade na produção e nos preços. O arroz irrigado desempenhava a função de suprir os déficits.

Antes dos anos 70 a comercialização do arroz era praticada por “atravessadores”, que possuíam caminhões, escritórios ou agenciadores em regiões estratégicas e compravam arroz dos produtores em pequenas quantidades, formavam um volume maior e vendiam aos atacadistas. Estes, por sua vez, vendiam o produto para os beneficiadores que armazenavam, processavam, embalavam e distribuíam o arroz beneficiado para os varejistas ou para grandes atacadistas. Os pontos de vendas do varejo eram formados por supermercados, feiras livres, armazéns de secos e molhados, entre outros. Era comum, nesse período, a comercialização do arroz a granel, comprado por quilo. A partir de então ocorrem modificações importantes no sistema de comercialização, com o produtor vendendo diretamente à indústria e esta colocando o produto diretamente à disposição do varejo. É, de certa forma, atenuada a ação dos “atravessadores”, que perderam sua importância junto aos produtores, e dos atacadistas, que minimizaram sua atuação na ligação entre a indústria e o varejo (Ferreira & Yokoyama, 1999).

Concomitantemente, ocorreram mudanças no perfil do mercado varejista, com destaque para o crescimento das grandes unidades, como os super e hipermercados, que passaram a dominar a distribuição e comercialização de produtos alimentícios. De acordo com Tsunehiro et al. (1996), houve um desenvolvimento acelerado do comércio na forma de auto-serviços, que passou do binômio “balconista-consumidor” para o “mercadoria-consumidor”. Atualmente esse tipo de estabelecimento é encontrado em praticamente todas as cidades, independente da localidade e tamanho da população. Com isso, ocorreu um aumento da participação de marcas comerciais no mercado.





Silva (1996) verificou que essas mudanças contribuíram para reduzir o número de agentes intermediários no processo de distribuição dos produtos agrícolas. Outra consequência foi que, em busca de maior competitividade, os varejistas modernizaram os pontos de vendas, induziram os fornecedores a criarem alternativas de apresentação do produto e, sobretudo, passaram a oferecer produtos com melhor qualidade, o que demandou mais e melhores serviços na intermediação e preparação do produto.

Necessitando de maiores volumes e mais agilidade, as empresas utilizavam os corretores de cereais, que tinham a função de localizar e facilitar a negociação entre indústrias e detentores de maior quantidade de arroz. Com a ausência do atravessador, as indústrias passaram a comprar diretamente dos produtores, aumentando as chances por melhores preços.

### **Participação do Governo**

O arroz faz parte da pauta da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) desde 1951. A PGPM tem dois instrumentos básicos: o Empréstimo do Governo Federal (EGF) e a Aquisição do Governo Federal (AGF). Através do EGF, o governo financia a estocagem da produção de modo a que a oferta, ao invés de ser concentrada quando da colheita, passa a ser distribuída ao longo do ano. No EGF, o produtor tem, se contratado com a opção de venda, possibilidade de entregar o produto para o governo, caso o preço de mercado esteja abaixo do preço mínimo fixado anualmente. Já o AGF é o instrumento em que o produtor vende diretamente sua produção ao governo, também na hipótese de os preços de mercado estarem abaixo do preço mínimo fixado.

A execução desses dois instrumentos é passiva, ou seja, a decisão de utilizá-los é do produtor. Para tanto, ele deve colocar o produto estocado em um armazém credenciado, obter a documentação de depósito e de classificação e entregá-los na agência do Banco do Brasil S/A na praça que jurisdiciona a sua propriedade, sendo que daí é feito a AGF ou o EGF e liberados os recursos correspondentes. Se for um EGF com opção de venda, na data do vencimento o produtor verifica os preços de mercado e, se estiverem melhores que os custos do financiamento, paga o empréstimo, retira a mercadoria e vende no mercado; caso contrário, a posse do produto é transferida para o governo, que quita a dívida do produtor junto ao Banco.



