

Arroz irrigado: ...
2003 LV-PP-2013.00538



CPACT-9136-2

ta,
nto

Documentos

ISSN 1516-8840
Setembro, 2003

113

Arroz Irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático



DOC
3
03
. 2
-PP-2013.00538

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinícius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Bonifacio Hideyuki Nakasu
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Clima Temperado

José Francisco Martins Pereira
Chefe-Geral

Wilmar Wendt
Chefe-Adjunto de Administração

Arione da Silva Pereira
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Luiz Clovis Belarmino
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Id 9136-2

Embrapa

ISSN 1516-8840

Setembro, 2003

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Documentos 113

MT DOC

113

px-2

Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático

Editores

Ariano Martins de Magalhães Junior
Algenor da Silva Gomes

633.18
M1882

Pelotas, RS
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403 - Pelotas, RS
Fone: (53) 275 8199
Fax: (53) 275 8219 - 275 8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Embrapa
CPACT

Unidade: _____
Valor aquisição: _____
Data aquisição: _____
Nº N. Fiscal/Fatura: _____
Fornecedor: _____
Nº OCS: _____
Origem: _____
Registro: 2013.00538

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Mário Franklin da Cunha Gastal
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia
Membros: Ariano Martins Magalhães Junior, Flávio Luiz Carpena Carvalho,
Darcy Bitencourt, Cláudio José da Silva Freire, Vera Allgayer Osório
Suplentes: Carlos Alberto Barbosa Medeiros e Eva Choer

Revisoras de texto: Ana Luiza Barragana Viegas
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica: Oscar Castro / Sérgio Ilmar Vergara dos Santos

1ª edição

1ª impressão (2003): 150 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).

Magalhães Junior, Ariano Martins de.

Arroz irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático - Editado por Ariano Martins de Magalhães Júnior, Algenor da Silva Gomes, André Andres. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003.

77p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 113).

ISSN 1516-8840

1- Arroz irrigado - *Oryza Sativa* - Melhoramento genético - Solo - Água - Clima. I. Gomes. Algenor da Silva. II. André Andres. III. Título. IV. Série.

CDD 633.18

Autores

Algenor da Silva Gomes

Pesquisador, M.Sc.
Manejo do solo e da água
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403 - CEP - 96001-970 Pelotas, RS
E-mail: algenor@cpact.embrapa.br

André Andres

Pesquisador, M.Sc.
Herbologia
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403 CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: andre@cpact.embrapa.br

Ariano Martins de Magalhães Jr.

Pesquisador, M.Sc.
Melhoramento genético
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 Pelotas, RS
E-mail: ariano@cpact.embrapa.br

Daniel Fernandes Franco
Pesquisador, M.Sc.
Tecnologia de sementes
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: daniel@cpact.embrapa.br

Isabel Helena Vernetti Azambuja
Pesquisadora, M.Sc.
Economia
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: isabel@cpact.embrapa.br

Luis Henrique Gularte Ferreira
Eng. Agrônomo, M.Sc.
Bolsista FAPEG - Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: algenor@cpact.embrapa.br

Paulo Ricardo Reis Fagundes
Pesquisador, M.Sc.
Melhoramento genético
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: fagundes@cpact.embrapa.br

Silvio Steinmetz
Pesquisador, Dr.
Agrometeorologia
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: silvio@cpact.embrapa.br

Walkyria Bueno Scivittaro
Pesquisadora, Dra.
Fertilidade do solo
Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, CEP 96 001-970 - Pelotas, RS
E-mail: wbscivt@cpact.embrapa.br

Apresentação

As tecnologias apresentadas neste documento representam mais uma parcela da significativa contribuição que a Embrapa Clima Temperado têm oferecido à sustentabilidade da agricultura sul-brasileira.

Nestes 30 anos de existência da Embrapa, muitos foram os desafios enfrentados e muitas foram as respostas que a Pesquisa Agropecuária disponibilizou.

Este é um papel inequívoco do Estado: patrocinar políticas públicas que atendam à pluralidade de atores da cena agrária e agrícola do País. As instituições públicas de Pesquisa e Desenvolvimento têm o relevante papel de compreender a complexidade do espaço onde estão inseridas e desenvolvem as suas ações, consolidando parcerias multiinstitucionais para poderem desempenhar adequadamente suas missões.

É com este entendimento e nessa direção que a Embrapa Clima Temperado planeja, organiza e realiza seus programas.

A apresentação de resultados, como os que estão contidos neste documento, é uma forma de prestação de contas à sociedade.

João Carlos Costa Gomes

Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado	13
Introdução.....	13
Programa de melhoramento genético	14
Metodologias de melhoramento genético	16
Introdução de germoplasma	16
Seleção de plantas	16
Hibridação ou cruzamento	16
Seleção recorrente	17
Mutação induzida	17
Biotecnologia	18
Cultura de anteras	18
Variação somaclonal	19
Engenharia genética	19
Marcadores moleculares	21
Impacto das cultivares	21
Descrição das cultivares lançadas pela Embrapa Clima Temperado	27
Referências Bibliográficas	33

Otimização do uso de fertilizantes nas lavouras de arroz do RS	35
Introdução	35
O arroz irrigado: Resposta à adubação	36
Fundamentos das recomendações de adubação e calagem para o arroz irrigado	37
Adubação nitrogenada	37
Adubação fosfatada	41
Adubação potássica	43
Adubação com micronutrientes	44
Toxidez por ferro	45
Calagem	45
Referências Bibliográficas	47

Otimização do uso da água nas lavouras de arroz do RS .49	
A água no Planeta Terra: distribuição e consumo	49
A agricultura irrigada: consumo de água e área cultivada	51
O arroz no mundo: área cultivada e produção	52
Irrigação do arroz	53
Efeitos da submersão do solo	53
O custo da irrigação na cultura do arroz irrigado	55
Consumo de água nas lavouras de arroz irrigado	57
Demanda por evapotranspiração	58
Perdas por infiltração e percolação	58
Sistemas de cultivo	59
Altura da lâmina de água	59
Período de irrigação	60
Eficiência da irrigação	64
Qualidade de água de irrigação e de drenagem do arroz	65
Considerações finais	66
Referências Bibliográficas	67

Prognóstico climático para safra 2003/2004 e suas implicações na lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul	69
Introdução	69
Influência do clima sobre a produtividade do arroz irrigado	69
Zoneamento agroclimático	70
El Niño/La Niña	72
Prognóstico para a safra 2003/2004.....	72
Medidas para minimizar o risco climático:	75
Alguns endereços na internet para consulta sobre os fenômenos	
El Niño e La Niña:	76
Referências Bibliográficas	77

Melhoramento genético, biotecnologia e cultivares de arroz irrigado

Ariano de Magalhães Jr

Paulo R.R. Fagundes

Daniel F. Franco

Introdução

Nos últimos 35 anos, a produção mundial de arroz praticamente duplicou, passando de 257 milhões de toneladas, em 1965, para 600 milhões, em 2000. Porém, o índice de crescimento de produção de arroz está diminuindo ao longo dos anos; se essa tendência não for revertida, uma severa falta de alimentos ocorrerá neste novo século. Estima-se que haverá uma demanda de consumo de arroz para o ano 2020 de cerca de 900 milhões de toneladas. É pouco provável que ocorra aumento significativo na área plantada com arroz, dada a estabilidade observada a nível mundial, desde 1980. Na verdade, essa área poderá diminuir, porque terras de boa qualidade para o cultivo de arroz estão sofrendo pressão da urbanização e industrialização, principalmente nos países asiáticos. Neste sentido, a crescente demanda por arroz deverá ser atendida com menos área, água, quantidade de mão-de-obra e de pesticidas. Desse modo, para atingir os objetivos de aumento da produção de arroz, são necessárias cultivares de arroz com potencial de produtividade mais elevado e melhores práticas de manejo. Importantes aumentos ocorreram na produção de arroz irrigado, devidos, principalmente, à adoção, em larga escala, de cultivares semi-anãs de alta produtividade e a outras tecnologias de manejo melhoradas. As pesquisas mundiais revelam que o teto produtivo das variedades atuais de arroz é limitado e pode ser alcançado com manejo adequado das lavouras. O potencial médio de produtividade das atuais cultivares de arroz irrigado, de porte semi-anão, é cerca de 10 t/ha⁻¹. Incre-

mentos significativos no potencial de produtividade das plantas cultivadas têm sido, de uma maneira geral, obtidos através de modificações no tipo de planta. Uma nova arquitetura de planta permitiu que o potencial de produtividade do arroz duplicasse no final da década de 70, com os lançamentos das cultivares BR IRGA 409 e BR IRGA 410, no Rio Grande do Sul. Esse novo tipo de planta caracteriza-se pela baixa estatura, alto perfilhamento, colmos fortes e folhas eretas e verde-escuras, características estas, extremamente efetivas no aumento da produtividade das áreas cultivadas com arroz. Atualmente, mais de 60 % da área mundial é coberta por cultivares semi-anãs. Durante os últimos anos somente incrementos marginais ocorreram no potencial de produtividade do arroz. Mais recentemente tem-se verificado a expansão de híbridos de arroz, que buscam quebrar os patamares de produtividade existentes, utilizando-se da heterose obtida com esta técnica de melhoramento genético. Na China, os híbridos encontraram uma grande aceitação. No Brasil, já existem híbridos de arroz registrados para cultivo.

Programa de melhoramento genético

A evolução positiva da produtividade no Rio Grande do Sul pode ser atribuída ao desenvolvimento e recomendação de novas cultivares, que atendem às exigências de mercado e apresentam alta produtividade; boa qualidade de grão; estabilidade de produção, do ponto de vista de melhor reação aos estresses bióticos e abióticos e adaptação às condições edafoclimáticas predominantes em cada região de cultivo, bem como a melhoria do manejo da cultura, em função da pesquisa séria e competente estabelecida.

No RS, desde que foi introduzida a irrigação permanente por bombeamento forçado em 1903/04 (Pelotas), a lavoura orizícola sempre experimentou ganhos de produtividade, mesmo usando cultivares melhoradas em outros países que usam idêntico sistema de irrigação. Muitas cvs. eram procedentes do Japão (grão tipicamente curto), da Itália e dos Estados Unidos da América – grão curto, médio ou longo.

A pesquisa de arroz irrigado no RS teve início em 1939, com a instalação da Estação Experimental do Arroz (EEA), do Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha. Em 1949, o Ministério da Agricultura, estabeleceu no Estado o seu primeiro programa de pesquisa em melhoramento de arroz irrigado, em âmbito federal, através do Instituto Agrônomo do Sul (IAS) - atual Embrapa Clima Temperado. As cvs. gaúchas EEA 404, EEA 405 e EEA 406, foram as primeiras de grão longo, desenvolvidas, na década de 60, por cruzamento orientado, que tiveram destaque na lavoura.

Os objetivos do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado, são:

- Aumento da produtividade;
- Aumento da variabilidade genética;
- Estabilidade produtiva;
- Alta qualidade de grão (industrial e culinária);
- Resistência/tolerância à estresses abióticos:
 - . frio
 - . salinidade do solo e da água
 - . toxicidade a ferro
- Resistência/tolerância a estresses bióticos:
 - Doenças:
 - . brusone (*Pyricularia grisea*)
 - . queima da bainha (*Rhizoctonia solani*)
 - Insetos:
 - . gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae*)
- Abastecimento de nichos de mercados e mercados emergentes.

É provável que a estreita base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento venha contribuindo para o estabelecimento de patamares de produtividade. No Brasil, observou-se que as cultivares de arroz irrigado mais plantadas são oriundas do cruzamento de sete variedades ancestrais, que são responsáveis por cerca de 81 % do conjunto gênico. Especificamente no Rio Grande do Sul, apenas seis ancestrais (Deo Geo Woo Gen, Cina, Lati Sail, I Geo Tze, Mong Chim Vang A e Belle Patna) contribuem com 86% dos genes das variedades de arroz mais plantadas. A principal consequência da limitação da diversidade genética é a redução das possibilidades de ganhos adicionais na seleção, uma vez que o melhorista passa a manejar um conjunto gênico de tamanho limitado.

Os programas tradicionais de melhoramento genético de arroz, utilizam, de uma maneira geral, métodos que maximizam a endogamia no desenvolvimento de novas linhagens. Normalmente, após a síntese de uma nova população as gerações segregantes são conduzidas através da autofecundação. A endogamia progressiva, no decorrer das sucessivas gerações, reduz de maneira crescente as chances de recombinação pois, com a identidade entre alelos de um mesmo loco, os processos de crossing-over tornam-se inefetivos na produção de novos recombinantes. Assim, os métodos convencionais de melhoramento de arroz apresentam menor potencial de geração de variabilidade do que teriam se os intercruzamentos entre unidades de recombinação fossem mais freqüentes. Reduzindo a geração de variabilidade, reduz-se, como consequência, a obtenção de ganhos genéticos por seleção.

A arte do melhoramento genético recai na habilidade do homem em observar diferenças, principalmente naquelas plantas de valor econômico. Para que se realize seleção é necessário que se tenha variabilidade genética. Com o avanço do conhecimento sobre a genética e das áreas correlatas, o fitomelhoramento tornou-se menos arte e mais ciência. O conhecimento em outras áreas, como botânica, genética e citogenética, fisiologia, biotecnologia, fitopatologia, entomologia, bioquímica, estatística, fitotecnia, é fundamental para o sucesso em um programa de melhoramento genético. A visão holística da cadeia produtiva, para identificar as necessidades da lavoura, da indústria e do consumidor, são também fundamentais. Assim, o programa atenderá as demandas da sociedade, quando da liberação de uma nova cultivar. Do banco de germoplasma disponível, geneticamente diversificado, o fitomelhorista usa do seu conhecimento, para avaliar, gerar e/ou desenvolver novos genótipos

Metodologias de melhoramento genético

Introdução de germoplasma

A Embrapa Clima Temperado tem procurado utilizar diferentes métodos e ferramentas para obter êxito com o programa de melhoramento genético da cultura do arroz irrigado. Dos métodos utilizados inclui-se a introdução e troca de germoplasma entre as mais diversas instituições de pesquisa do mundo, tais como o International Rice Research Institute (IRRI), o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), a Louisiana Agricultural Experiment Station, a Arkansas Agricultural Experiment Station, entre outras, com o objetivo de testar a adaptabilidade de genótipos às condições edafoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Seleção de plantas

Também se utiliza o método de seleção de plantas aproveitando a variabilidade natural existente dentro de genótipos estáveis ou segregantes. Com esta metodologia, uma série de cultivares foram lançadas, tais como BRS 6 "Chuí", BRS Ligeirinho e BRS Pelota.

Hibridação ou cruzamento

O processo de hibridação de plantas consiste em escolher progenitores, emasculando a planta-mãe, uma vez que o arroz é uma espécie autógama (que se autopoliniza), e cruzá-la com um pai doador de pólen. Através desta técnica, é necessário que exista compatibilidade entre os pais. Do contrário, a fertilização

induzida não se completa. Este problema, atualmente, pode ser contornado através de técnicas de cultura de tecidos vegetais que permitem o resgate de embriões imaturos e a posterior regeneração de plantas. Ressalta-se que quanto maior a distância entre os pais, maior a possibilidade de ocorrer incompatibilidade.

Após realizado o cruzamento, conduz-se no programa uma série de gerações F segregantes, onde são selecionadas plantas que apresentam as características agrônomicas aceitáveis, conforme mencionado anteriormente, quando foram abordado os objetivos do programa de melhoramento genético de arroz irrigado da Embrapa Clima Temperado.

Seleção recorrente

Uma das alternativas utilizáveis, para se aumentar os ganhos por seleção em arroz, consiste em sintetizar populações de base genética mais ampla e conduzi-las por meio da seleção recorrente. Seleção recorrente é a técnica de melhoramento que aumenta a frequência dos genótipos favoráveis em uma população, através da aplicação cíclica de intercruzamentos e seleção. Esta técnica é amplamente utilizada em plantas alógamas. O uso limitado em plantas autógamas é, em parte, devido a dificuldade em se fazer cruzamentos para recombinação, em cada ciclo de seleção. Em arroz, com a descoberta da macho-esterilidade genética, que possibilitou o intercruzamento no campo, o uso da seleção recorrente tornou-se viável, nos programas de melhoramento.

Mutação induzida

Outro método utilizado para aumento da variabilidade é a indução de mutação por radiações ou por agentes mutagênicos químicos na expectativa de obter variantes agronomicamente superiores àqueles de origem, aproveitando alterações aleatórias que surgem na constituição genética, tais como: mutações pontuais, modificações no número e arranjo dos cromossomos (deleções, duplicações, inversões e translocações), excisão ou reinserção de seqüências móveis de DNA (transposons), etc. A mutação é um evento casual que se traduz pela mudança de um ou mais caracteres hereditários. A principal vantagem da mutação induzida, é que esta aumenta a frequência de alterações no DNA, quando comparada àquela ocorrida espontaneamente na natureza (1 em 10⁶ indivíduos). Com esta metodologia de mutação induzida uma série de características já foram alteradas e observadas pelo programa da Embrapa Clima Temperado, tais como ciclo de plantas, altura, pilosidade de folhas e grão, coloração de apículos, tipo de grãos, entre outras. Foi através da mutação induzida que foi obtido nos Estados Unidos e posteriormente transferido a outros países, como o Brasil, material de arroz resistente a herbicidas do grupo das imidazolinonas, desencadeando hoje o programa denominado de "Clear Field".

Biotecnologia

O melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado também faz uso da biotecnologia como instrumento de trabalho. Dentre as técnicas utilizadas, encontra-se a cultura de anteras, a variação somaclonal à engenharia genética e os marcadores moleculares.

Cultura de anteras

A técnica mais simples para obtenção de haplóides (plantas com a metade da sua carga genética) em arroz é, atualmente, a cultura de anteras imaturas. Estas possuem grãos de pólen, os quais contêm somente a metade do patrimônio genético da espécie ($n = 12$ cromossomos). Tal conjunto cromossômico pode duplicar-se espontaneamente durante o cultivo "in vitro", ou através do uso de produtos químicos como a colchicina, dando origem a plantas totalmente homocigotas (duplo-haplóides), sem passar pelo processo de endogamia normal. Plantas homocigotas são aquelas que não segregam quanto as suas características, mantendo-se estáveis durante as subseqüentes safras. Esta estabilidade de comportamento, onde ficam definidos ciclo, altura de plantas, capacidade de perfilhamento, reação a doenças e ataques de insetos, tipo de grãos, potencial produtivo, etc., é condição fundamental para o adequado manejo das cultivares pelos orizicultores. Por outro lado, para a pesquisa, o uso de duplo-haplóides em um programa de melhoramento genético facilita a análise genética e elimina as complexidades do estado heterocigoto, permitindo, assim, uma diminuição em cerca de 5 a 6 anos no tempo necessário para o desenvolvimento de linhas puras.

As pesquisas estão demonstrando que o potencial da técnica de cultura de anteras esbarra na dependência genotípica do material processado. Neste contexto, é de fundamental importância a integração das atividades dos melhoristas com as dos biotecnologistas, buscando, através de sincronismo de ações, otimizar a utilização da técnica de cultura de anteras. A continuidade desta interação é de extrema relevância para posteriores trabalhos de seleção a campo.

A cada ano, são realizados inúmeros cruzamentos, sendo impossível processar, via cultura de anteras, todos os híbridos do programa. Assim sendo, seleciona-se, junto aos melhoristas, aqueles de maior interesse ao programa e que tenham elevada resposta androgenética constatado por avaliações anteriores. O trabalho em cultura de anteras utiliza, em geral, híbridos em geração F_1 e F_2 , e em algumas situações F_3 e F_4 , todos semeados a campo. Anualmente são inoculadas 45 mil anteras imaturas de, aproximadamente 15 híbridos F_1 e, eventualmente híbridos F_2 . Tem-se uma eficiência de 1,5% entre o número de anteras inoculadas e

o número de plantas verdes regeneradas. Estabeleceu-se metodologia para aclimatização do material onde obtem-se cerca de 90% de sobrevivência. Nesta linha de pesquisa, tem-se estudado distintos fatores, que possam melhorar a eficiência da técnica, como alteração na composição dos meios de cultura.

Variação somaclonal

A variação somaclonal é outra técnica também bem estabelecida, com diferentes fontes de explantes (panículas imaturas, embrião maturo e imaturo, folhas jovens). Tem por objetivo ampliar a base genética do arroz, aproveitando alterações aleatórias na constituição genética que surgem ao longo do cultivo "in vitro" dos tecidos vegetais, através das sucessivas divisões celulares que são realizadas antes de se proceder a regeneração de plantas. Através desta técnica, pode-se utilizar meios de cultura seletivos, tais como altas concentrações de NaCl, Fe^{++} , herbicidas diversos, entre outras, visando selecionar células resistentes a estes estresses abióticos. É possível também utilizar-se extratos de fungos causadores de doenças em arroz com o objetivo de selecionar células e plantas resistentes. Com relação à regeneração direta de panículas imaturas, a Embrapa Clima Temperado estabeleceu um protocolo capaz de obter 50% de eficiência entre o número de explantes inoculados e o número de plantas regeneradas, com o uso de BAP (benzilaminopurina).

Engenharia genética

Outra linha de pesquisa desenvolvida pela Embrapa Clima Temperado em parceria com outras instituições de pesquisa é a engenharia genética, também denominada de transgenia. O conceito clássico para definir uma planta transgênica relata como sendo a introdução controlada de ácidos nucléicos (DNA ou RNA) em um genoma receptor, excluindo-se a fecundação. Assim, é possível isolar genes individuais de uma espécie e inseri-los em outra, sem a necessidade de compatibilidade sexual.

A transferência de genes úteis a cultivares comerciais por técnicas de engenharia genética permite incorporar características herdáveis sem a destruição de genótipos valiosos. Assim, as ferramentas de transformação genética podem possibilitar a introdução de genes selecionados em plantas para o desenvolvimento de novos genótipos, com mínima alteração de sua base genética e, portanto, das características desejadas numa determinada cultivar.

Diversos métodos podem ser empregados para a obtenção de plantas geneticamente transformadas. O método de transferência de genes a ser utilizado vai depender principalmente da espécie vegetal em questão. É possível introduzir genes específicos em plantas através da transferência direta ou indireta.

O método principal de transferência indireta é aquele em que, para intermediar a transformação, usa-se um vetor, como por exemplo, *Agrobacterium tumefaciens* e *Agrobacterium rhizogenes*. A faixa de hospedeiros da *Agrobacterium* é ampla entre as dicotiledôneas, mas restrita entre as monocotiledôneas e gimnospermas. Para suprir as limitações de transferência de genes mediadas por *Agrobacterium*, em monocotiledôneas, outros métodos foram desenvolvidos, os chamados métodos de transferência direta. A eletroporação é um método direto que consiste no emprego de impulsos elétricos que modificam temporariamente a estrutura da membrana plasmática, induzindo a formação de aberturas semelhantes a poros ao longo de sua superfície, aumentando a sua permeabilidade.

O método de bombardeamento de microprojéteis, através de um processo biolístico ou biobalístico, é o mais promissor para as espécies monocotiledôneas, embora esteja sendo utilizado, com êxito, tanto para mono e dicotiledôneas. Consiste em bombardear células ou tecidos de plantas com micropartículas de tungstênio ou ouro, arremessadas a partir de um acelerador, através de uma câmara especial de bombardeamento em condições de vácuo. Este último permite que partículas menores não sofram desaceleração durante o seu trajeto, alcançando inclusive células menores. As moléculas de DNA e RNA são eficientemente ligadas às pequenas partículas de tungstênio e moléculas de diversos tamanho podem ser arremessadas para dentro das células.

O processo biolístico de bombardeamento de microprojéteis tem a vantagem de trabalhar com uma grande variedade de células e tecidos, sendo mais fácil e rápido que outras técnicas de transformação. É também um método conveniente para transformar células intactas em cultura, desde que é necessária pouca manipulação com os tecidos bombardeados. O processo tem ampla aplicação, podendo-se usar embriões, hipocótilos, cotilédones, discos foliares, pólen, calos ou suspensões celulares como material básico. Nas monocotiledôneas, dentre as espécies mais promissoras, estão arroz, milho e trigo. Algumas companhias privadas de biotecnologia vegetal tem investido altas somas para a construção de plasmídeos e obtenção de plantas de arroz que expressem genes de interesse agrônomico, como resistência a insetos (genes de endotoxinas do B.t.), viroses, fungos, bactérias e herbicidas. Estudos a médio e longo prazos, possibilitarão a inserção de genes que aumentam a qualidade de grãos, resistência à seca, salinidade e frio. Pode-se citar alguns exemplos de plantas transgênicas de arroz obtidas por diversas empresas e institutos de pesquisas, tal como arroz resistente ao herbicida cujo princípio ativo é o glufosinato de amônia, arroz dourado enriquecido em pró-vitamina, entre outros. A Embrapa Clima Temperado, em seu

programa de melhoramento genético, tem articulado ações nesta área. Atualmente possui 8 eventos de transformação da cultivar BRS 7 "Taim" com inserção de gene *UDA1*, extraído da *Urtiga dióica* (urtiga), responsável pela expressão de uma lectina capaz de afetar o trato intestinal de insetos, visando então resistência ao gorgulho aquático.

Marcadores moleculares

A Embrapa Clima Temperado também tem utilizado as técnicas de marcadores moleculares como ferramenta de apoio ao programa de melhoramento genético da cultura do arroz irrigado.

Atualmente, o desenvolvimento de mapas genéticos de ligação tem se constituído numa ferramenta do melhoramento genético vegetal. A construção de um mapa de ligação para uma planta permite a correlação entre a presença de um marcador, morfológico ou molecular, e os fatores genéticos que controlam determinadas características agrônomicas, bem como a ligação gênica entre diferentes características. Os marcadores morfológicos são tradicionalmente utilizados, visando estudar a segregação dos genes a eles ligados, no entanto possuem limitações devido ao número reduzido de marcadores por linhagem, ao seu baixo polimorfismo e à baixa correlação com características de interesse. Além disso, estão sujeitos a efeitos ambientais e fenotípicos como epistasia e pleiotropia sendo, na sua maioria, codificados por genes dominantes ou recessivos. O desenvolvimento dos marcadores moleculares permitiu um grande avanço neste tipo de trabalho, pois possuem um alto nível de polimorfismo, permitem o estudo de um grande número de locos/alelo em populações segregantes, são co-dominantes, contendo maiores quantidades de informação genética por loco, além da ausência de efeitos epistáticos, pleiotrópicos e, para os marcadores baseados em DNA, independem de fatores ambientais e da idade da planta. Para muitas plantas, já existem mapas de ligação, utilizando marcadores moleculares, cobrindo grande parte do genoma, o que facilita tremendamente o trabalho de melhoramento destas espécies. Os principais marcadores moleculares atualmente utilizados em análise genética de plantas são: isoenzimas; RFLP; RAPD; microsátélites (amplificação específica de região contendo seqüência de DNA repetitivo) e AFLP (segmento de DNA amplificado via PCR - reação da polimerase em cadeia - após digestão do DNA com enzima de restrição).

Impacto das cultivares

Partindo-se da década de 70, quando teve início o predomínio na lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (RS), de cultivares (cvs.) introduzidas do sul dos Estados Unidos, com a liderança da Bluebelle, que proporcionou produtivi-

dades médias de 3.700 kg/ha, pode ser dito hoje que o panorama da cultura em termos de produtividade é bem diferente e favorável ao RS.

A redução drástica no subsídio à agricultura determinou um novo paradigma aos orizicultores gaúchos, "o aumento da produtividade de grãos com redução de custos". Neste cenário, em 1979, a pesquisa em arroz no RS, conduzida pela Embrapa Clima Temperado e o Instituto Rio-grandense do Arroz, começou a desenvolver cultivares adaptadas para o Estado. Dos investimentos feitos nestas entidades, especialmente a partir do final da década de 70, a geração de novas cultivares proporcionaram um resultado altamente significativo no desenvolvimento do setor orizícola, considerando-se o aumento do rendimento obtido por área plantada. A tradução deste trabalho pode ser vista ao comparar-se a produtividade média no RS em 1973/74, de 3.551 kg/ha, com a de 2001/02, de 5.698 kg/ha (Figura 1). Este acréscimo de 60,5% deve-se fundamentalmente à adoção de cultivares de porte "moderno" (com alta capacidade de emitir perfilhos, colmos robustos e curtos, e folhas eretas) como a BR-IRGA 409 e BR-IRGA 410, lançadas em 1979 e 1980, respectivamente, as quais constituíram-se nas primeiras com estas características.

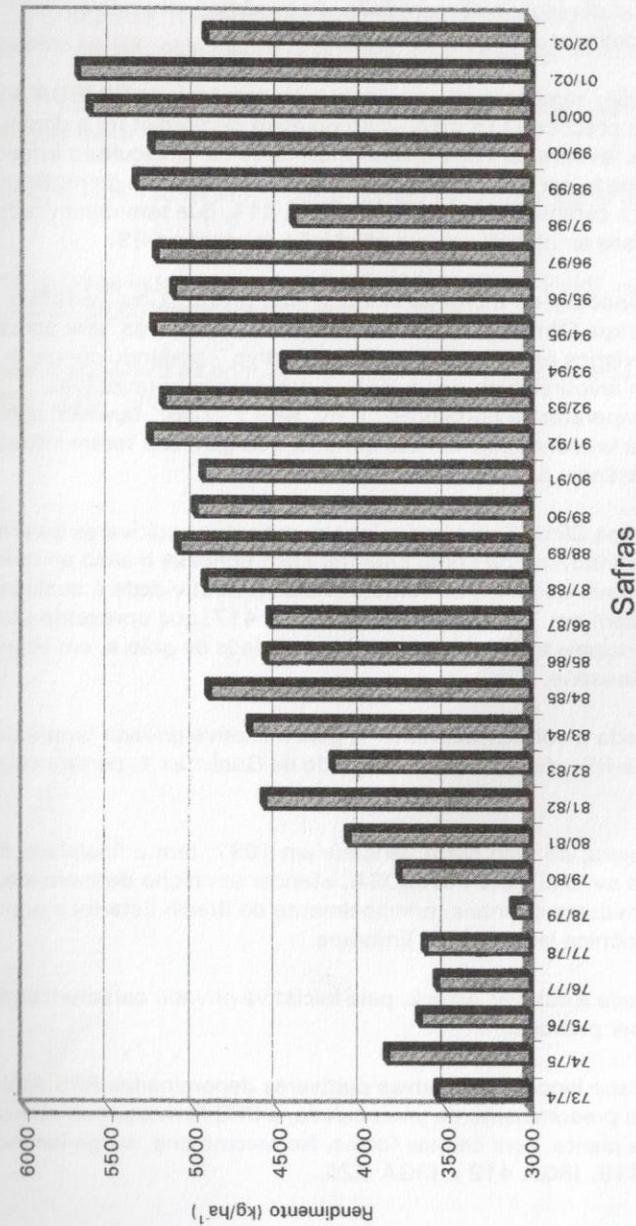


Figura 1. Evolução da produtividade média do arroz irrigado no Rio Grande do Sul (1973/74 a 2002/03).

A resposta da pesquisa continuou com a liberação, em 1986, das cultivares BR-IRGA 412 e BR-IRGA 413, que mantiveram o teto produtivo, porém com grãos de casca lisa, o que diminuiu a abrasividade do produto junto aos equipamentos de colheita e pós-colheita.

A busca por soluções rápidas continuou com o lançamento da BR-IRGA 414, em 1987, de ciclo precoce (115 dias), cujo objetivo primordial foi a diminuição do uso de água na lavoura, um dos custos mais altos da orizicultura irrigada. A tolerância à toxicidade por ferro, problema comum nas lavouras da região Fronteira Oeste, é outra característica da cv. BR-IRGA 414, que tem minimizado os danos deste estresse ambiental sobre a produção de arroz no RS.

Em 1991 foram lançadas no mercado as cultivares BRS 6 "Chuí" e BRS 7 "Taim", pela Embrapa Clima Temperado, e IRGA 416, pelo Irga, que apresentam como característica principal o alto teto produtivo - podendo chegar à 10.000 kg/ha, em lavouras bem conduzidas e sob ambiente favorável (luminosidade, temperatura e nutrientes). A cv. BRS 7 "Taim" também apresenta excelente reação à brusone, pois em sua constituição genética foram introduzidos genes de resistência da cultivar asiática Te-Tep.

Em 1995, a Embrapa Clima Temperado lançou mais duas cultivares de arroz irrigado, BRS Ligeirinho, tendo como característica principal o ciclo ao redor de 97 dias e BRS Agrisul, que aliou as características produtividade e qualidade de grão. O Irga, também em 1995, lançou a cv. IRGA 417, que apresenta como características principais a alta produtividade, qualidade de grão e, em especial, a alta resistência a brusone.

Em 1996 foi lançada a cultivar Supremo 1, pela iniciativa privada Empresa Josapar de Pelotas-RS, atualmente denominada de Qualimax 1, pertencente à Bayer.

A cultivar BRS Bojuru, de grão curto, lançada em 1997, tem a finalidade de, juntamente com a cv. IAS 12-9 FORMOSA, atender um nicho de mercado constituído por consumidores orientais, principalmente do Brasil. Esta foi a primeira cultivar do tipo japônica lançada pela Embrapa.

Em 1998 foi lançada a cultivar Arrank, pela iniciativa privada caracterizando-se pelo seu ciclo super precoce.

Em 1999, a Embrapa lançou duas novas cultivares denominadas BRS Atalanta, com característica predominante de precocidade, e BRS Firmeza, que apresenta tipo americano de planta, com colmos fortes. No mesmo ano, o Irga lançou as cultivares IRGA 418, IRGA 419 e IRGA 420.

Em 2000, a Embrapa lançou a cultivar BRS Pelota com excelente teto produtivo e qualidade de grãos, tendo o Irga lançado a cultivar IRGA 421, material com ciclo super precoce. Neste mesmo ano, foi lançado o primeiro híbrido de arroz para cultivo no RS, pela iniciativa privada, Rice Tec Ltda denominado XL-6.

Em 2001, foi lançada a cultivar Qualimax 13, pela antiga Avents Seeds Brasil Ltda e atual Bayer.

Em 2002, a Rice Tec registrou outro híbrido de arroz irrigado denominado de Avaxi.

Em 2003, o Irga lançou a cultivar IRGA 422 CL (Clear Field), resistente ao herbicida do grupo das imidazolinonas.

A Tabela 1 apresenta as principais características das cultivares lançadas pela Embrapa Clima Temperado.

Tabela 1. Características das cultivares de arroz irrigado desenvolvidas pela Embrapa Clima Temperado.