Esses instrumentos foram muito utilizados na década de 80, especialmente para o arroz de terras altas em Goiás e Mato Grosso, como suporte à abertura de área na fronteira agrícola. Na ocasião, como a colonização foi feita por pequenos produtores, que tinham na produção de arroz a única fonte de receita, e sendo na época as condições de armazenagem e escoamento extremamente precárias, se não fossem as compras executadas pela então Companhia de Financiamento da Produção (CFP), hoje Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), é possível que as condições de produção, especialmente do Mato Grosso, fossem outras. A título de exemplo, cita-se o período de 1985 a 1988, em que foram adquiridas 8,4 milhões de toneladas de arroz, sendo que em 1987, ano em que houve maior volume de compras, os produtores de Goiás venderam ao governo 904,8 mil toneladas, seguidos do Mato Grosso, com 840,8 mil toneladas, e do Rio Grande do Sul, com 282,5 mil toneladas. No período compreendido entre os anos de 1975 e 2002, o Governo Federal adquiriu o total de 19,4 milhões de toneladas, computando as operações realizadas em todos os Estados da Federação. Considerando o período de 1975 a 2003, foram comercializadas 20,3 milhões de toneladas de arroz em casca. A diferença entre as aquisições e vendas deve-se ao fato de que, nas vendas, consta produto importado. O ano de 1996 foi quando se fez um maior volume de vendas, com o total de 2,2 milhões de toneladas.

Com o passar dos anos, e em função de mudanças na condução da política econômica, em especial a financeira e a agrícola, os instrumentos da PGPM foram perdendo sua eficácia, sendo paulatinamente ajustados ou substituídos. A não seletividade do AGF, que atinge a todos os produtores indistintamente, e a dificuldade em gerir os estoques têm sido os principais problemas detectados. A falta de seletividade faz com que, se o preço mínimo não for muito bem calibrado, o governo possa, por exemplo, ser obrigado a adquirir e estocar produto nacional enquanto o mercado se abastece com produto importado, quando o produto nacional está gravoso. Nesse caso, a alternativa adotada em 1997 foi a criação do Contrato de Opção de Venda, em que o produtor, para beneficiar-se do instrumento, deve participar de um leilão, *a priori*, pagando um prêmio. Como o lançamento das opções só ocorre em momentos em que o mercado precisa de apoio governamental, até agora, só ocorreram nos anos de 1999, com 411,0 mil toneladas; 2000, com 767,0 mil toneladas; e 2002, com 4,7 mil toneladas. O produto adquirido transforma-se em estoques públicos, que ficam armazenados até surgir a oportunidade de venda. Normalmente, o governo coloca seu produto no mercado quando os



preços estão em patamares que dificultam o abastecimento normal. Esses estoques foram utilizados, em muitos casos, como instrumento para forçar a baixa de preços em épocas de inflação elevada. O “termômetro” que identifica o momento de venda dos estoques é o Preço de Liberação de Estoques (PLE), calculado em função de médias móveis dos preços praticados na praça de São Paulo (SP).

A questão da gestão dos estoques públicos diz respeito à necessidade de acompanhar e fiscalizar os produtos estocados para evitar descaminhos. Nesse caso específico, a partir de maio de 1994 a Conab passou a fiscalizar seus estoques pelo menos a cada dois meses, sendo que os problemas com qualidade e quantidade da mercadoria estocada caiu de forma substancial. Até então essa responsabilidade era do Banco do Brasil S/A, na qualidade de executor da PGPM em nome do governo.

Outro grande viés da condução da PGPM diz respeito à dificuldade de administrar esses estoques em termos de separação por qualidade. O arroz é um produto que exige grandes detalhes em sua comercialização, pois são relevantes as questões de cultivar, tipo e rendimento de grãos inteiros. Como o governo trabalha na maioria das vezes com grandes estoques, em situação de escassez de armazéns havia uma total perda de identidade do produto e as vendas eram feitas basicamente sem respeitar esses parâmetros de qualidade. Esse fato fez com que surgisse a idéia de que os estoques públicos eram de qualidade inferior e que mereciam deságios de preços. É certo que sempre existia o interesse do comprador em depreciar o produto para obtê-lo por preços menores.