CULTIVAR	ANO	CICLO BIOLÓGICO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
IAS 12-9 Formosa	1972	Médio	Grão japônica
BR-Irga 409*	1979	Médio	Produtividade / adaptação
BR-Irga 410*	1980	Médio	Produtividade / adaptação
BR-Irga 411*	1985	Médio	Alto vigor inicial
BR-Irga 412*	1986	Semi-tardio	Qualidade do grão
BR-Irga 413*	1986	Médio	Alto vigor inicial / resistência gorgulho
BR-Irga 414*	1987	Précoce	Qualidade do grão
BR-Irga 415*	1989	Précoce	Tolerância à toxicidade por ferro
BRS 6 "CHUÍ"	1991	Précoce	Maior tolerância ao frio
BRS 7 "TAIM"	1991	Médio	Produtividade / resistência à bruson
BRS LIGEIRINHO	1995	Super-tardio	Précoce
BRS AGRISUL	1995	Médio	Tolerância à toxicidade por ferro
BRS BOJURU	1997	Semi-tardio	Maior tolerância ao frio / grão japonico
BRS ATALANTA	1999	Super-tardio	Précoce
BRS FIRMEZA	1999	Précoce	Colmos vigorosos/grupo moderno-americano
BRS PELOTA	2000	Médio	Produtividade

* Parceria com o IRGA
Fonte: Embrapa Clima Temperado

Descrição das cultivares lançadas pela Embrapa Clima Temperado

IAS 12-9 Formosa - Pertence ao grupo de grão japonico. Possui tolerância às baixas temperaturas do ar que ocorrem principalmente na zona sul do RS, durante o período reprodutivo das plantas. Em Taiwan, de onde é originária, ela é denominada de Kaoshiung 21. Esta cultivar foi introduzida pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Sul do Ministério da Agricultura (atual Embrapa Clima Temperado) e liberada, em 1972, para o cultivo no RS. Possui ciclo ao redor de 135 dias, da emergência à maturação, grãos curtos e vitreos, com casca pilosa de cor clara-ouro e sem arista. As plantas tem altura média de 105 cm e, por isso, é sensível ao acamamento, quando cultivada em solo de alta fertilidade.

BR-Irga 409 - Oriunda da Colômbia-CIAT, foi introduzida no RS, pela pesquisa gaúcha, como P 790-B4-4-1T (IR 930-2/IR 665-31-2-4). Apresenta plantas com ciclo médio de 130 dias da emergência à maturação, grão "patna", de casca pilosa-clara e com arista apical predominante na população. Apresenta folhas curtas, eretas e pilosas e, ainda, podem apresentar coloração amarelo-alaranjada (sintoma de sensibilidade à toxicidade por ferro) durante a fase vegetativa predominantemente. A extremidade das folhas, no final do ciclo, freqüentemente, torna-se seca, porém mantém-se ereta, o que dificulta o ataque de pássaros. Na população da cultivar, existem plantas com variações de ciclo, tipo de grão, pilosidade e reação à toxicidade por ferro, indicando heterogeneidade da mesma. Por sua capacidade produtiva e adaptação, principalmente na região "fronteira-oeste", foi uma das principais cultivares precursoras da elevação do nível de produtividade de arroz no Estado. Com relação à qualidade de grão, tem rendimento industrial superior a 60% de grãos inteiros quando polidos, baixa temperatura de gelatinização e conteúdo de amilose acima de 26%; entretanto, podem aparecer plantas na população com teores menores de amilose. A altura média da população de plantas é de 80 cm.

BR-Irga 410 - Oriunda do CIAT-Colômbia como linhagem P798-B4-4-1T (IR 930-53/ IR 665-3-1-2-4), foi liberada para cultivo no Estado em 1980. A cultivar, a exemplo da Br-Irga 409, é precursora do aumento no índice de produtividade do arroz no RS. Suas plantas possuem o ciclo ao redor de 125 dias, grãos do tipo "agulhinha", de casca pilosa, cor clara, com alta predominância de espiguetas sem arista - algumas, podem apresentar arista apical. As folhas são curtas, eretas e pilosas; por vezes podem ter, durante o perfilhamento intenso, coloração amarelo-alaranjada, embora não tão acentuada como na cultivar BR-Irga 409. Apesar da origem tropical, as plantas da cultivar sofreram aclimação e têm suportado medianamente os danos do frio na fase reprodutiva, cujo efeito é notado, principalmente, pela esterilidade das espiguetas e pela casca do grão manchada de marrom. A extremidade das folhas ao final do ciclo freqüentemente

torna-se seca, ocasionada pela doença denominada escaldadura (*Rhynchosporium Oryzae* Hash & Ike), porém mantém-se ereta, o que dificulta o ataque de pássaros. Tem reação de resistência ao ataque da bicheira da raiz – larva do gorgulho aquático dos arrozais. Na sua população, ocasionalmente, podem surgir plantas atípicas, principalmente com relação ao ciclo, tipo e qualidade de grão e pilosidade. Em termos de qualidade, tem rendimento industrial superior a 60% de grãos inteiros quando polidos, baixa temperatura de gelatinização e conteúdo de amilose acima de 26%. A altura média das plantas na maturidade é de aproximadamente 85 cm.

BR-Irga 412 - É originária de uma planta selecionada da cultivar Br-Irga 409, no Irga-EEA, com ciclo aproximado de 135 dias da emergência à maturação; grãos do tipo "patna" (agulhinha), de casca lisa-clara e aristas pequenas em alguns deles. A cultivar foi liberada em 1986, por ter alta produtividade, porém é sensível às baixas temperaturas, principalmente no período reprodutivo, e à toxicidade por ferro, notadamente na fase vegetativa. Em razão do ciclo semi-tardio e da sensibilidade ao frio, não admite sementeiras fora da época ideal, principalmente em regiões, freqüentemente, sujeitas a ocorrência de baixas temperaturas na fase reprodutiva das plantas. As plantas apresentam altura média de 85 cm, daí a necessidade da colheita ser mecanizada.

BR-Irga 413 - Originária da seleção de uma planta segregante da BR-Irga 409, só que obtida pela Embrapa Clima Temperado com ciclo biológico médio de 125 dias, com grãos "patna" (maioria dos grãos polidos tem menos que 6 mm de comprimento), de casca lisa-clara e sem aristas. A cultivar, lançada em 1986, tem alto vigor inicial, e tolera as sementeiras do cedo quando, geralmente, a temperatura do solo é fria no Estado. Tem reação de resistência à bicheira da raiz. Por outro lado, é sensível às baixas temperaturas durante a fase reprodutiva, bem como à toxicidade por ferro da solução do solo, notadamente no perfilhamento máximo das plantas, quando apresenta folhas de coloração alaranjada, mas não tão intensa como na cultivar BR-Irga 412. A altura média das plantas é de 90 cm.

BR-Irga 414 - Descendente de uma seleção obtida na Embrapa Clima Temperado, a partir da linhagem P 793-B4-38-1T (IR 930-2/IR 665-31-7-4), procedente da Colômbia-CIAT. Da população original (linhagem com folhas pilosas) foi selecionada uma planta lisa, codificada na experimentação gaúcha como CL Seleção 14, de ciclo precoce, ao redor de 115 dias da emergência, das plântulas à maturação dos grãos. A cultivar, liberada em 1987, possui grão "patna", de casca lisa-clara, sem arista e ciclo precoce, característica esta que permite ser semeada um pouco mais tarde. Em razão da origem tropical, é sensível ao frio, notadamente na fase reprodutiva (pré-floração), porém, seu ciclo precoce pode permitir o escape dessa condição ambiental adversa. Com relação à qualidade, tem rendimento industrial superior a 63% de grãos inteiros polidos, baixa temperatura de gelatinização e conteúdo de amilose acima de 26%. As plantas apre-

sentam na maturação altura média de 90 cm.

Br-Irga 415 - Descendente do cruzamento realizado entre as cultivares Cica 9 e BR-Irga 409. Na experimentação gaúcha foi codificada, a partir de 1981, como Irga 117-72-1P-2-1, sendo lançada em 1989 ao cultivo comercial do Estado. A cultivar é constituída de plantas do tipo moderno, com folhas eretas, pilosas e com ciclo médio de 120 dias, da sementeira à maturação. Os grãos são agulhinha, de cor amarelo-palha pilosos, podem apresentar eventualmente alguma aristas com aspecto vítreo após o polimento. Tem altura média de 80 cm e é moderadamente resistente ao acamamento. A produtividade média em nível experimental é de 7.000 kg/ha de grãos com casca. Apresenta um rendimento industrial médio de 60% de grãos inteiros polidos, alto teor de amilose e baixa temperatura de gelatinização; comprimento dos grãos polidos variando de 6,72mm; relação comprimento/largura de grãos polidos de 3,39 e o peso de 1000 grãos com casca é de 27,8g. É tolerante à toxicidade por ferro e tem reação moderadamente suscetível à brusone e à mancha dos grãos. Por outro lado, é suscetível à mancha das bainhas, à mancha parda e ao frio na fase reprodutiva.

BRS 6 "Chuí" - Surgiu da seleção de uma planta lisa de ciclo precoce feita na Embrapa Clima Temperado, da BR-Irga 410, cultivar originalmente pilosa. A cultivar, recomendada em 1991, possui ciclo médio de 110 dias, da emergência à maturação, grão "patna", de casca lisa e clara e sem arista. As reações à brusone e toxicidade por ferro também são muito similares às da BR-Irga 410 e, apesar do ciclo curto, tem boa capacidade produtiva. Quanto à reação ao frio, a cultivar é sensível, porém, os efeitos desse fator climático sobre a casca do grão (manchas de cor marrom) não são tão intensos como nas demais cultivares deste tipo de planta de arquitetura moderna. Em razão do ciclo precoce, admite ser semeada mais tarde, com possibilidade da fase reprodutiva das plantas escapar do frio. Apresenta rendimento industrial superior a 63% de grãos inteiros quando polidos, baixa temperatura de gelatinização e conteúdo de amilose acima de 26%. Tem o peso de mil sementes ao redor de 23,00 g. As plantas da BRS 6 "Chuí" possuem altura média de 80 cm.

BRS 7 "Taim" - É resultante de um cruzamento realizado na Embrapa Clima Temperado que envolveu genes da cultivar Te-tep, cuja reação de resistência à brusone é mundialmente conhecida. Na fase experimental, foi denominada, a partir de 1984/85, de CL Seleção 107. As plantas da cultivar, lançada em 1991, possuem ciclo biológico ao redor de 130 dias, da emergência à maturação; grãos do tipo "patna", de casca lisa-clara, sem arista e alta capacidade produtiva. Em comparação com as demais cultivares, apresenta a melhor reação às raças de brusone, atualmente predominantes no Estado. Suas plantas possuem reação moderadamente tolerante à toxicidade por ferro. Por outro lado, dada a sensibilidade ao frio e ao ciclo semi-tardio, esta cultivar não admite sementeiras tardias, principalmente naquelas regiões sujeitas à ocorrência de baixas temperaturas na fase reprodutiva das plantas. Em relação à qualidade, tem rendi-

mento industrial superior a 64% de grãos inteiros quando polidos, temperatura intermediária de gelatinização e conteúdo de amilose ao redor de 25%. Essa cultivar tem 24,38 g de peso médio de mil sementes e a altura média das plantas é de 80 cm.

BRS Ligeirinho - Foi desenvolvida pela Embrapa Clima Temperado a partir da seleção de uma planta-lisa, encontrada em uma população segregante de P 798-B4-4-1T, atual BR-Irga 410. A cultivar, recomendada em 1995, tem como destaque o ciclo super-precoce, ao redor de 100 dias da emergência à completa maturação. Apresenta folhas e espiguetas com superfície lisa, grãos tipo "patna" e bom rendimento industrial. Seu ciclo curto proporciona aos produtores as seguintes vantagens: obtenção de preços de venda mais elevado, similares aos da entressafra; otimização da área (diversificação com outras espécies na mesma safra); controle da população de arroz "daninho" (vermelho e preto) em lavouras altamente infestadas por ser colhida antes da maturação da invasora; redução de custos de produção; escape da lavoura aos danos do frio em semeaduras tardias. Contudo, deve-se salientar que esta cultivar tem menor teto produtivo do que as demais do tipo moderno. Em termos de qualidade, apresenta rendimento industrial superior a 63% de grãos inteiros quando polidos, baixa temperatura de gelatinização e conteúdo de amilose acima de 26%. A população de plantas da cultivar tem a estatura média de 76 cm.

BRS Agrisul - É descendente do cruzamento controlado entre as linhagens CL Seleção 62a (BRS Ligeirinho) e CL Seleção 49-2, ambas do programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado. A cultivar, liberada em 1995, destaca-se das demais cultivares por apresentar resistência à toxicidade por ferro e grão longo e fino. Seu ciclo biológico é de 127 dias da emergência à completa maturação. As plantas têm as folhas e espiguetas lisas e possuem grande capacidade de emissão de perfilhos. Tem excelente qualidade de grão, com rendimento industrial ao redor de 63% de grãos inteiros quando polidos, temperatura de gelatinização intermediária e 26 % de teor de amilose. O peso médio de mil grãos com casca é de 23,28 g e a altura média das plantas é 81 cm.

BRS Bojuru - É a primeira cultivar de arroz irrigado de grão curto, da subespécie japônica, desenvolvida pela pesquisa da Embrapa, no Sul do Brasil. Esta cultivar foi desenvolvida a partir de uma planta híbrida (possivelmente oriunda de cruzamento natural) existente na população da cultivar TY 12, onde foi selecionada pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado, em 1986. Tal híbrido é, provavelmente, oriundo de alogamia natural entre plantas da TY e uma planta atípica existente na população original ou que coexistiu próximo a ela no campo experimental. A cultivar apresenta plantas de folhas semieretas, de superfície pilosa, de porte intermediário-moderno. Tem grão curto de casca clara pilosa com semi-arista. Sob certas condições edafoclimáticas, essa cultivar pode apresentar espiguetas semi-aristadas (pragana), principalmente no terço superior da panícula. Nos ensaios, destacou-se pela sua estabilidade na

produção de grãos ao longo do período experimental - boa tolerância ao frio na fase reprodutiva. Também possui tolerância às condições salinas do ambiente; alto rendimento industrial, superior a 72% de grão inteiro polido; grão de aparência vítrea após o polimento; floração e maturação uniforme e baixa degranação natural; tolerância à toxicidade por ferro; reação médio-resistente à brusone (*Pyricularia oryzae* cav.). Apresenta altura de planta ao redor de 100 cm.

BRS Atalanta - É um produto de cruzamento múltiplo, realizado na Embrapa Clima Temperado, entre a cultivar americana Dawn e a japonesa Hayayuki (1981/82), que originou o híbrido TF 60 (F¹), o qual, foi cruzado com BR-Irga 410 (1982/83), formando o TF 174 (F¹). O híbrido TF 174 foi hibridizado com a cultivar Colômbia 1(1983/84), dando origem ao TF 231 (F¹) que após ciclos de seleções, em "bulk" e genealógica resultou na linhagem TF 231-13-1M-8B-6-5. A cultivar BRS Atalanta é constituída de plantas do tipo "moderno-filipino" de folhas lisas, tem ciclo biológico ao redor de 100 dias, variando de 90 a 110 dias (super-precoce). O rendimento industrial é superior a 62% de grãos inteiros-polidos, variando de 58 a 65%. O seu grão classificado como grão longo-fino ("agulhinha") de casca lisa-clara. O peso médio de mil sementes com casca, a 13% de umidade, é de 25,06 gramas. O grão da cultivar apresenta, nos testes indiretos de qualidade culinária, um conteúdo de amilose classificado como alto ao redor de 27% e intermediária temperatura de gelatinização. Quanto à reação aos estresses abióticos e bióticos a cultivar apresentou reação intermediária de resistência à brusone (*Pyricularia spp*) e à bicheira da raiz do arroz (*Oryzophagus oryzae*). Em algumas situações de cultivo, pode mostrar reações de suscetibilidade à toxicidade por ferro, na fase vegetativa, e ao frio na fase reprodutiva das plantas.

BRS Firmeza - Foi originada do cruzamento múltiplo, realizado na Embrapa Clima Temperado em 1979/80, entre a cultivar gaúcha BR-IRGA 411 e a americana BLUEBELLE, resultando no híbrido RS 660 que, em 1985/86, foi hibridizado com a cultivar americana LEMONT. Pertence ao grupo de plantas do tipo moderno-americano em virtude das características: pouca capacidade de perfilhamento; colmos vigorosos e fortes sendo resistente ao acamamento; e altura média de 77 cm oscilando entre 66 a 86 cm. Apresenta ciclo biológico semi-precoce de 120 dias, oscilando entre 115 e 125 dias, da emergência à completa maturação dos grãos. Apresenta grãos do tipo agulhinha, de casca lisa-clara, de ápículos de cor púrpura. O seu rendimento industrial pode superar a 65% de grãos inteiros e polidos, com renda total de 71%. O peso médio de mil grãos, com 13% de umidade, dessa cultivar, é de 28,67 gramas, com extremos entre 27,26 e 29,61 gramas. O baixo grau de esterilidade, demonstrado na fase experimental, no Rio Grande do Sul, indica que a cultivar tem certo grau de tolerância genética ao frio, na fase reprodutiva. Esta cultivar apresenta baixa degranação natural.