### Qualidade do grão

A consolidação da preferência pelo arroz “agulhinha” levou a pesquisa a modificar o tipo de grão tradicional do arroz de terras altas. Esse tipo de planta e grão começou a ter algum sucesso a partir de meados da década de 90, quando, por questões estratégicas, passou a denominar o arroz de terras altas. O panorama atual do mercado brasileiro pode ser resumido da seguinte forma: tomando por base os dados da Conab da safra 2002/03, o consumo humano de arroz foi estimado em 8,0 milhões de toneladas de produto beneficiado. Considerando-se a população estimada pelo IBGE em 176,9 milhões de habitantes, tem-se o consumo *per capita* de 45,2 kg habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, ou, ainda, 124 g habitante<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Aproximadamente 53% do produto comercializado é oriundo de sistemas irrigados, 34% de terras altas e os 13% restante de produto irrigado importado.



## Processamento dos grãos

De acordo com Ferreira & Méndez del Villar (2003), os efeitos da globalização e do neoliberalismo foram negativos para a situação financeira do setor agroindustrial do arroz, provocaram a eliminação de muitas empresas e acentuaram o processo de concentração do capital industrial no Estado do Rio Grande do Sul. Quase todos os engenhos que se encontravam fora das grandes zonas de produção foram fechados, em razão dos diferenciais de frete que, no caso do arroz, é alto, devido ao pouco valor agregado. Foram também eliminadas aquelas empresas que operavam com reduzidas escalas de produção industrial. Um terceiro fator a ser considerado foi a agressividade comercial das marcas líderes sobre os mercados regionais. Nesse aspecto, ressalta-se a diferença entre as indústrias do sul do país e as da região central. Estas últimas não se preocupavam em abrir mercados com suas marcas comerciais nos grandes centros consumidores. Outros fatores favoráveis à concentração foram: a) o aumento da competitividade gerado pela consolidação do Mercosul; b) a abertura dos mercados regionais no início da década de 1990; c) a redução das margens de lucratividade médias no fim dos anos 1980. Após essa série de transformações econômicas, somente as grandes indústrias estavam em condições de incrementar seu desenvolvimento.

Segundo Ferreira & Yokoyama (1999), o fechamento progressivo dos pequenos e médios engenhos na Região Centro-Oeste deveu-se, dentre outros, aos seguintes fatores: a) preferência crescente do arroz longo fino no mercado, característica que na época era primazia do arroz irrigado produzido no sul do país; b) o arroz de terras altas apresentava baixo rendimento industrial e qualidade fora do novo padrão de exigência do consumidor do arroz de sequeiro; c) fortes flutuações da produção do arroz de terras altas; d) elevadas alíquotas do ICMS praticadas pelos governos estaduais; e) baixo nível de gestão e gerenciamento da agroindústria arroseira na região, inadequada às novas tendências da economia e do mercado.

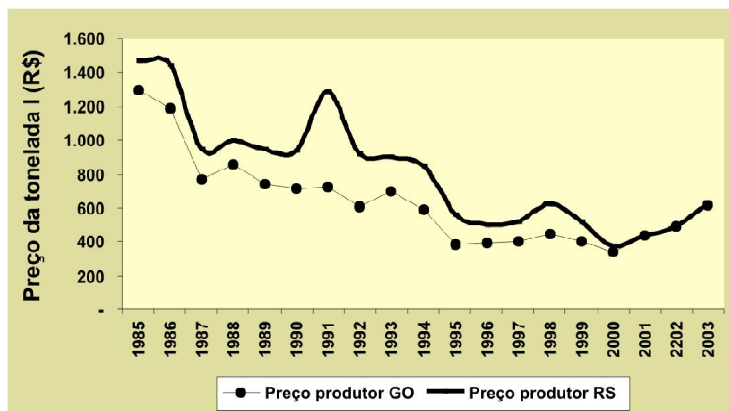
## Conseqüências e determinantes do atual processo de comercialização

### Preços

Observa-se na Fig. 26.2 que o comportamento da média anual dos preços do arroz de terras altas e irrigado, no período de 1995 a 2003, é semelhante, com exceção do ano de 1991. A partir de meados da década de 90, a diferença começa a se reduzir e, a partir de 2000, os



preços são praticamente iguais. De 1985 a 1999 a tendência foi de diminuição dos preços e, a partir de 2000, torna-se ascendente.