BRS Pelota - Originou-se de plantas selecionadas de uma população heterogênea da cultivar gaúcha BR-Irga 410. Após ciclos de seleção genealógica, visando, entre outros atributos, melhoria de produtividade, de tamanho, aspecto e rendimento de grãos inteiros, surgiu a "linha pura" codificada por CL Seleção 3000. A cultivar tem grão tipo "agulhinha-índico" de casca pilosa-clara; planta de porte "moderno" (capacidade de perfilhamento) com folhas de côr verde eretas e pilosas; de altura variando entre 80-100 cm; e um ciclo mediano de 125 dias, da emergência a completa maturação das sementes. Apresenta alto potencial produtivo, com resultados em experimentos de campo, superiores a 12.000 kg/ha. Tem rendimento industrial que pode superar a 65 % de inteiro-polidos, com boa qualidade de cocção. A cultivar apresenta reação de resistência as raças prevalentes de brusone (*Pyricularia spp*) e reação moderadamente tolerante à bicheira da raiz (*Oryzophagus oryzae*, Costa Lima) e à broca do colmo (*Diatraea saccharalis*, F). Quanto aos estresses ambientais, a cultivar apresenta mediana tolerância às condições salinas do solo. Em algumas situações de cultivo, pode mostrar-se moderadamente sensível à toxicidade por ferro na fase vegetativa e à quedas de temperatura na fase reprodutiva. Apresenta grãos classificados como longo/fino, com aparência vítrea, médio teor de amilose, intermediária/baixa temperatura de gelatinização, peso de 1000 grãos com casca de 25g.

Referências Bibliográficas

- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa clima Temperado / IRGA/ EPAGRI, 1999. 124p. (Embrapa Clima Temperado. **Documentos**, 57).
- IRGA. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, 2001. 128p.
- FAO. Cómo alimentar a 4000 millones de personas: el desafío para la investigación sobre el arroz en el siglo XXI. Geojournal. Disponível em: **FAO** < <http://www.fao.org/docrep/V6017t/V6017T11.htm>. 2000. acesso em 04 set. 2003
- FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores RAPD e RFLP em análise genética**. Brasília: Embrapa Cenargen, 1996. 220p. (Embrapa Cenargen. **Documentos**, 20).
- MAGALHÃES Jr., A.M. de ; TERRES, A.L.; FAGUNDES, P.R.R.; FRANCO, D.F.; PETERS, J.A. Cultura de anteras no melhoramento genético de arroz irrigado. **Agropecuária Clima Temperado**, v.1, n.2, p.183-191. 1998.
- MAGALHÃES Jr., A.M. de; FAGUNDES, P.R.R. Agricultura real: arroz irrigado. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, 1996. 75p. (Embrapa Clima Temperado. **Documento**, 20).
- 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. v.31, n.5, p.349-357, 1996.
- 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.
- TERRES, A.L.; GALLI, J.; FAGUNDES, P.R.R.; MACHADO, M.O.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. DE; MARTINS, J.F.; NUNES, C.D.M.; FRANCO, D.F.; AZAMBUJA, I.H.V. **Arroz irrigado no Rio Grande do Sul**: generalidades e cultivos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 58p. (Embrapa Clima Temperado. **Circular Técnica**, 14).

Otimização do uso de fertilizantes nas lavouras de arroz do RS

Walkyria Bueno Scivittaro

Algenor da Silva Gomes

Luis Henrique Gularte Ferreira

Introdução

A estratégia da Embrapa Clima Temperado para o fomento da orizicultura no Rio Grande do Sul alicerça-se no aumento da produtividade e da lucratividade, mediante a otimização do uso de insumos e visando a melhoria da qualidade do produto final e a sustentabilidade do sistema produtivo.

O principal requisito desta concepção de agricultura é a manutenção da qualidade do agroecossistema, promovendo a adoção de tecnologias de produção mais limpa, que mesclam princípios de práticas conservacionistas aos avanços da ciência moderna, proporcionando produtividades elevadas com riscos mínimos ao meio ambiente.

Para tanto, fazem-se necessários o conhecimento profundo do sistema utilizado e a revisão dos padrões de produção adotados, com a avaliação das necessidades reais de insumos, de forma a racionalizar seu uso, considerando os aspectos econômicos e ambientais envolvidos.

A produtividade agrícola expressa a interação de uma série de fatores bióticos e abióticos, variando bastante entre pequenas áreas cultivadas. Em decorrência, a maximização dessa variável requer a adoção de manejos específicos para as diferentes áreas, definidos com base no conhecimento de suas potencialidades e fragilidades. O domínio de tais aspectos é fundamental para a exploração racional

dos recursos naturais e para a transformação eficiente da energia aportada ao sistema, na forma de insumos, em produção de grãos.

Dentre as práticas de manejo empregadas nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, as adubações de plantio e em cobertura constituem um dos principais fatores determinantes da produtividade. A otimização do uso de fertilizantes representa, pois, um dos principais desafios à produção sustentável de arroz, requerendo melhor exploração do potencial de suprimento de nutrientes do solo; o estabelecimento de sistemas diversificados de culturas, que favoreçam a ciclagem de nutrientes; o uso de cultivares de arroz com maior eficiência de utilização de nutrientes e a adoção de recomendações de adubação individualizadas, contemplando as particularidades das diferentes áreas e condições de cultivo.

O arroz irrigado: resposta à adubação

A condição de solo submerso, mantida durante a maior parte do período de cultivo do arroz irrigado, favorece a disponibilização de nutrientes presentes no solo, tanto nativos como provenientes de fertilizantes. Da mesma forma, promove a elevação do pH dos solos ácidos para valores entre 6,0 e 6,5, com a consequente eliminação do alumínio trocável. Em decorrência, a cultura do arroz irrigado, independentemente da região de cultivo, apresenta menor resposta à adubação, comparativamente às culturas de sequeiro. Normalmente, as quantidades médias de nitrogênio, fósforo e potássio recomendadas ao arroz irrigado correspondem à metade daquelas utilizadas para espécies de sequeiro cultivadas nas mesmas condições de solo.

A despeito de tal característica e em razão da baixa fertilidade natural da maioria dos solos cultivados com arroz do Rio Grande do Sul, a prática da adubação tem sido indispensável para que sejam alcançadas produtividades elevadas, viabilizando economicamente a cultura.

A adubação mineral visa prover, às plantas de arroz, nutrientes em quantidades suficientes para suprir o déficit estabelecido entre sua exigência nutricional e o suprimento natural do sistema, incluindo o solo, a água de irrigação e os restos culturais. As quantidades requeridas variam, porém, em função da interação entre vários fatores: fertilidade do solo; sistemas de culturas e de cultivo; condições climáticas; características da cultivar; nutriente e fonte considerados, além das práticas de manejo.

Todos os fatores relacionados desempenham papel importante na definição da necessidade de nutrientes do arroz irrigado, tendo sido contemplados, pela pesquisa, quando do estabelecimento das recomendações de adubação e calagem para a cultura. Contudo, o sucesso na aplicação dessas informações requer maior

dinamismo, estando vinculado ao conhecimento das peculiaridades de cada área, bem como ao acompanhamento contínuo destas, de forma a permitir o ajuste das informações disponíveis às condições locais.

A seguir, serão abordados os principais aspectos relacionados às recomendações de fertilizantes e corretivos para a cultura do arroz irrigado, bem como discutidos os principais fatores determinantes da maior eficiência em sua utilização, visando contribuir para a utilização racional desses fatores no processo produtivo.

Fundamentos das recomendações de adubação e calagem para o arroz irrigado

As recomendações de adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul foram estabelecidas a partir da análise de dados experimentais, gerados pela pesquisa, ao longo de vários anos de trabalho. Visam a máxima eficiência econômica, ou seja, o maior retorno líquido por cultivo e por unidade de área.

A análise de solo é utilizada como um instrumento básico para determinar as necessidades de utilização de corretivos e fertilizantes para a cultura. Contudo, o sucesso das recomendações depende tanto da adequação da coleta e análise de amostras do solo e interpretação dos resultados analíticos, como da consideração dos demais fatores de produção envolvidos.

No sistema tradicional, com o monocultivo de arroz, eventualmente intercalado com pastoreio extensivo, indica-se a realização de amostragens de solo anualmente. Por outro lado, quando o arroz integra um sistema de rotação com culturas de sequeiro, o intervalo entre amostragens passa a ser de três cultivos (Comissão, 2003; Epagri 2003).

Adubação nitrogenada

O nitrogênio (N) é o nutriente que tem recebido maior atenção da pesquisa em todo o mundo, em virtude de ser o nutriente que proporciona maiores respostas em produtividade e da complexidade dos fatores que influenciam seu aproveitamento pelo arroz. Neste particular, vale ressaltar a ocorrência de grande variabilidade em sua eficiência agrônômica, ou seja, na capacidade de promover aumento de produtividade por unidade de nutriente adicionado ao solo.

A eficiência de utilização de nitrogênio pelo arroz irrigado depende da associação de vários fatores: suprimento de N e de outros nutrientes; tipo de planta; época e densidade de semeadura; controle de plantas daninhas; estado fitossanitário;

seqüência de culturas; fontes, doses, épocas e modos de aplicação do fertilizante nitrogenado; manejo da água e condições climáticas, particularmente temperatura e radiação solar (Machado, 1993). Dentre estes, destacam-se a interação entre o manejo da água de irrigação (Snyder & Slaton, 2001) e do fertilizante nitrogenado, por contribuir sobremaneira para o sucesso da produção de arroz (Wilson Jr. et al., 1998).

O nitrogênio disponível do solo é praticamente todo proveniente da decomposição e mineralização da matéria orgânica, realizada por microrganismos que transformam o N orgânico nas formas amoniacal (NH_4^+) e nítrica (NO_3^-), aproveitáveis pelas plantas. Diante disso, uma avaliação simplista do grau de disponibilidade de nitrogênio no solo é baseada na análise do teor de matéria orgânica do solo.

Embora o teor de matéria orgânica do solo possa ser considerado um fator importante ao estabelecimento dos níveis de adubação nitrogenada para o arroz irrigado, o tipo de planta, as condições climáticas e a interação com outras práticas de manejo também desempenham papel decisivo.

Quanto à resposta ao nitrogênio, as cultivares de arroz atualmente em uso no RS são agrupadas em dois tipos de planta: porte baixo e médio. As cultivares de porte baixo ou modernas apresentam resistência ao acamamento e folhas eretas, conseguindo interceptar mais eficientemente a radiação solar e apresentando alta taxa de conversão dos fotoassimilados em grãos. Por possuírem um sistema radicular ramificado e abundante, essas cultivares absorvem mais eficientemente os nutrientes, incluindo o nitrogênio, sendo, portanto, mais responsivas à aplicação deste elemento. Por sua vez, as cultivares de porte médio ou americanas apresentam folhas semi-eretas, sendo menos eficientes na interceptação da radiação solar e responsivas ao nitrogênio (Machado & Dias, 1985; Lopes et al., 1999).

Nos anos em que a radiação solar é alta no período compreendido entre 15 dias antes e 15 dias após o florescimento da cultura, devem ser esperados rendimentos elevados, sendo alta a probabilidade de ocorrência de resposta do arroz à aplicação de níveis elevados de nitrogênio; quando a radiação solar diminui nesse período, o rendimento e a resposta da cultura à adubação nitrogenada tendem a diminuir (Lopes et al., 1997; Machado et al., 1997; Machado et al., 1999).

No Rio Grande do Sul, as condições de temperatura e de radiação solar favoráveis ao crescimento do arroz situam-se dentro de um período restrito, limitando-se entre a segunda quinzena de outubro e a primeira quinzena de março. Por essa razão, a época de semeadura é um dos principais fatores condicionantes da produtividade e, portanto, da resposta à adubação nitrogenada. Quando a semeadura é efetuada entre a segunda quinzena de outubro e a primeira de novembro, o ciclo da cultura ocorre dentro das melhores condições climáticas e a probabili-

dade de obtenção de produtividades elevadas é grande.

Outro aspecto fundamental referente à eficiência da adubação nitrogenada para o arroz irrigado diz respeito à interação no manejo desse insumo com o da água de irrigação. Nas regiões produtoras do RS, onde se adota o sistema de semeadura em solo seco, normalmente o manejo da adubação nitrogenada em cobertura consiste no parcelamento do fertilizante (usualmente a uréia) em duas aplicações: a primeira realizada no início do perfilhamento e a segunda por ocasião do início da diferenciação da panícula (IDP). Ambas sobre uma lâmina de água não circulante, estabelecida entre 20 e 30 dias após a emergência das plântulas (Irga, 2001).

Esse sistema de manejo está sujeito a perdas, visto que o nitrogênio aplicado na semeadura é oxidado a nitrato no período que antecede ao alagamento solo, podendo ser perdido por desnitrificação, após sua submersão. Além disso, o aproveitamento de nitrogênio pelo arroz é limitado quando o adubo é aplicado sobre a lâmina de água nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, em razão do pequeno desenvolvimento do sistema radicular, limitando a utilização do nutriente (Norman et al., 1992b; Machado, 1993; Machado e Scivittaro, 2003); porém, pode aumentar bastante pela aplicação em profundidade, nessa fase, ou em cobertura, em estádios mais adiantados (Vlek & Craswell, 1979; Fillery et al., 1984).

Uma outra possibilidade de manejo da adubação em cobertura consiste em colocar parte do fertilizante anteriormente à submersão do solo e o restante por ocasião do início da diferenciação da panícula, sobre a lâmina de água. O manejo do N em solo seco proporciona maior disponibilidade e aproveitamento do nutriente pelo arroz, em razão de sua incorporação ao solo pela água de irrigação e da diminuição das perdas (Norman et al., 1992a; Genro Junior et al., 2003).

O sucesso dessa prática depende basicamente de dois fatores: 1) intervalo de tempo entre a aplicação do fertilizante e a submersão do solo, que deve ser o menor possível, para evitar perdas por volatilização de amônia do fertilizante mantido na superfície do solo (Beyrouy et al., 1992) ou por desnitrificação do N oxidado a nitrato durante o período que antecede o alagamento e 2) umidade do solo, que não deve ser elevada, pois, sob condição de saturação, o nitrogênio aplicado não é incorporado ao solo pela água de irrigação, possibilitando perdas por volatilização de amônia (Norman et al., 1992a).

Uma vantagem adicional da aplicação do N em solo seco consiste na diminuição do custo da operação; normalmente, esta é realizada via aérea (mais onerosa) no perfilhamento e IDP, podendo ser feita por via terrestre, em solo seco, na primeira época (Voss & Zini, 1993), constituindo, pois, uma alternativa interessante para o produtor (Genro Junior et al., 2003).

Em função das interações relatadas, torna-se difícil o estabelecimento de indicações exatas de doses de nitrogênio para a cultura do arroz irrigado. No sistema de semeadura em solo seco (convencional, cultivo mínimo e plantio direto), estas variam de menos de 10 a 90 kg ha⁻¹ de N, dependendo do teor de matéria orgânica do solo e do tipo de planta utilizado (Irga, 2001). Já no pré-germinado, são indicadas doses de até 120 kg ha⁻¹ de N. Existe, porém, uma tendência de flexibilização da dose recomendada, que pode ser reduzida ou acrescida em até 30% da indicada, levando-se em consideração o histórico da lavoura com respeito às respostas ao N e cultivos antecedentes (leguminosas ou gramíneas), à incidência de doenças, especialmente a brusone, cujo desenvolvimento é favorecido pelo excesso de nitrogênio, ao desenvolvimento vegetativo da lavoura e às condições climáticas ocorridas com relação à temperatura e luminosidade (Comissão, 2003; Epagri, 2003).

A indicação de adubação atual (Tabela 1) para o sistema de semeadura em solo seco prevê a aplicação de apenas 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura e o restante em cobertura. Quando a dose de N recomendada for igual ou inferior a 50 kg ha⁻¹, a adubação de cobertura deverá ser realizada no início da diferenciação da panícula (IDP). De outro modo, quando a dose de N for superior a 50 kg ha⁻¹, recomenda-se a aplicação de metade da dose no perfilhamento e o restante, no IDP (Epagri, 2003).

Tabela 1. Recomendação de adubação nitrogenada para o arroz irrigado em sistema de cultivo e para tipos de cultivar.

Matéria orgânica,	Pré-germinado	Semeadura em solo seco	
		Portão baixo	Portão Médio
kg ha ⁻¹ de N			
≤2,5%	90-120	90	60
2,6 - 5,0	60-90	80	45
> 5,0	≤60	≤70	≤30

Adaptado de Epagri (2003).

Para o sistema pré-germinado, a adubação com N na base não é recomendada em virtude dos riscos de perdas por desnitrificação decorrentes da drenagem do solo posterior à semeadura. Para as cultivares de ciclo curto (< 125 dias) e médio (entre 125 e 135 dias), recomenda-se aplicar 50% do N no início do perfilhamento e o restante no início da diferenciação da panícula. Para as cultivares de ciclo longo (> 135 dias), a cobertura pode ser fracionada em 3 aplicações, 1/3 no início do perfilhamento, 1/3 no perfilhamento pleno e, se necessário, completada com 1/3 no início da diferenciação da panícula (Epagri, 2003).

Com relação às fontes de N para o arroz irrigado, as mais recomendadas são a amídica (uréia) e as amoniacais, como o sulfato de amônio, os fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP), especialmente quando aplicadas em cobertura sobre o solo inundado, pois evitam maiores perdas de N por lixiviação e desnitrificação (Machado, 1993). Ressalta-se, porém, que o uso de doses elevadas de sulfato de amônio sob temperatura elevada pode ser prejudicial ao arroz, em razão da formação de gás sulfídrico oriundo da redução de sulfatos (Irga, 2001).