**Fig. 26.2.** Preços médios anuais, por tonelada, pagos aos produtores dos Estados de Goiás e do Rio Grande do Sul, no período de 1985 a 2003\*. Valores em Reais, deflacionados para setembro de 2003.

\* Até o mês de setembro.

Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).

### Margens de comercialização

Margens de comercialização são os lucros ou prejuízos dos intermediários, somados às despesas cobradas aos consumidores pela realização das próprias atividades e daquelas ligadas ao transporte, armazenamento e processamento. As margens utilizadas são: a margem total (MT), margem total relativa (MTr), margem absoluta do varejo (Mv), margem relativa do varejo (Mvr), margem absoluta do atacado (Ma) e margem relativa do atacado (Mar). São apresentadas tanto em valor absoluto ou, percentualmente, como proporção do preço no varejo. Assim, fornecem o valor, ou proporção, que os consumidores pagam pelos serviços de intermediação. Estas margens podem ser calculadas pelas seguintes equações:

$$MT = P_v - P_p$$

$$MTr = \frac{(P_v - P_p)}{P_v}$$



$$Mv = Pv - Pa$$

$$Mvr = \frac{(Pv - Pa)}{Pv}$$

$$Ma = Pa - Pp$$

$$Mar = \frac{(Pa - Pp)}{Pv}$$

em que

Pv = preço varejo

Pp = preço pago ao produtor pela quantidade equivalente na fazenda

Pa = preço no atacado da quantidade equivalente à unidade vendida no varejo

Na economia da comercialização agrícola, a margem de comercialização é um referencial teórico apropriado para estudar como determinados fatores podem causar alterações nos preços de um produto, ou seja, como os choques são transmitidos aos demais níveis de mercado. Portanto, a margem de comercialização, além de permitir a avaliação de choque na oferta e demanda de produtos, também oferece a possibilidade de compreender a influência dos insumos de mercado. Outra importante inferência que se pode derivar do estudo das margens de comercialização é a análise da eficiência dos mercados na cadeia produtiva do produto. Alterações nas margens de comercialização podem estar relacionadas com alterações de preços dos insumos de comercialização e/ou aumento da margem de lucro.

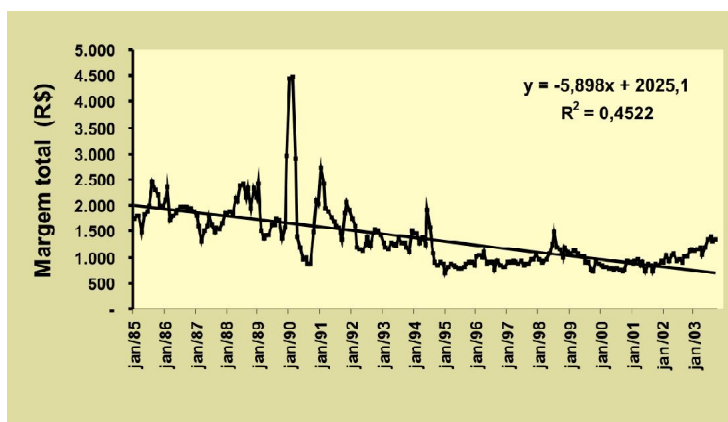
Vale ressaltar que a variação dos custos dos insumos de comercialização pode estar relacionada com o comportamento estacional dos preços dos insumos ou com a melhoria do produto final, via introdução de novos processos ou serviços. Pode, ainda, refletir efeitos de políticas implementadas.

Para calcular a margem de comercialização não basta fazer uma simples operação de subtração do preço de varejo do preço pago ao produtor. É necessário rastrear o caminho percorrido pela matéria-prima até o consumidor final, ou seja, conhecer a origem, as transações entre intermediários, o tempo de armazenamento e, ainda, as unidades equivalentes entre níveis de mercado. No caminho percorrido pelos



produtos agrícolas da unidade de produção até o consumidor final podem ocorrer perdas ou geração de subprodutos. Dessa forma, a quantidade do produto que sai num determinado nível de mercado pode não ser igual a que entrou. A correção dessas quantidades para fins comparativos é feita usando o conceito de unidades equivalentes. Devido às dificuldades para determinar as perdas e o rendimento industrial do arroz, que variam bastante com a época, origem, tempo de armazenamento, condições climáticas na colheita e outros fatores, no cálculo das margens apresentadas a seguir não foram consideradas as unidades equivalentes. Assim, o que interessa nos resultados apresentados não é o valor das margens, mas o comportamento ao longo do tempo.

No período considerado, janeiro de 1985 a setembro de 2003, as margens absolutas apresentaram tendência decrescente (Fig. 26.3, 26.5 e 26.7). Isso significa que, em valores reais o consumidor pagou menos pelos serviços de comercialização. As margens total relativa e relativa do atacado apresentaram tendência crescente, sendo, a última, com maior intensidade (Fig. 26.4 e 26.8). Não foram detalhados os custos de intermediação e, sendo assim, não é possível afirmar com segurança qual foi a causa do aumento da margem. Parece, porém, que o crescimento da margem está relacionado com a melhoria de qualidade do produto e de serviços oferecidos pelo setor. A tendência da margem relativa do varejo é estável (Fig. 26.6).

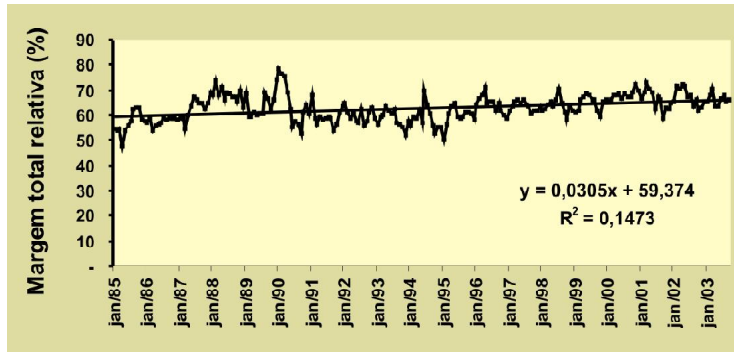


994

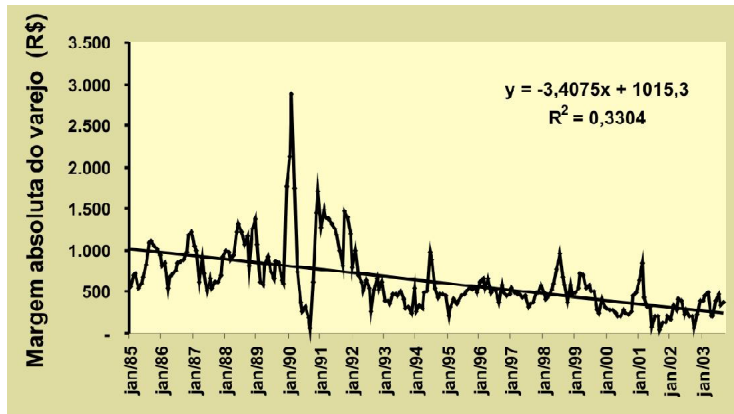
**Fig. 26.3.** Margem total considerando os preços pagos, por tonelada de arroz, aos produtores do Estado do Rio Grande do Sul e os preços do mercado varejista de São Paulo. Valores deflacionados para setembro de 2003.

Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).