Embora o arroz absorva nitrogênio durante todo o seu ciclo, as exigências são maiores nas fases de perfilhamento e reprodutiva. Todavia, é nesta última que se inicia com a diferenciação da panícula, que a planta apresenta maior eficiência na absorção de N para a produção de grãos, uma vez que o sistema radicular se encontra mais desenvolvido e, conseqüentemente, com maior potencial de absorção de nutrientes (Lopes, 1990; Machado, 1993).

Portanto, a época de aplicação de nitrogênio em cobertura ao arroz está associada ao estágio de desenvolvimento da planta e aos riscos de perdas deste nutriente do fertilizante (Machado & Scivittaro, 2003).

Adubação fosfatada

O fósforo (P) está entre os nutrientes mais favorecidos pela submersão do solo, que promove aumentos significativos em sua disponibilidade para as plantas de arroz. Concentrações máximas do nutriente na solução do solo são atingidas quatro a cinco semanas após o alagamento. A dinâmica do P em solos alagados explica a razão de os solos cultivados com arroz irrigado, embora apresentem, quando secos, baixos teores de P disponível, mostrem resposta relativamente baixa da cultura à adubação fosfatada.

Com base em resultados de pesquisa, foram estabelecidas quatro faixas de disponibilidade de fósforo no solo para o arroz irrigado, considerando os métodos Mehlich-I e resina. Este último possibilita aprimoramento no diagnóstico da disponibilidade de fósforo para solos adubados com fosfatos naturais. Tendo em vista estas faixas, foram elaboradas as atuais recomendações que constam da Tabela 2 (Comissão, 2003; Epagri, 2003).

Tabela 2. Recomendação de adubação fosfatada para o arroz irrigado em sistemas de cultivo.

P no solo		Interpretação	Pré-germinado	Semeadura em solo seco
Mehlich-I	Resina			
----- mg dm ⁻³ P -----		----- kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅ -----		
≤ 3,0	≤ 10	Baixo	40	60
3,1 – 6,0	10,1 – 20	Médio	30	40
6,1 – 12,0	20,1 – 40	Alto	20	20
> 12,0	> 40	Muito alto	< 20	< 20

Adaptado de Epagri (2003).

Os teores de 6,0 mg dm⁻³ e 20 mg dm⁻³ de P no solo, para os métodos Mehlich-I e resina, respectivamente, são considerados níveis críticos, acima dos quais a probabilidade de retorno econômico à adubação com o nutriente é muito pequena. As recomendações para solos com teores acima desses valores têm como objetivo repor a quantidade extraída pela cultura, mantendo a fertilidade do solo.

No cultivo de arroz com pré-inundação do solo, algumas formas de fosfatos do solo (fosfatos de alumínio, ferro e cálcio) liberam P antes mesmo da sementeira, o que não ocorre tão rapidamente no sistema de sementeira em solo seco. Por esse motivo, a recomendação máxima de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o sistema pré-germinado é inferior àquela para sistemas de sementeira em solo seco, de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Em razão da importância do fósforo na fase inicial de crescimento do arroz e da baixa mobilidade deste elemento no solo e grande translocação dentro da planta, indica-se a aplicação integral do fósforo na sementeira. No sistema de sementeira em solo seco, o fertilizante fosfatado pode ser aplicado a lanço ou em linha, preferencialmente ao lado e abaixo do sulco de sementeira. Recomenda-se, para as aplicações a lanço, a incorporação dos adubos fosfatados na camada superficial do solo. Contudo, em áreas já estabelecidas em sistema de plantio direto, resultados satisfatórios são obtidos apenas com a aplicação superficial dos fosfatos. No caso do pré-germinado, os fertilizantes fosfatados podem ser aplicados e incorporados por ocasião da formação da lama ou após o renivelamento da área, anteriormente à sementeira.

A difusão do P no solo e o transporte por fluxo de massa para as raízes do arroz são favorecidos pela submersão. Em decorrência, nos solos inundados, as diferenças nas respostas do arroz a fontes de fósforo são minimizadas, se comparadas às condições de sequeiro. Alguns fosfatos naturais reativos, como o de Arad, de Gafsa e de Marrocos, isolados ou misturados com fosfatos solúveis em água, têm mostrado eficiência comparável à destes últimos isoladamente, notadamente, em solos com teor de P superior a 3 mg dm⁻³.

Resumindo, para solos com teores baixos de fósforo (< 3 mg dm⁻³) (Mehlich-I), recomenda-se dar preferência ao uso de fontes de fósforo solúveis. Já para os solos com teores maiores que 3 mg dm⁻³ de P, é viável a utilização de outros fosfatos, isoladamente ou em misturas. No caso de fosfatos naturais, recomendam-se os reativos, sendo a dose calculada considerando o dobro do teor de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico 2% (relação 1:100) (Comissão, 2003; Epagri, 2003).

Adubação potássica

Da mesma forma que para o fósforo, normalmente observa-se uma baixa resposta do arroz irrigado à adubação potássica, mesmo em solos com teores médio ou baixo de potássio (K) disponível. As respostas, quando observadas, referem-se à aplicação de doses relativamente baixas do nutriente.

A baixa resposta do arroz irrigado à aplicação de potássio como adubo é plenamente justificável pelo aumento de sua disponibilidade decorrente do deslocamento dos sítios de troca pelo NH₄⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺, quando da submersão do solo (Machado, 1993). Além disso, a contribuição do potássio da água de irrigação, cuja concentração pode atingir de 1 a 5 mg dm⁻³, o que corresponde ao fornecimento de 10 a 50 kg ha⁻¹ de K₂O ao arroz; a liberação de K da fração não-trocável e a substituição parcial do K por sódio (Na), abundante na maioria dos solos cultivados com arroz (Castilhos, 1999), também justificam eventuais ausências de resposta à adubação potássica em solos que as interpretações de análise de solo recomendam a aplicação do nutriente (Silva et al., 2003).

Considerando o quadro atual da lavoura orizícola da Região Subtropical, com o uso de cultivares mais produtivas e extratoras de potássio, a utilização de fórmulas de adubos muitas vezes relativamente pobres no nutriente e o uso da palhada para a alimentação animal, bem como o aumento das áreas sistematizadas, com remoção da camada superficial do solo, é de se esperar que as reservas de potássio do solo diminuam gradativamente. Diante desses aspectos, adquire maior importância a reposição do potássio extraído pela cultura, por meio de adubações mais equilibradas e da manutenção dos resíduos da colheita (palha), capazes de restituir, ao solo, entre 80 e 90% do total do nutriente extraído pela planta.

A Tabela 3 apresenta as recomendações de adubação potássica para o arroz irrigado, estabelecidas com base no teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-I. O valor de 60 mg dm⁻³ de K no solo foi definido como o teor crítico, admitindo-se que a probabilidade de retorno econômico oriundo da adubação potássica em solos contendo teores acima desse nível é muito pequena (Comissão, 2003; Epagri, 2003).

Tabela 3. Recomendação de adubação potássica para o arroz irrigado em sistemas de cultivo.

K no solo mg dm ⁻³ K	Interpretação	Pré-germinado	Semeadura em solo seco
		kg ha ⁻¹ de K ₂ O	
< 30	Baixo	80	60
31 - 60	Médio	60	40
61 - 120	Alto	40	20
> 120	Muito alto	<40	<20

Adaptado de Epagri (2003).

Com relação à época de aplicação de K, em razão da maior parte do nutriente ser absorvida pela planta de arroz na fase vegetativa, em geral, os melhores resultados são obtidos com a aplicação imediatamente antes da semeadura, o que se verifica tanto para o sistema de semeadura em solo seco, como para o pré-germinado. Neste sistema, os adubos potássicos podem ser aplicados e incorporados por ocasião da formação da lama ou após o renivelamento da área, antecedendo a semeadura.

Um ajuste previsto nessa recomendação refere-se aos cultivos em sistema pré-germinado estabelecidos em solos arenosos e orgânicos, onde as perdas de potássio são maiores e, portanto, doses maiores são recomendadas. Nestes casos, poderão ser realizadas duas aplicações de K, metade da dose antes da semeadura e outra em cobertura, por ocasião da diferenciação da panícula, juntamente com a aplicação de nitrogênio.

Em relação às fontes de K, as opções são poucas, visto que das duas principais fontes disponíveis no mercado brasileiro, cloreto e sulfato de potássio, a primeira atende praticamente à totalidade da área cultivada com arroz irrigado no País. Ademais, o cloreto é mais concentrado em potássio, mais barato e tem mostrado, de modo geral, as melhores respostas para a cultura do arroz irrigado. A presença do enxofre, no sulfato de potássio, pode, em determinadas circunstâncias, causar danos à produtividade, da mesma forma que mencionado para o sulfato de amônio.

Adubação com micronutrientes

No Rio Grande do Sul, os resultados de pesquisa com o arroz irrigado envolvendo a aplicação de micronutrientes, indicam não haver resposta positiva, tanto do modo de aplicação, como do tipo de insumo para a cultura. Deve-se ressaltar,

contudo, que estas conclusões são baseadas em poucos dados e que mais estudos são necessários para consolidar essas avaliações preliminares. Porém, quando for observada deficiência de micronutrientes em uma lavoura de arroz, poderá ser justificada a aplicação de adubos foliares, sempre que se disponha de orientação técnica especializada. Recomenda-se a utilização da análise de tecido vegetal como instrumento de auxílio na identificação de problemas nutricionais (Comissão, 2003; Epagri 2003).

Toxidez por ferro

O alagamento do solo promove a solubilização de ferro, podendo o acúmulo de Fe²⁺ na solução do solo atingir níveis tóxicos ao arroz. A toxidez por ferro pode ocorrer por absorção excessiva (toxidez direta) ou por precipitação sobre as raízes das plantas (toxidez indireta ou alaranjamento), reduzindo a absorção de nutrientes.

A utilização de cultivares tolerantes é a forma mais indicada para superar o problema. A calagem prévia do solo para elevar o pH a 6,0, assim como sua drenagem no período de pousio, contribuem para minimizá-lo. A irrigação intermitente, em casos muito específicos, com o objetivo de evitar acúmulo de Fe²⁺, pode ser recomendada com muito critério, pois existem períodos críticos no ciclo da cultura (fase reprodutiva) em que a manutenção de uma lâmina d'água no solo é fundamental. Esta prática também acarreta maior consumo de água, perdas de nutrientes e reinfestação da lavoura. Efeitos da toxidez por ferro também podem ser diminuídos com a antecipação da adubação de cobertura, em geral uma semana antes do início de diferenciação da panícula (Epagri, 2003).

Calagem

Em solos ácidos cultivados sob condições de sequeiro, o crescimento das plantas é limitado pelos baixos valores de pH, pela presença de alumínio e de manganês trocáveis em níveis tóxicos e pela baixa atividade microbiana, diminuindo a mineralização da matéria orgânica. Em consequência, a disponibilidade e o aproveitamento de alguns nutrientes essenciais diminuem, especialmente nitrogênio, fósforo, enxofre e molibdênio. Neste caso, a acidez do solo é normalmente corrigida com a aplicação de calcário, sendo, também, uma fonte de cálcio e de magnésio para as plantas (Machado, 1993).

Em solos inundados, a correção da acidez acontece naturalmente, como consequência do processo de redução do solo. Disso resulta o fenômeno conhecido como "autocalagem". Neste caso, a correção da acidez provém do consumo de H⁺ e da liberação de OH⁻ para a solução do solo, no processo de redução, que depende diretamente da atividade microbiana do solo, constituindo-se, portanto,

num processo gradual e progressivo, até atingir um ponto de equilíbrio (Ponnamperuma, 1972). As novas condições de pH e de disponibilidade de alguns nutrientes, decorrentes da redução do solo, atingem níveis estáveis, num período variável de quatro a seis semanas após a inundação (Morais & Freire, 1974).

Quando o arroz irrigado é cultivado no sistema pré-germinado, o fenômeno da "autocalagem" pode dispensar a aplicação de calcário, visto que as plantas encontram o solo com a acidez corrigida e condições mais adequadas ao crescimento, causadas pela inundação, desde o início do ciclo. Dessa forma, não são esperados aumentos significativos no rendimento de grãos, em função da calagem, exceto quando o solo for naturalmente deficiente em cálcio e magnésio (Machado, 1993).

Já para o sistema de semeadura em solo seco, a inundação pode ser retardada até 30 dias após a emergência. Nessa situação, a correção da acidez e as condições de solo mais adequadas ao crescimento da cultura, provocadas pela inundação, ocorrem próximo ao final da fase vegetativa. Considerando que é nesse período que a planta absorve grande parte dos nutrientes essenciais, admite-se que a realização de calagem no período recomendado, ou seja, de 3 a 4 meses antes da semeadura, é favorável ao arroz, uma vez que proporciona a correção do solo e melhores condições para o desenvolvimento das plantas desde o início do ciclo (Machado, 1993).

Assim, para os sistemas convencional, mínimo e plantio direto, recomenda-se a utilização de calcário segundo o índice SMP para pH 5,5, utilizando-se preferencialmente calcários dolomíticos. No sistema de cultivo pré-germinado, em que a calagem é indicada como fonte de cálcio e magnésio, indica-se a aplicação 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, para corrigir prováveis deficiências de cálcio e de magnésio, quando o solo apresentar níveis de Ca + Mg inferiores a 5 mmol_c dm⁻³ (Comissão, 2003; Epagri, 2003).

Vale salientar que, em razão do efeito residual do calcário se prolongar por 5 ou mais anos e da intensificação do cultivo do arroz em rotação ou sucessão com culturas de sequeiro, como soja, milho, sorgo, trigo e pastagens, sabidamente bastante responsivas à calagem, deve-se proceder à correção da acidez do solo levando em consideração as exigências de tais culturas.

Referências Bibliográficas

- BEYROUTY, C.A.; NORMAN, R.J.; WELLS, B.R.; HANSON, M.G.; GBUR, E.E. Yield response of rice to water and nitrogen management. **Arkansas Experiment Station Research**, Fayetteville, v.431, p.128-131, 1992.
- CASTILHOS, R.M.V. **Suprimento de potássio em solos cultivados com arroz irrigado e sua relação com mineralogia, formas e cinética de liberação**. 1999. 175f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e calagem – RS/SC. 4ª edição ampliada. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul. 2003. Não publicado.
- EPAGRI. **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Itajaí: EPAGRI, 2003. (No prelo)
- FILLERY, I.R.P.; SIMPSON, J.R.; DE DATTA, S.K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.914-920, 1984.
- GENRO JUNIOR, S.A.; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V.R.M. Manejo da adubação nitrogenada no arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 2003. p.264-266.
- IRGA. **Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre: IRGA, 2001. 128p.
- LOPES, M.S. Solos e adubação da cultura do arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**. v.43, n.391, p.3-7, 1990.
- LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M.; CORRÊA, M.I.; MENEZES, V.G.; LOPES, S.I.G. Efeito de doses de nitrogênio sobre a competitividade do arroz irrigado com o arroz vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1999, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p.341-342.
- LOPES, S.I.G.; LOPES, M.S.; MACEDO, V.R.M.; KLEPKER, D.; CORRÊA, N.I.; GIORGI, I.U. Resposta à aplicação de nitrogênio de quatro linhagens e quatro cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 1997. p.167-158.

MACHADO, M.O. **Adubação e calagem, para a cultura do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul.** Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1993. 63p. (EMBRAPA-CPATB. Boletim de Pesquisa, 2)

MACHADO, M.O.; DIAS, A.D. Resposta do arroz irrigado (cv. Bluebelle) ao nitrogênio, em cinco anos de cultivo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 1985, Pelotas. **Anais.** Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1985. p.241-249.

MACHADO, M.O.; ZONTA, E.P.; FAGUNDES, P.R.R.; TERRES, A.L. da S. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em linhagens promissoras de arroz irrigado nas safras 1994/95 e 1995/96. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997, Balneário Camboriú. **Anais.** Itajaí: EPAGRI, 1997. p.284-287.

MORAES, J.F.V.; FREIRE, C.J. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em quatro solos submetidos à inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 9, p.35-43, 1974.

NORMAN, R.J.; HELMS, R.S.; WELLS, B.R. Influence of delaying flood and pre-flood nitrogen application on dry-seeded rice. **Fertilizer Research.** The Hague, v.32, p.55-59, 1992a.

NORMAN, R.J.; WOLF, D.C.; WELLS, B.R.; HELMS, R.S.; SLATON, N.A. Influence of application time and soil moisture condition on yield and recovery of fertilizer ¹⁵N in dry-seeded rice. **Arkansas Experiment Station Research,** Fayetteville, v.425, p.7-10, 1992b.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy,** San Diego, v.24, p.29-96, 1972.

SILVA, L.S. da; SOUSA, R.O. de; BOHNEN, H. Alterações nos teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem plantas de arroz. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.33, n.3, 2003.

SNYDER, C.S.; SLATON, N.A. Rice production in the United States - an overview. **Better Crops International,** Norcross, v.85, n.3, p.3-7, 2001.

VLEK, P.L.G.; CRASWELL, E.T. Ammonia volatilization from flooded soils. **Fertilizer Research,** The Hague, v.1, p.191-202, 1979.

VOSS, M.A.; ZINI, E. Formas e épocas de aplicação de uréia em arroz irrigado. 1992/93. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais.** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p.163-164.