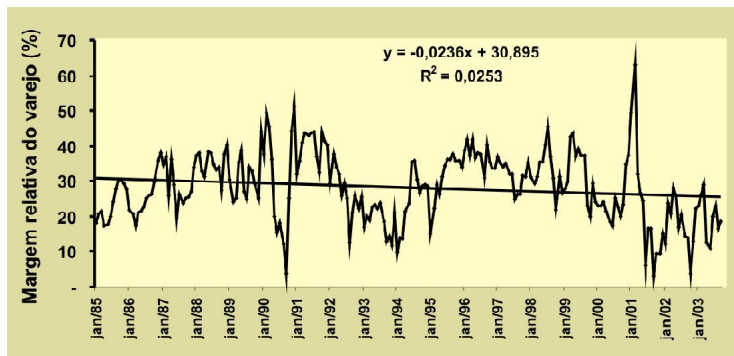




**Fig. 26.4.** Margem total relativa considerando os preços pagos, por tonelada de arroz, aos produtores do Estado do Rio Grande do Sul e os preços do mercado varejista de São Paulo.  
Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).



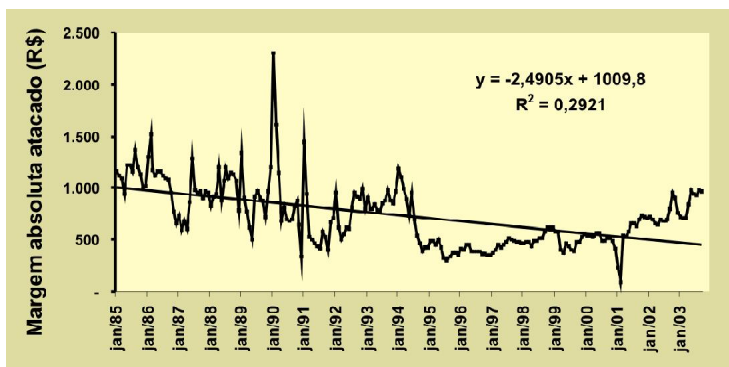
**Fig. 26.5.** Margem absoluta do varejo considerando os preços pagos, por tonelada de arroz, nos mercados atacadista e varejista de São Paulo. Valores deflacionados para setembro de 2003.  
Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).



**Fig. 26.6.** Margem relativa do varejo, considerando os preços pagos, por tonelada de arroz, nos mercados atacadista e varejista de São Paulo.  
Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).

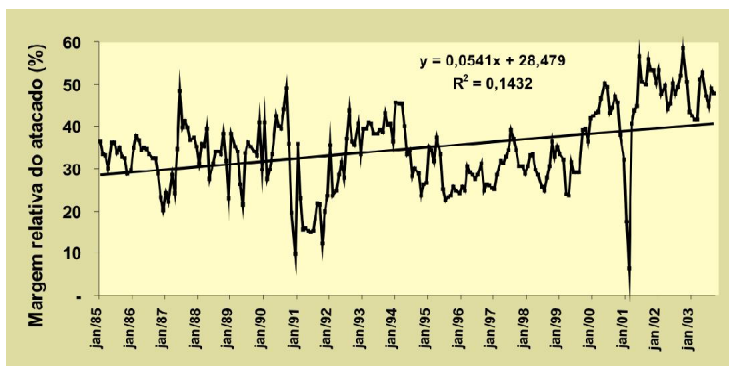






**Fig. 26.7.** Margem absoluta do atacado, considerando os preços pagos, por tonelada de arroz, aos produtores do Estado do Rio Grande do Sul e os preços do mercado atacadista de São Paulo. Valores deflacionados para setembro de 2003.

Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).



**Fig. 26.8.** Margem relativa do atacado considerando os preços pagos, por tonelada de arroz, aos produtores do Estado do Rio Grande do Sul e os preços dos mercados varejista e atacadista de São Paulo.

Fonte: Dados recebidos por e-mail (adaptada de Conab, Brasília, DF).