WILSON JR., C.E.; BOLLIICH, P.K.; NORMAN, R.J. Nitrogen application timing effects on nitrogen efficiency of dry-seeded rice. **Soil Science Society of America Journal,** Madison, v.62, p.959-964, 1998.

Otimização do uso da água nas lavouras de arroz do RS

Algenor da Silva Gomes

Isabel Helena Verneti Azambuja

André Andres

A água no planeta terra: distribuição e consumo

A água ocupa em torno de 70 % da superfície terrestre. Todavia, apenas 2,5% de toda a água existente é doce, sendo os 97,5% restantes, salina. Segundo a FAO, 99% dessa água doce encontra-se nas calotas polares, geleiras e em reservatórios subterrâneos profundos (Figura 1). Assim, apenas uma porção mínima de toda a água do Planeta Terra é passível de ser utilizada pelo homem, de forma economicamente viável e sem grandes impactos negativos ao meio ambiente. Estas condições fazem com que a água seja considerada um recurso extremamente escasso.

No Brasil, como em outros países, a água vem sendo considerada, através dos tempos, como um recurso natural renovável e abundante. Este entendimento, no país mais rico em água doce do mundo, que possui entre 10 e 16 % das reservas mundiais, não passa de uma ilusão no sentido pragmático, visto que aproximadamente 70 % da água doce está na bacia Amazônica, onde vivem apenas 7% da população brasileira (Figura 2).

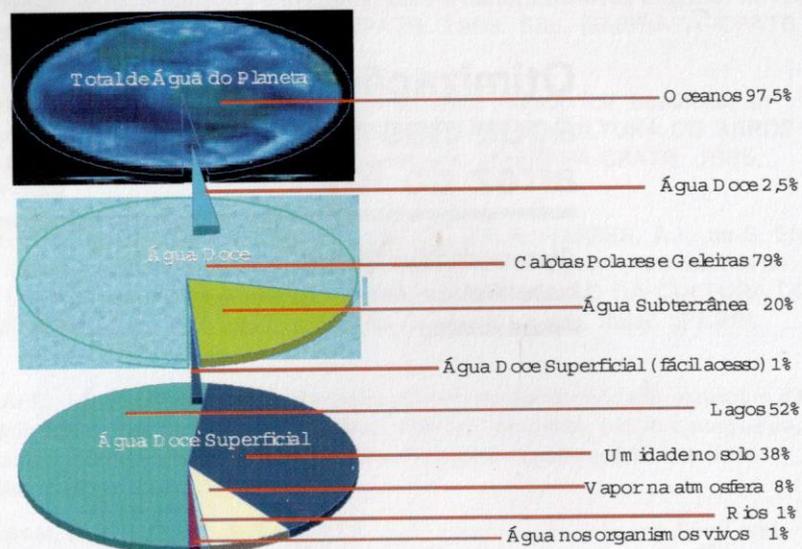


Figura 1. Distribuição da água no planeta Terra. Fonte: Romano (1997). Dados adaptados.

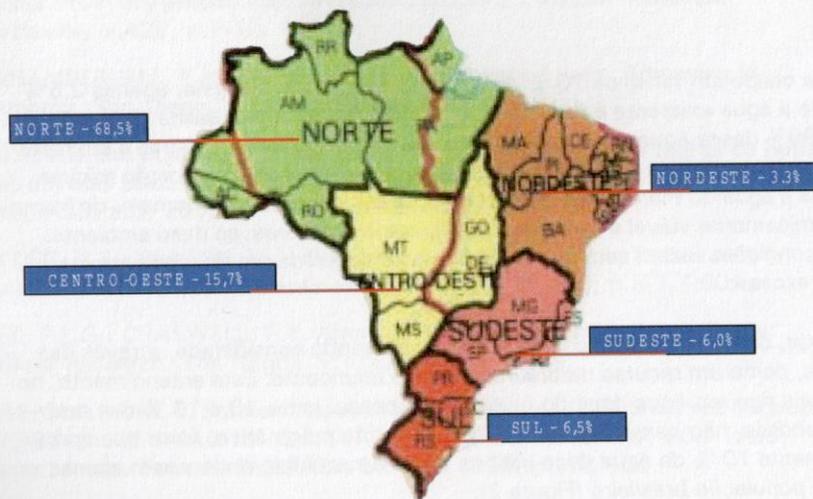


Figura 2. Disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil por Região. Fonte: Romano (1998).

A despeito de ser a água um bem escasso, os recursos hídricos disponíveis no Planeta são, ainda hoje, suficientes para atender a demanda de toda a população mundial. O problema da água decorre da desigual distribuição entre as diferentes regiões mundiais, das exigências cada vez maiores de consumo e do comprometimento da sua qualidade (poluição e contaminação), fatores que a tornam um recurso finito e vulnerável.

No século XX, o uso global da água cresceu duas vezes mais que o crescimento da população mundial e, em muitas regiões do mundo, continua a crescer rapidamente. Desde a década de 70, a quantidade de água disponível per capita decresceu, teoricamente, em torno de 40%. Presentemente, um terço da população mundial vive em áreas que apresentam deficiência de água, de moderada a severa e, se algumas ações não forem tomadas de imediato, dois terços da humanidade poderão, em 2025, conviver com escassez de água.

A água sendo considerada um bem essencial à vida, à saúde da humanidade e dos ecossistemas, e ao desenvolvimento das nações, o acesso a ela deve ser um direito de todo cidadão. Todavia, na atualidade, em termos pragmáticos, a água vem sendo considerada como uma "commodity" finita, tanto em termos quantitativo, como qualitativo.

A adoção de procedimentos no sentido da disponibilização da água, em quantidade e qualidade, bem como da otimização de seu uso, apresenta-se como uma questão prioritária a ser resolvida com a participação dos diferentes segmentos da sociedade. Nesse sentido, governos do mundo inteiro, inclusive o do Brasil (Lei federal 9.433/97), vêm assumindo suas responsabilidades, adotando procedimentos jurídicos e institucionais, consubstanciados em modernas legislações de recursos hídricos, visando o gerenciamento compartilhado dos aspectos relacionados à oferta e ao uso das águas.

A agricultura irrigada: consumo de água e área cultivada

A agricultura, através da irrigação, é a atividade que mais consome água em nível mundial. Utiliza cerca de 70% da água de rios, lagos e mananciais subterrâneos, enquanto que a indústria consome 23% e o abastecimento humano, 7%. Apesar de ser uma grande consumidora de água, a agricultura irrigada representa o meio mais eficiente e produtivo de se obter alimentos. Estima-se que, no futuro, de metade a dois terços do incremento da produção de alimentos será proveniente da agricultura irrigada.

Em 1997, a área agrícola irrigada alcançava no mundo 260 milhões de hectares e correspondia a 17% do total cultivado, sendo, todavia, responsável por 40% da produção total de alimentos. No Brasil, a agricultura irrigada demonstra grande potencialidade. Em 1997, 5% da área cultivada (2,7 milhões de hectares) era irrigada, respondendo por 16% da produção total e por 35% do valor dessa produção. O arroz irrigado, com 1,35 milhão de hectares, respondia por, aproximadamente, 50% desta área. O indicador área irrigada/plantada, ante o potencial de solos e água disponíveis, indica que a área irrigada no país pode atingir um total de 16 milhões de hectares, sem considerar o adicional de 33 milhões de hectares de várzeas.

O arroz no mundo: área cultivada e produção

O arroz, geralmente considerado como uma planta semi-aquática, pode ser cultivado, tanto em condições de solo submerso, como em solos bem drenados. Em função de sua versatilidade, adapta-se a diferentes condições de solo e clima, sendo um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo o mundo.

Na atualidade, o arroz é cultivado em aproximadamente 150 milhões de hectares, com uma produção de 578 milhões de toneladas, base casca. Presente, principalmente nos países em desenvolvimento, a cultura do arroz desempenha papel estratégico em níveis econômico e social, sendo considerada a espécie de maior potencial de aumento de produção para o combate à fome no mundo.

Em nível mundial, o arroz irrigado ocupa 55% da área total cultivada com esse cereal, sendo responsável por 75% da produção, enquanto que no Brasil, ocupa 40% da área cultivada (1,25 milhão de ha), respondendo por mais da metade da produção nacional de arroz (67%). No Rio Grande do Sul (RS), o Estado brasileiro maior produtor deste cereal, a lavoura de arroz irrigado ocupa uma área em torno de 956 mil hectares, com uma produção de 5,25 milhões de toneladas (média das cinco últimas safras). As produções estáveis do Estado são consideradas estabilizadoras das safras do país, apresentando uma produtividade média (5,5 t ha⁻¹), próxima das obtidas em países tradicionais no cultivo, como os EUA, a Austrália e o Japão.

O cultivo do arroz irrigado exige áreas com solo apropriado, com relevo plano a suave ondulado, disponibilidade de água, maquinário e mão-de-obra especializados e modernas tecnologias, caracterizando-se como um sistema que apresenta altos custos de produção.

Irrigação do arroz

A cultura do arroz irrigado, por submersão do solo, necessita de 2000 a 5000 L de água para produzir 1 kg de grãos com casca (Tabela 1), estando entre as culturas mais exigentes em termos de recursos hídricos. Ademais, é uma cultura altamente tecnificada, utilizando uma gama de defensivos agrícolas que podem comprometer a qualidade de água utilizada na irrigação. Assim, a pesquisa deve procurar disponibilizar tecnologias que possibilitem, entre outras alternativas, a utilização de água para a irrigação de forma mais eficiente e econômica, o que pode ser viabilizado a partir de um manejo mais racional.

Tabela 1. Consumo de água pelas principais culturas produtoras de alimento.

Culturas	Requerimento de água (L kg ⁻¹ de alimento)
Batata	500 – 1.500
Trigo	900 – 2.000
Sorgo	1.100 – 1.800
Milho	1.000 – 1.800
Soja	1.100 – 2.000
Arroz irrigado	1.900 – 5.000

Fonte: Problem (2003).

Em se tratando de irrigação por submersão, onde a relação água/ar no solo não é relevante, como para o caso da cultura do arroz irrigado, entende-se que o manejo de água fica mais simplificado; contudo, não se deve desconsiderar o custo da irrigação, visto que esta prática é uma das que mais contribui para onerar o custo total de produção.

Além do lado econômico, outros aspectos como necessidade de água, período de submersão do solo (início e término da irrigação), altura da lâmina de água e sua qualidade, devem ser considerados na irrigação do arroz. Ademais, a manutenção de uma lâmina de água sobre a superfície do solo provoca alterações em seus atributos, na maioria das vezes favoráveis às plantas de arroz.

Efeitos da submersão do solo

A presença de uma lâmina de água exerce uma série de influências, tanto nas plantas de arroz, como no solo. Esses efeitos estão relacionados aos aspectos físicos e fisiológicos das plantas, às condições físico químicas e biológicas do solo, bem como ao controle de plantas daninhas e algumas pragas e doenças. Na sua maioria, esses efeitos são favoráveis às plantas, e podem ser obtidos pela simples manutenção do solo sob condições de saturação. Entretanto, na prática, é utilizada uma lâmina de água, em decorrência das dificuldades de se conservar o solo saturado.

A absorção de água pelas plantas é função do potencial energético da água e da condutividade hidráulica do solo, sendo ambos favorecidos com o aumento do conteúdo desta no solo, e atingem seus valores máximos quando este se encontra saturado. Todavia, a manutenção de uma lâmina de água excessivamente profunda, notadamente na fase vegetativa, concorre para a elevação da estatura das plantas e para a redução do número de perfilhos. Dependendo da magnitude dessas alterações, a produtividade poderá ser afetada, visto que plantas mais altas são mais suscetíveis ao acamamento, e que um menor número de perfilhos concorrerá para a redução do número de panículas por unidade de área.

Em condições de submersão, os solos sofrem profundas transformações químicas, decorrentes do processo de redução provocado pelos microorganismos anaeróbios, que utilizam o oxigênio de substâncias oxidadas para o seu metabolismo. Estas transformações, decorrentes do alagamento, favorecem a disponibilidade dos nutrientes no solo, principalmente o fósforo, o potássio e o cálcio. Também concorrem para a elevação do pH dos solos ácidos para valores entre 6,0 e 6,5 e, a conseqüente eliminação do alumínio trocável. Por outro lado, as reações de redução, ocorridas em função da submersão, provocam aumento das concentrações de elementos, como Fe^{+2} e o Mn^{+2} , na solução do solo, que podem atingir níveis tóxicos às plantas de arroz.

A presença de plantas daninhas é uma realidade na cultura do arroz irrigado, e o uso de herbicidas para o seu controle, normalmente, não pode ser dispensado. A água é um fator importante para aumentar a atividade de muitos herbicidas, possibilitando, dessa forma, uma ação mais eficiente sobre as invasoras. Por outro lado, a água representa, para as plantas daninhas não aquáticas, um fator de supressão. A manutenção da lâmina de água reduz drasticamente o fluxo gasoso da atmosfera para o solo, concorrendo para que muitas plantas daninhas, inclusive o capim-arroz, não se estabeleçam por falta de oxigênio. Assim a água, isoladamente ou associada ao uso de produtos químicos, pode ser manejada visando, também, o controle de plantas daninhas.

O manejo de água de irrigação também pode exercer efeitos negativos no controle de insetos-pragas na cultura do arroz irrigado, principalmente no sistema pré-germinado. Devido à manutenção constante da lâmina de água nos tabuleiros, anterior à sementeira, o gorgulho aquático do *Oryzophagus oryzae* invade precocemente a lavoura, danificando severamente as plântulas. Em outros sistemas de cultivo, o dano causado pelo inseto adulto é insignificante, todavia, o ataque por larvas nas raízes, pode ser preocupante. Para a pulga-do-arroz (*Chaetocnema* sp.), a lagarta-da-folha (*Spodoptera frugiperda*) e o cascudo-preto (*Eutheola humilis*), a técnica da submersão do solo é altamente eficiente no seu controle.

O manejo adequado das práticas de cultivo do arroz irrigado poderá reduzir ou mesmo evitar os danos causados por certas doenças. O aplainamento ou a sistematização do solo, associado a um manejo adequado de água, poderá evitar níveis econômicos de danos causados pela brusone (*Pyricularia oryzae*), dispensando, na maioria das lavouras de arroz, o uso de fungicidas. Porém, o atraso na entrada de água após o perfilhamento, ou o fornecimento intermitente (banhos ou coroas), modificam a fisiologia e a estrutura (aerênquimas) das plantas, tornando-as mais sensíveis a brusone.

O custo da irrigação na cultura do arroz irrigado

A irrigação, além de estar entre os insumos mais onerosos do custo de produção da lavoura de arroz irrigado, contribuindo, na média dos últimos cinco anos, com 14,7% do custo total, poderá, num futuro próximo, ser acrescida de um valor relativo ao pagamento da água utilizada. A Lei Estadual N.º 10.350, de 30 de dezembro de 1994, que criou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e os comitês de bacia, para regulamentarem a distribuição e uso das águas, terá como conseqüência, o pagamento de um valor equivalente ao volume a ser captado para a irrigação.

O custo ponderado para irrigar um hectare da lavoura de arroz no Rio Grande do Sul, na safra 2002/03, estimado pelo Instituto Riograndense do Arroz - IRGA, a preços de março de 2003, é de R\$ 344,50 ha^{-1} (Tabela 2), significando 12,8% do custo total (R\$ 2696,49 ha^{-1}).

O cálculo do custo da irrigação considera os equipamentos, reformas e manutenção, taxa anual de juros de amortização, depreciação, despesas com óleo diesel ou energia elétrica, operador da estação de recalque de água (equipamento diesel) e aguador. Os equipamentos/barragem, tomados para cálculo, apresentam capacidade de irrigar uma área média de 100 hectares. O período considerado na irrigação de 100 ha foi de 100 dias, com turno de 16 horas dia^{-1} , totalizando 1600 horas safra⁻¹, ou seja, 16 horas ha^{-1} safra⁻¹ (Tabela 3). O custo ponderado no Estado baseia-se no percentual do número de lavouras com mais de um levante (27,5%) e o percentual de lavouras que utilizam irrigação mecânica, diesel (20,6%) ou elétrica (49%), e natural [por gravidade (30,4%)].

Tabela 2. Custo ponderado ha⁻¹ da irrigação da lavoura de arroz irrigado no RS, safra 2002/03. (Preços base março 2003, pelo IGP-DI da FGV).

Especificação	Diesel	Elétrica	Natural
	R\$ ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹	(gravidade) R\$ ha ⁻¹
Custo/modalidade	448,24	232,56	303,76
Mais de um levante	107,66	48,35	-
Total	555,90	280,91	303,76
Custo ponderado	114,51 (1)	137,65 (2)	92,34 (3)
Custo da irrigação (1 + 2 + 3)		R\$ ha ⁻¹	344,50
Custo total de produção		R\$ ha ⁻¹	2.696,49
Preço saco arroz (seco, limpo) março/03	R\$ sc ⁻¹		24,68
Participação do item irrigação no CT	%		12,8
Custo da irrigação	sc ha ⁻¹		14,4
Custo total de produção	sc ha ⁻¹		109,3
Produtividade esperada	kg ha ⁻¹		5.500
Área total plantada no Estado	ha		951.936

Tabela 3. Custo hora⁻¹ das diferentes modalidades de irrigação, no estado do RS.