Observa-se ainda que a dispersão da margem total relativa, desvio padrão absoluto médio igual a 4,21, é menor do que a dispersão das margens relativas do varejo e do atacado, desvio padrão absoluto médio, respectivamente igual a 7,82 e 7,30. Duas conclusões se depreendem dessa observação, a primeira é que esses níveis de mercado absorvem as variações dos custos e não as repassam na mesma intensidade para os consumidores, e a segunda é que nos períodos de margens altas, teoricamente, todas as empresas teriam mais facilidade de operar e nos períodos de margens baixas somente aquelas que têm capital de giro e trabalham em escala conseguem manter-se no mercado.



## CARACTERÍSTICAS E PROCESSOS VIGENTES NA COMERCIALIZAÇÃO DO ARROZ

A qualidade do grão de arroz depende de características físicas (dimensões, formato e aparência dos grãos e rendimento industrial) e químicas (teor de amilose e temperatura de gelatinização). Essas características variam com a cultivar, clima, tratos culturais e manejo pós-colheita. Dessa forma, o armazenamento deve ser feito por lotes com características similares, tornando essa operação complexa e dispendiosa. Essa diversidade de variáveis é um dos fatores que dificultam a comercialização desse cereal, uma vez que a efetivação do negócio só ocorre depois que a indústria tem certeza da qualidade do produto. Isso causa outro entrave na comercialização do arroz, principalmente no de terras altas, o baixo grau de confiabilidade nas relações comerciais.

A participação do Governo na comercialização e no abastecimento do mercado é controversa. Alguns, normalmente as grandes indústrias, alegam que as interferências causam desestímulos, pois alteram bruscamente o mercado. Dessa forma, as empresas ficam receosas para investir e se modernizarem, uma vez que não há segurança para formular suas estratégias. Além disso, as indústrias de maior porte reclamam que, na maioria das vezes, a matéria-prima ofertada pelo Governo é de baixa qualidade. Segundo Ferreira et al. (2002), muitas agroindústrias de arroz na Região Centro-Oeste avaliam positivamente a participação do Governo, que assume os riscos e custos do armazenamento. As pequenas indústrias dizem que não conseguem sobreviver sem o Governo, via leilões da Conab a preços interessantes.

Diante da atual situação, os orizicultores e industriais buscam mecanismos alternativos de comercialização para o arroz, mas, devido às dificuldades das transações no mercado futuro, mantém-se a tradição de operarem no mercado *spot*. Uma alternativa que vem sendo usada é a comercialização do "arroz verde". Outro tipo de comercialização, de ocorrência marginal, advém dos contratos que as beneficiadoras fazem com alguns produtores, garantindo a compra da safra com preço pré-fixado. Outra possibilidade é a dos produtores armazenarem o arroz na indústria, que paga o preço vigente no mês que utiliza o produto.

Na Região Nordeste, com destaque para o Maranhão, a comercialização do arroz ocorre de maneira diferenciada. Em muitas localidades desse estado, o compromisso de compra e venda é firmado antes da colheita, entre o produtor e o intermediário. Este, na maioria



das vezes, é o proprietário da terra ou agente financiado pelos usineiros da região, que chamam esse tipo de “comercialização na folha”. De acordo com Méndez del Villar et al. (2001), por volta de 12% do arroz produzido no Maranhão, em 2000, foi consumido pelo próprio produtor, 31% comercializado no mercado local, 52% comercializado no estado e apenas 5% transacionado em outros estados da Federação.

A orizicultura na Região Sul do país é mais organizada e conta com o forte apoio do Instituto Riograndense do Arroz - Irga, enquanto nas demais regiões predomina um cenário com falta de organização dos produtores, diversidade na qualidade dos grãos, devido às cultivares não apresentarem padrão de grãos pré-estabelecidos, o que dificulta a estabilidade nos negócios.