Especificação	Irrig. diesel (R\$ hora ⁻¹)	Irrig. elétrica (R\$ hora ⁻¹)	Irrig. natural (R\$ hora ⁻¹)
Depreciação	1,29	1,58	-
Juros de amortização	0,72	1,33	10,32
Reformas e manutenção	1,29	2,38	5,12
Combustível/energia	15,58	5,70	-
Operador	5,59	-	-
Total	24,47	10,99	15,44
Mais um levante	6,73	8,86	-
Total ponderado	6,42	6,86	4,69
Total hora ⁻¹ do equipamento		R\$	17,97 (a)
Total hora ⁻¹ do aguador		R\$	7,12 (b)
Total ha ⁻¹ (a)* 16 horas ha ⁻¹		R\$	287,52
Total aguador (b)* 8 horas ha ⁻¹		R\$	56,98
Total ha ⁻¹		R\$	344,50
Total dia ⁻¹ ha ⁻¹ (c/100)		R\$	3,45

Fonte/observação: Dados compilados de <http://www.irga.rs.gov.br>, adaptados pelos autores. Preços corrigidos para março 2003 pelo IGP-DI, FGV.

Como o principal recurso da irrigação é a água e, como a competição com outros setores vem crescendo rapidamente, esta poderá se tornar o principal fator limitante. Considerando a questão ambiental, a legislação é estabelecida com o objetivo de regulamentar o uso dos recursos hídricos e de estabelecer instrumentos de gerenciamento, como a outorga do uso da água, a cobrança pela utilização destes recursos e o licenciamento de empreendimentos de irrigação. Assim, esforços para o controle de perdas e aumento da eficiência dos processos de irrigação, poderão levar a uma redução significativa no custo total de produção, além de otimizar a relação água captada/produção de alimentos.

Consumo de água nas lavouras de arroz irrigado

O volume de água requerido para a cultura do arroz irrigado representa o somatório necessário para saturar o solo, formar a lâmina de água, compensar a evapotranspiração (uso consuntivo) e as perdas decorrentes de infiltrações laterais (taipas e canais) e de percolações profundas. A quantidade de água depende do sistema de cultivo adotado, das condições físicas e da declividade da superfície do solo, do ciclo da cultivar (período vegetativo), das condições climáticas e do período de irrigação. No Rio Grande do Sul o consumo de água nas lavouras de arroz irrigado, pode variar entre 8.000 e 15.500 m³ ha⁻¹ safra⁻¹, tendo como fontes supridoras a irrigação e a precipitação pluviométrica (Figura 3).

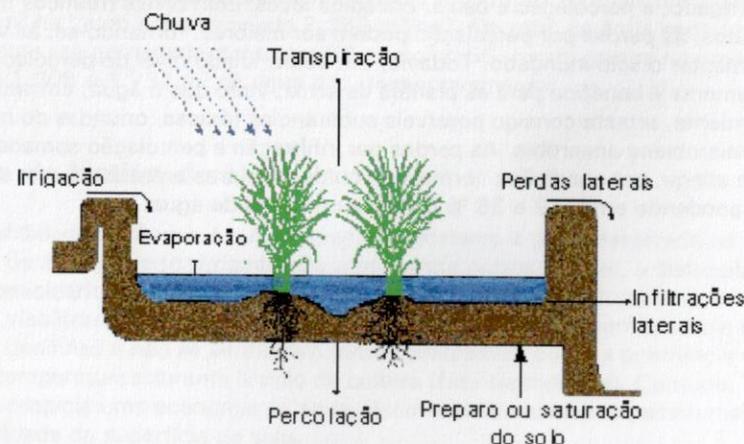


Figura 3. Balanço da água na cultura do arroz irrigado. Fonte: Adaptada de Yoshida (1981).

Demanda evapotranspiratória

As condições climáticas, como energia solar, temperatura, ventos e umidade relativa, associadas às características da planta e ao teor de água no solo, afetam a velocidade da evapotranspiração (ET). Em solos saturados ou submersos, a velocidade da ET não é restringida. Em regiões de clima temperado, a ET média diária normal de uma lavoura de arroz irrigado varia entre 6,7 e 7,7 mm dia⁻¹, o que corresponde em termos médios, a 42% do consumo.

As perdas de água por evapotranspiração, que ocorrem nos canais de irrigação, são consideradas significativas, principalmente em regiões onde estes apresentam grandes extensões, como no sul do RS. Estas perdas podem ser minimizadas através da limpeza dos canais.

Perdas por infiltração e percolação

As perdas de água por percolação e infiltrações laterais, devem ser evitadas ou, pelo menos, reduzidas. O cultivo do arroz em lavouras com taipas consolidadas concorre para reduzir as perdas por infiltrações laterais. As perdas por percolação dependem de atributos intrínsecos do solo, relacionados a sua textura e estrutura, e da topografia do terreno. Quando a quantidade de água infiltrada no solo superar a sua capacidade de retenção, ocorrerão perdas por percolação. Em solos com níveis freáticos ou com presença de camadas impermeáveis próximas à superfície (horizonte B), como a maioria dos solos cultivados com arroz irrigado, a percolação é baixa. Em solos leves, com níveis freáticos mais profundos, as perdas por percolação podem ser maiores, tornando-se, às vezes, difícil manter o solo inundado. Todavia, um determinado nível de percolação normalmente é benéfico para as plantas de arroz, visto que a água, em seu fluxo descendente, arrasta consigo possíveis substâncias tóxicas, oriundas do metabolismo microbiano anaeróbico. As perdas por infiltração e percolação somadas podem atingir, em condições normais de cultivo, valores entre 2 e 6 mm dia⁻¹, correspondendo entre 12 e 35 % do consumo total de água.

Sistemas de cultivo

Como já mencionado, do total da água utilizada para irrigação do arroz, aproximadamente 45% são evapotranspiratório (uso consuntivo), sendo o restante utilizado para outros fins. Neste contexto, ganha importância a eficiência do uso da água em função do sistema de cultivo. Via de regra, a adequação da superfície do solo, seja por meio da correção do microrrelevo (aplainamento), ou da sistematização, o uso de taipas consolidadas e a formação da lama, prática adotada no sistema pré-germinado, concorrem para reduzir o consumo de água.

De modo geral, observa-se que as avaliações de consumo total de água pela cultura do arroz irrigado, quantificadas experimentalmente, se apresentam menores que àquelas normalmente recomendadas, em termos de vazão (1,5 a 2,0 L s⁻¹ ha⁻¹ para 80-100 dias de irrigação), o que deve estar associado às condições mais favoráveis observadas durante a condução dos ensaios de pesquisa. Do mesmo modo, ficam minimizadas as diferenças do consumo total entre sistemas de cultivo, embora, em nível de lavoura, os maiores consumos de água venham sendo observados no sistema convencional.

Trabalho realizado em Santa Catarina, durante as safras 91/92 e 92/93, demonstra que o consumo médio total de água, para as duas safras, foi de 8.619 m³ ha⁻¹, ou 0,87 L s⁻¹ ha⁻¹, no sistema pré-germinado, e de 8.344 m³ ha⁻¹, ou 0,72 L s⁻¹ ha⁻¹, no sistema onde a semeadura foi realizada em solo seco. Em outro trabalho, realizado no RS, na Estação Experimental do Arroz do IRGA, em Cachoeirinha, nas safras 96/97, 97/98 e 98/99, foram constatados consumos médios de água (três safras) semelhantes entre os sistemas de cultivo. Na semeadura convencional foram consumidos 7.415 m³ ha⁻¹, no plantio direto 6.945 m³ ha⁻¹ e no pré-germinado 7.233 m³ ha⁻¹. Do total de água consumido no sistema pré-germinado, tanto em SC como no RS, foram gastos no preparo do solo 1.808 e 1.252 m³ de água ha⁻¹, respectivamente.

Altura da lâmina de água

A profundidade da lâmina é outro aspecto importante a ser considerado no manejo de água em arroz irrigado. Ela afeta, entre outros fatores, a distribuição e a economicidade de água de irrigação. Lâminas de água com altura em torno de 2,5 cm viabilizam ótimos rendimentos, desde que ocorra um bom controle de plantas daninhas e não se verifiquem outros problemas, como a ocorrência de baixas temperaturas durante o ciclo da cultura (fase reprodutiva). Contudo, embora propicie uma economia de água, lâminas muito baixas requerem maior uniformidade da superfície do solo.

Por outro lado, lâminas de água com alturas superiores a 2,5 cm, variando até 7,5 cm, embora aumentem o consumo, exigem menor nivelamento da superfície do solo, menores cuidados em termos de controle de doenças e de plantas daninhas, e são igualmente eficientes. Lâmina de água superior a 10 cm, reduz o número de perfilhos e as plantas de arroz se tornam mais altas, facilitando o acamamento; aumentam as perdas por percolação e infiltração lateral e provocam maior evaporação durante a noite, em consequência do maior armazenamento de energia térmica. Em função desses aspectos, verifica-se maior requerimento de água, podendo o consumo atingir valores superiores aos 10 mil m³ ha⁻¹, ou a 1,2 L s⁻¹ ha⁻¹, para um período de 100 dias de irrigação.

A altura da lâmina de água pode variar também em função da fase de desenvolvimento da cultura. Na fase vegetativa, a altura da lâmina de água deve ser mantida tão baixa quanto possível, viabilizando uma adequada produção de perfilhos, fator importante na definição da capacidade produtiva do arroz e no melhor enraizamento das plantas. Na etapa de máximo perfilhamento, se esta não ocorrer em torno da diferenciação do primórdio floral, pode ser realizado, se necessário, um período mínimo de drenagem da lavoura.

Na fase reprodutiva, em regiões onde podem ocorrer temperaturas baixas (< 15° C), independentemente do sistema de cultivo, a altura da lâmina de água pode ser elevada até 15 cm, por um período de 15 a 20 dias. Em tais circunstâncias, a água atua como termorreguladora, reduzindo a ação negativa destas temperaturas sobre a formação dos grãos de pólen (microesporogênese) e, consequentemente, sobre a fertilidade das espiguetas. Na última fase do ciclo biológico das plantas de arroz, denominada fase de maturação, não há necessidade de manter uma lâmina de água.

Período de irrigação

O período de irrigação é outro fator determinante no volume de água consumido em uma lavoura de arroz, e pode ser reduzido pelo retardamento do início e/ou pela antecipação do término da irrigação. O início da submersão do solo, normalmente está associado ao controle de plantas daninhas. Atualmente, com a existência de herbicidas com período residual adequado e com o uso de técnicas cada vez mais racionais no controle das plantas daninhas, é possível retardar a entrada de água na lavoura de arroz, sem prejuízo da produtividade e da qualidade de grãos. Por outro lado, deve-se ressaltar que existem tecnologias disponíveis que requerem a entrada de água mais cedo na lavoura.

Dados de pesquisa comprovam que o início da irrigação, desde que a planta não venha a sofrer nenhum estresse, pode ocorrer até 30 dias após a emergência das plântulas (50%). Este adiamento possibilita um melhor desenvolvimento do sistema radicular, um número maior de perfilhos e um maior vigor inicial das

plantas de arroz, evitando também problemas de estiolamento. Desta forma, as plantas estarão mais habilitadas a usufruir os efeitos benéficos, ou superar os possíveis efeitos fitotóxicos, como os proporcionados pelo ferro solúvel (Fe⁺²), decorrentes da submersão do solo. Por outro lado, no período que antecede a submersão do solo, caso haja necessidade de banhos para viabilizar a germinação e emergência, estes podem ser realizados, a despeito de também contribuírem para a emergência do arroz-daninho (arroz-vermelho e preto).

Trabalhos realizados na Embrapa Clima Temperado (Tabelas 4 e 5) indicam que o início da inundação do solo, para cultivares precoces, como a Bluebelle e a BRS 6 "Chuí", ou mesmo para cultivares de ciclo médio, como a BR IRGA 410 e a BRS Pelota, pode ocorrer até 30 dias após a emergência das plântulas, sem prejuízos para a produtividade e a qualidade de grãos. O aumento de ciclo verificado para a BR IRGA 410, quando o início da submersão do solo ocorreu aos 28 dias após a emergência das plântulas, em relação aos 14 dias, não chega a comprometer o seu ciclo biológico (130 dias). Os resultados contidos na Tabela 5 demonstram que a possibilidade do retardamento do início da irrigação (submersão do solo) na cultura do arroz irrigado, até 30 dias após a emergência das plântulas, está associado à utilização de herbicidas que apresentem, além de eficiência, efeito residual.

Tabela 4. Rendimentos médios de grãos (t ha⁻¹) e de engenho (%), e ciclo das cultivares Bluebelle, BR IRGA 410 e BRS 6 "Chuí", em função da época de início da irrigação. Embrapa Clima Temperado.

Cultivar	Início da irrig.	Ciclo	Rendimento	
	— Dae ¹	—	Grãos (t ha ⁻¹)	Eng. (%)
Bluebelle ³	14	79	5,4a ²	55,8
	28	80	5,3a	53,9
	42	81	4,9a	52,2
BR-IRGA 410 ³	14	89	4,9ab	57,1
	28	97	5,2a	57,1
	42	99	5,9a	59,0
BRS 6 "Chuí" ⁴	25	82	8,8a	67,0
	32	82	8,1ab	66,0
	39	82	7,7b	67,0

¹Dias após a emergência das plântulas.

²Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada cultivar, não diferem entre si pelo teste de duncan (5%).

Fontes: ³Gomes et al. (1999) e ⁴Scivittaro et al. (2003). Dados adaptados.

Tabela 5. Produtividade de grãos de arroz irrigado (kg ha⁻¹), em função de tipo e doses de herbicidas e épocas de início de irrigação. Embrapa Clima Temperado.

Herbicida (mL pc ha ⁻¹)	Época de início de irrigação			
	23 dae ¹	30 dae	37 dae	44 dae
Bispyribac 80 mL	A 6,4a ²	A 6,4 a	B 5,0 a	B 4,5 cd
Bispyribac 100mL	A 6,1 a	A 5,6 a	AB 5,0 a	B 3,8 d
Bispyribac 120mL	A 6,3 a	A 6,7 a	B 5,4 a	B 5,5 bc
Bispyribac 80 mL + Clomaz. 0,6L	A 6,4 a	A 7,0 a	A 5,9 a	A 6,5 ab
Bispyribac 100 mL + Clomaz. 0,6L	A 6,0 a	A 6,6 a	A 5,8 a	A 7,1 a
Bispyribac 120 mL + Clomaz. 0,6L	A 6,3 a	A 6,0 a	A 6,3 a	A 7,1 a
Propanil480 6L + Clomaz. 0,6L	A 6,4 a	AB 6,8 a	B 5,9 a	A 7,7 a
Testemunha infestada	A 3,2b	B 2,8 b	B 1,9 a	C 0,8 e
CV	14,4%			

¹Dias após a emergência das plântulas.²Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e antecedidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Dunca (5%).

Fonte: Andres et al. (2003).

Trabalho realizado no Instituto Rio-grandense do Arroz (IRGA), onde são estabelecidas relações entre épocas de início de irrigação e herbicidas, demonstra que o atraso da entrada de água na lavoura de arroz irrigado, dependendo das características do herbicida utilizado, pode proporcionar produtividades semelhantes àquelas obtidas quando a irrigação se inicia mais cedo (Tabela 6)), vindo ao encontro dos resultados apresentados anteriormente. O ciclo da cultivar BR-IRGA 410, utilizada no trabalho, da emergência à maturação, foi de 117, 125 e 135 dias, quando o início da irrigação ocorreu aos 15, 25 e 35 dias, respectivamente, após a emergência das plântulas.

Tabela 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado (kg ha⁻¹), em função de tipo e doses de herbicidas e épocas de início de irrigação. IRGA/EEA ¹Dias após a emergência das plântulas.

Herbicida	Dose de i.a (g ha ⁻¹)	Época de início de irrigação		
		15 dae ¹	25 dae	35 dae
Quinclorac	225	A5,6a ²	B 4,2b	C 3,8b
Quinclorac	300	A 6,3a	A 6,0a	B 5,0a
Quinclorac	375	A 6,0a	AB 5,6ab	B 4,8b
Clomazone + Propanil	300 + 2880	A 6,5a	A 6,6a	A 6,0a
Clomazone + Propanil	400 + 2880	A 6,2a	A 6,1a	A 6,3a
Testemunha, s/controle	-----	A 0,2b	A 0,2c	A 0,2c

¹Dias após a emergência das plântulas.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e, antecedidas pela mesma letra maiúscula na linha, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Fonte: Ramirez et al. (1999).

A supressão do fornecimento de água à lavoura de arroz, outra prática que pode concorrer para reduzir o consumo deste insumo, pode ser realizada a partir de uma semana até 10 dias após a floração (50%), e a drenagem, uma semana mais tarde, sem causar prejuízos à produtividade e à qualidade dos grãos. Este procedimento permite reduzir problemas relacionados à retirada da produção da lavoura e de degradação do solo. Ao se realizar a supressão da irrigação ou proceder-se a drenagem da lavoura, antecipadamente, deve-se levar em conta aspectos como lâmina de água existente, capacidade de retenção e armazenamento de água, drenagem interna do solo e as condições climáticas predominantes, visto que, no período compreendido entre a floração e a maturação, ocorre o maior acúmulo de matéria seca (70%) na planta de arroz.

As produtividades médias de grãos, proporcionadas pelas cultivares, apresentadas na Tabela 7, não manifestam variações amplas em função da época de drenagem final. Contudo, é oportuno salientar que a drenagem realizada no florescimento da cultura, principalmente no município de Bagé, proporcionou rendimento inferior de grãos em relação às demais épocas de drenagem, bem como taxas mais elevadas de esterilidade.