Começa a verificar-se uma tendência de as agroindústrias instalarem-se próximas às regiões produtoras. Assim, o sistema de comercialização está se organizando em função do sistema de produção. Caso essa estratégia se concretize, ocorrerão mudanças nos fluxos de comercialização regionais, principalmente no Rio Grande do Sul, que é o principal fornecedor de arroz para os grandes centros consumidores localizados nas Regiões Sudeste e Nordeste do país. Aliás, outra mudança em curso é com relação ao mercado nordestino, onde a população de menor poder aquisitivo consome arroz de qualidade inferior, mas onde, de uns anos para cá, tem sido crescente a demanda por arroz de melhor qualidade.

Em virtude do volume produzido, do potencial ainda não explorado e da qualidade do produto e dos incentivos fiscais em Mato Grosso, ocorreu uma migração das indústrias do sul para o referido estado. Essa situação também causou o surgimento e revigorou grandes indústrias na região central do Brasil, principalmente nas cidades de Uberlândia, MG e Goiânia, GO.

### **Considerações Finais**

Os fatos descritos causaram impactos de grande intensidade na comercialização do arroz, pois a coordenação da cadeia produtiva era, e ainda continua, baixa. Por outro lado, o menor investimento em custeio para o arroz de terras altas e o menor volume destinado à aquisição para compor os estoques públicos deixou o arroz de terras altas em situação delicada. Outra dificuldade enfrentada foi a competição com a soja, a qual não sofreu tanto, primeiramente pelo sistema verticalizado de produção, onde os intermediários fornecem insumos e/



ou crédito para custeio e aceitam o pagamento em dinheiro ou com o próprio produto. Deve-se destacar que, por outro lado, a expansão da cultura da soja tem sido importante para o aumento da produção de arroz como cultivo de abertura de área. Quanto ao arroz irrigado, o principal problema está relacionado com a distância das principais regiões produtoras aos centros consumidores, pois por ser um produto de baixo valor agregado, as despesas com logística têm impacto substancial na formação dos preços de venda.

Fica caracterizado que o sistema de comercialização do arroz ainda é pouco desenvolvido, mas faltam análises que possibilitem fazer planejamento de longo prazo. Também é notório o baixo nível de entrosamento e relacionamento entre o setor atacadista/beneficiador e o produtor, fato que é favorecido pelos problemas históricos de quebra de contratos e pelas constantes mudanças das regiões produtoras, que tornam os fluxos variáveis.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, G. S. A. C. **Economia da comercialização agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 306 p.
- FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. Economic viability and social role of the small rice agroindustry. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRI-FOOD CHAIN / NETWORKS ECONOMICS AND MANAGEMENT, 4., 2003, Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto: FEA-USP, 2003. 1 CD-ROM.
- FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz na região Centro-Oeste**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 110 p.
- FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. GAMEIRO, A. H.; ALMEIDA, P. N. A. Estratégias, impactos das políticas e entraves na comercialização do arroz de terras altas em Mato Grosso. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 88-91. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).
- HOFFMANN, R. Elasticidades-renda das despesas com alimentos em regiões metropolitanas do Brasil em 1995-96. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 2, p.17-24, fev. 2000.
- JUNQUEIRA, P. de C.; LINS, E. R. de; AMARO, A. A. Comercialização de produtos agrícolas no Estado de São Paulo. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 15, n. 1/2, p. 13-32, jan./fev. 1968.
- MARQUES, P. V.; AGUIAR, D. R. D. **Comercialização de produtos agrícolas**. São Paulo: Edusp, 1993. 295 p.



MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; DUCOS, A.; FERREIRA, N. L. S.; PEREIRA, J. A.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz no Estado do Maranhão**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. 136 p.

SILVA, J. G. da. **A nova dinâmica da agricultura brasileira**. Campinas: UNICAMP, 1996. 217 p.

SMITH, G. W. Comercialização e desenvolvimento econômico. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 89-120, abr. 1993.

TSUNECHIRO, A.; GUSMÃO, A. S. L.; BULISANI, E. A.; CASTRO, J. L.; SAVITCI, L. A.; SARTORI, R. M. **Repensando a agricultura paulista**: cadeia produtiva do feijão. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 1996. 38 p.

1000





# Embrapa

## Arroz e Feijão

Apoio



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



CGPE 6071