Tabela 7. Produtividade de grãos (t ha⁻¹) e esterilidade (%) de quatro cultivares de arroz irrigado, em função de épocas de drenagem final, em Pelotas/RS (Pel) e Bagé/RS (B).

ED ¹	Bluebelle		409		410		414		Média	
	Pel	B	Pel	B	Pel	B	Pel	B	Pel	B
Produtividade de grãos, t ha ⁻¹										
1 ²	4,4	6,0	5,7	6,4	5,2	6,2	5,1	7,2	5,1	6,4
2	4,3	6,1	5,8	7,6	5,9	7,3	5,1	7,2	5,2	7,0
3	4,2	5,9	5,4	6,8	5,4	8,5	5,4	6,5	5,1	6,9
4	4,4	6,0	6,1	7,0	5,8	8,0	5,3	7,1	5,4	7,0
5	5,2	6,1	5,8	6,4	6,0	8,5	5,0	6,0	5,5	6,8
Esterilidade de espiguetas, %										
1	10	16	6	14	17	32	17	20	15	21
2	8	20	6	12	11	13	14	23	10	17
3	8	14	5	13	11	12	17	18	10	14
4	8	21	6	12	10	10	18	18	11	15
5	9	22	7	13	11	10	16	18	11	16

¹ED época final de drenagem.²1 - drenagem a partir do florescimento (80%); 2 - drenagem 10 dias após o florescimento; 3 - drenagem 20 dias após o florescimento; 4 - drenagem na maturação; 5 - testemunha: supressão do fornecimento de água às parcelas, 10 dias após o florescimento, deixando a água escoar naturalmente.

Fontes: Gomes et al. (1985) e Gomes et al. (1999).

Trabalhos realizados em Arkansas, Estados Unidos da América, comprovam também que a irrigação pode ser suspensa a partir de uma semana até 10 dias após início da floração (50%), e a drenagem da lavoura, realizada uma semana mais tarde, sem causar prejuízos à produtividade e à qualidade dos grãos de cultivares de arroz irrigado (Tabela 8).

Tabela 8. Rendimento de grãos de arroz (Rg), umidade dos grãos na colheita (Um) e rendimento de engenho (Re em função da época de drenagem da lavoura

Ano	Tratamento ¹									
	1	2			3			4		
	S	Rg (t ha ⁻¹)	Um (%)	Re (%)	Rg (t ha ⁻¹)	Um (%)	Re (%)	Rg (t ha ⁻¹)	Um (%)	Re (%)
1989	4	8,12	24,9	48,9	8,13	25,3	47,9	7,66	25,5	47,4
1989	5	8,25	23,1	57,0	8,18	23,7	56,4	7,92	23,4	57,0
1989	6	7,83	22,5	58,0	7,80	22,5	58,1	7,68	22,6	57,9
1990	4	7,19	31,6	51,8	7,53	31,4	52,4	7,10	32,6	49,8
1990	5	7,33	26,3	57,6	7,97	26,4	59,0	7,84	26,5	58,8
1990	6	7,61	24,5	56,4	7,98	25,1	55,2	7,82	24,4	57,2

¹ - número de semanas para a colheita após a floração (50 %); 2 - corte da irrigação uma semana após a floração e drenagem duas semanas após; 3 - irrigação até duas semanas após a floração e drenagem logo a seguir; 4 - irrigação até quatro semanas após a floração e drenagem logo a seguir. Fonte: Adaptado de Counce et al. (1993).

Eficiência da irrigação

A eficiência do uso de água no sistema de irrigação por submersão está associada, além dos aspectos discutidos anteriormente, às características físicas e topográficas do solo, a um adequado planejamento no que diz respeito à locação, construção de drenos e canais de irrigação e a cuidados operacionais. De uma maneira geral, cultivando-se o arroz em solos apropriados e assumindo-se que as etapas de planejamento, construção e operação sejam adequadas, a eficiência da irrigação, segundo dados internacionais, pode atingir 50 a 60%. No RS, considerando-se que a evapotranspiração média de uma lavoura de arroz é de cerca de 7,2 mm dia⁻¹ (6,7 a 7,7 mm dia⁻¹) e que a quantidade máxima de água, tradicionalmente estimada como consumida, corresponde, em média, a 2,0 L s⁻¹ ha⁻¹, ou seja, 17,3 mm dia⁻¹ (17.300 m³ ha⁻¹ em 100 dias de irrigação), a eficiência da irrigação corresponderia a 42%, portanto, abaixo dos 60% possíveis de serem atingidos. Todavia, informações mais recentes demonstram que este consumo, no sistema convencional de cultivo do arroz, pode ser reduzido para 1 L s⁻¹ ha⁻¹, e 0,72 L s⁻¹ ha⁻¹ no sistema de cultivo pré-germinado, o que estaria contribuindo para o aumento da eficiência no uso de água nas lavouras de arroz do RS.

Qualidade de água de irrigação e de drenagem do arroz

A qualidade de água de irrigação é um aspecto que tem sido muitas vezes negligenciado, visto que se dispõe normalmente de água de boa qualidade, em abundância e de rápido acesso. Em sua avaliação inicial devem ser analisados três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade. O critério de salinidade leva em consideração a concentração de sais minerais presentes na água de irrigação e é avaliada em função da sua condutividade elétrica (CE). Assim, valores menores que 0,75 mmhos cm⁻¹ (< 450 mg L⁻¹ de sais dissolvidos totais - SDT) não apresentam restrição ao uso para irrigação; valores entre 0,75 - 3,0 mmhos cm⁻¹ (450 - 2000 mg L⁻¹ de SDT) apresentam restrição ligeira ou moderada e valores maiores que 3,0 mmhos cm⁻¹ (> 2000 mg L⁻¹ de SDT), apresentam severa restrição ao uso.

A sodicidade avalia a concentração relativa do sódio em relação a outros cátions (Ca + Mg). É definida por um índice denominado Razão de Adsorção de Sódio (RAS), descrito pela expressão (1), na qual os cátions são expressos em meq L⁻¹. A água com RAS menor que 3 não apresenta restrição de uso para irrigação do arroz; já com RAS maior que 9, as restrições são severas.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\left(\frac{Ca + Mg}{2}\right)}} \quad (1)$$

A toxicidade, leva em consideração problemas que podem advir da presença de certos íons na água de irrigação, em níveis desfavoráveis ao desenvolvimento das culturas. Manifesta-se dentro das próprias plantas e normalmente ocorre quando certos íons são absorvidos em níveis capazes de causar danos. A severidade destes depende da concentração, da sensibilidade e fase de desenvolvimento da cultura e do consumo de água pela planta.

Os íons potencialmente tóxicos que se encontram na água de irrigação são o cloro, o sódio, o boro e os carbonatos (CO₃). Águas com teores de Cl e de carbonatos acima de 10 e 8,5 meq L⁻¹, respectivamente, apresentam sérias restrições ao uso para irrigação do arroz, enquanto para o B, estes valores se situam acima de 2 mg L⁻¹. As plantas de arroz são muito tolerantes durante a germinação e muito sensíveis na etapa de plântula; após, o grau de tolerância aumenta progressivamente, até a diferenciação do primórdio, voltando a decrescer na floração.

De modo geral, as cultivares utilizadas no RS não toleram teores de NaCl igual ou superior a 0,25% (2500 ppm). Concentrações iguais, ou maiores que este valor, a partir do início da fase reprodutiva, podem provocar reduções de produtividade superiores a 50%. Em função da salinização das águas de irrigação, comumente observada nas regiões litorâneas do RS, é fundamental a realização de monitoramento sistemático da condutividade elétrica destas, suspendendo a irrigação quando a CE atingir valores iguais ou superiores a 2 mmhol cm⁻¹ (2 mS cm⁻¹ - miliSiemens por centímetro).

Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) vem atuando como órgão regulador da qualidade da água drenada das lavouras de arroz, estabelecendo critérios para que, por exemplo, os níveis de nitratos não ultrapassem os padrões de potabilidade da água (10 mg L⁻¹). No RS, a Portaria 05/89 da Secretaria de Saúde e Meio Ambiente (SSMA) dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos, a serem observados por todas as fontes que joguem seus efluentes em corpos d'água no Estado. Estes estabelecem concentrações máximas de 10; 1,0 e 200 mg L⁻¹, para nitrogênio total, fósforo e carbonato de cálcio, respectivamente.

Assim, como vem se verificando em outros países, os orizicultores gaúchos devem preocupar-se com a qualidade da água que é drenada de suas lavouras de arroz, notadamente no que se refere às concentrações de fertilizantes e pesticidas.

Considerações finais

Embora o consumo de água nas lavouras de arroz do RS venha diminuindo ao longo do tempo, ainda se encontra em patamares muito elevados, independentemente do sistema de cultivo, proporcionando uma baixa eficiência da irrigação, em torno de 40 a 45%, considerando a vazão unitária média adotada de 2 L s⁻¹ ha⁻¹. O elevado consumo está associado, entre outros fatores, à extensão das áreas cultivadas, ao manejo inadequado da superfície do solo e às perdas elevadas, decorrentes de infiltrações laterais e de negligências operacionais, observadas durante os processos de distribuição e controle da água (manejo). A otimização do consumo passa pela solução destes problemas, incluindo, dentro das possibilidades, a redução do período de irrigação e a utilização de lâminas de água, no máximo de 10 cm.

A escassez dos recursos hídricos é uma realidade que atinge também o RS, visto que em determinadas regiões do Estado, onde o arroz irrigado é cultivado, existe embora ocasionalmente, deficiência de água. Portanto, os orizicultores gaúchos, devem investir no sentido de melhorar o desempenho de suas lavouras, adotando técnicas que possibilitem a otimização do uso da água e, ao mesmo tempo, que garantam o seu retorno (água de drenagem), com qualidade, aos mananciais hídricos.

Referências Bibliográficas

- ANDRES, A.; FREITAS, G.D. de; SCHUCH, L.O.B.; MELO, P.T.B.S.; CONCENÇO, C.; RESENDE, R. G. Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas em arroz irrigado, em função da época de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. *Anais*. Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 528-530.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *Water quality for agriculture*. Roma: FAO, 1985. 74p.
- EBERHARDT, D.S. Consumo de água em lavoura de arroz irrigado em diversos métodos de preparo do solo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. *Anais*. Pelotas: EMBRAPA-CPACT. 1993. p. 173-176.
- CIMMYT. Science to tect natural reso ces: wheat plus water. A vanishin equation?. Mexico, 1999. p.24-29. (CIMMYT. Annual Report, 1998-1999).
- CORRÊA, N.I.; CAICEDO, N.L.; FEDDES, R.A. Consumo de água na irrigação do arroz por inundação. *Lavoura Arroeira*, Porto Alegre, v.50, n.432, p.3-8, 1997.
- COUNCE, P.A.; SIEBENMORGEN, T.J.; VORIES, E.D. *Post heading irrigation management effects on rice grain yield and milling quality*. Arkansas: Arkansas Agricultural Experiment Station, 1993. 12p.
- DOTTO, C.R.D.; RIGHES, A.A.; CARLESSO, R. Consumo de água e produtividade da cultura do arroz sob três sistemas de irrigação. In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 19., 1990, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: SBEA, 1990. p. 396-409.
- GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A.; VAHL, L.C. Início da irrigação por inundação do solo para o arroz, cultivar Bluebelle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.7, p.847-851, 1985.
- GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A.; PETRINI, J.A.; SOUSA, R.O. Manejo de água em arroz irrigado: Implicações e Recomendações Técnicas. In: GOMES, A. da S.; PAULETTO, E.A. (Ed.). *Manejo do solo e de água em áreas de várzea*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 163-200.
- GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; PETRINI, J.A. *Arroz irrigado: manejo de água*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 16p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 16).

IRGA. Custo de produção (Completo) – Safra 2002/03. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados>>. Acesso em 15 abr. 2003.

IRGA. Custo de produção ponderado (Resumo) – fevereiro 2003. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/dados>. Acesso em 15 abr. 2003.

IRGA. Série histórica do preço do arroz casca (Irrigado). Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/dados>>. Acesso em 15 abr. 2003.

MARCOLIM, 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.

MOTA, F.S. da; ZAHLE, P.J.M. **Clima, agricultura e pecuária no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Mundial, 1994. 166p. PROBLEM: Water inefficient crops. Disponível em: <<http://ambient.2y.net/wingo/projects/water/e497/e497/node23html>>. Acesso em 12 ago. 2003.

RAMIREZ, H.; MENEZES, V.G.; OLIVEIRA, J.C.S. de. Controle precoce de plantas daninhas e início da irrigação na cultura do arroz irrigado no sistema convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 524-527.

ROMANO, P.A. Plantio direto e recursos hídricos. In: SATURNINO, M.H., LANDES, J. N. (Ed.) **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa - SPI, 1997. p.75-81.

ROMANO, P.A. Água: a cultura da abundância levou à acomodação. **Agroanalysis**, São Paulo, v.18, n.1, p.6-28, 1998.

SANTOS, J. R. M. dos. Irrigar é preciso. **Agroanalysis**, São Paulo, v.18, n.1, p.29-34, 1998.

SCIVITTARO, W.B.; SILVA, C.A.S. da; GOMES, A. da S.; FARIAS, D.G. de; FERREIRA, L.H.G. Manejo da água e da adubação nitrogenada para a cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 261-263.

TASCON, E. **Água y riego: requisitos de agua y métodos de riego en el cultivo del arroz**. In: TASCON, E.; GARCIA, E. **Arroz: investigación y producción**. Cali: CIAT, 1985. p. 401-415.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Philippines: IRRI, 1981. 269p.

Prognóstico climático para a safra 2003/2004 e suas implicações na lavoura de arroz irrigado do Rio Grande do Sul

Silvio Steinmetz

Introdução

O arroz irrigado do Rio Grande do Sul tem contribuído, nos últimos anos, com mais de 40% da produção brasileira deste cereal. Apesar dos altos níveis de produtividade, há uma grande variabilidade ao longo dos anos, causada, fundamentalmente, pelas condições climáticas. A ocorrência de baixas temperaturas ("frio") e a disponibilidade de radiação solar, durante as fases críticas da planta, são dois elementos climáticos que estão intimamente relacionados com esses níveis de produtividade. Essas variáveis são afetadas em maior ou menor grau pela ocorrência do ENOS (El Niño Oscilação Sul), fenômeno este que envolve tanto o "El Niño" como a "La Niña". O avanço da meteorologia nos últimos anos tem permitido prognosticar, com antecedência de três ou mais meses, a ocorrência desses fenômenos. Isso permite orientar os produtores a planejar as suas lavouras, no sentido de minimizar os efeitos negativos ou maximizar os efeitos positivos dos mesmos.

Influência do clima sobre a produtividade do arroz irrigado

Neste item serão abordadas, principalmente, a influência do frio e da radiação solar sobre a produtividade do arroz. Será destacado que as fases da pré-floração e da floração são as mais sensíveis ao frio, sendo que, destas duas fases, a da pré-floração (microsporogênese) é a mais crítica. Serão mostrados resultados

indicando que o risco de ocorrência de temperaturas prejudiciais ao arroz é bastante variável nas distintas regiões produtoras do Estado. A radiação solar é outra variável que tem grande influência na produtividade desta cultura. As fases mais críticas da planta a essa variável são a reprodutiva e a de maturação. Serão mostrados, dentre outros, dados relativos à influência dessa variável na produtividade do arroz e as regiões com maior disponibilidade de radiação solar no RS.

Zoneamento agroclimático

Neste tópico serão abordados os principais aspectos relacionados com o zoneamento agroclimático da cultura, que tem o objetivo de minimizar o risco climático através da caracterização das épocas de semeadura mais apropriadas para todos os municípios do RS. Foram utilizados dados experimentais relativos à duração das diferentes fases fenológicas da planta e dados climatológicos com ênfase para a temperatura do solo, a probabilidade de ocorrência de temperaturas do ar prejudiciais à cultura e a disponibilidade de radiação solar. Os critérios utilizados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios para a definição dos períodos recomendados de semeadura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, 2001.

Elemento climático	Critério	Fase crítica da planta
1. Temperatura do solo desnudo a 5 cm de profundidade (Ts)	$T_s = 20^\circ\text{C}$	Germinação/emergência
2. Temperatura mínima do ar (Tn)	mínima (P) $T_n = 15^\circ\text{C}^*$	Pré-floração/floração (de 15 dias antes a 5 dias após o início da floração)
3. Radiação solar	Maior disponibilidade*	Reprodutiva/maturação (de 21 dias antes a 21 dias após o início da floração)

* Os períodos recomendados de semeadura são aqueles em que a fase crítica da planta coincide com as menores probabilidades (P) de ocorrência de temperaturas mínimas (Tn) menores ou iguais a 15°C , e com a maior disponibilidade possível de radiação solar, no período de dezembro a março.

Os resultados obtidos mostram que os períodos recomendados de semeadura variam em função das regiões e sub-regiões do Estado e do ciclo das cultivares (Figura 1). Foram estabelecidos oito grandes grupos de períodos de semeadura, sendo quatro para cultivares de ciclo médio e quatro para cultivares de ciclo precoce. 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 para as regiões mais frias (Serra do Nordeste e Planalto Superior). Para as cultivares de ciclo precoce, para essas mesmas regiões, esse período varia, respectivamente, de 11 de outubro a 10 de dezembro e de 1º a 30 de novembro (Figura 1).

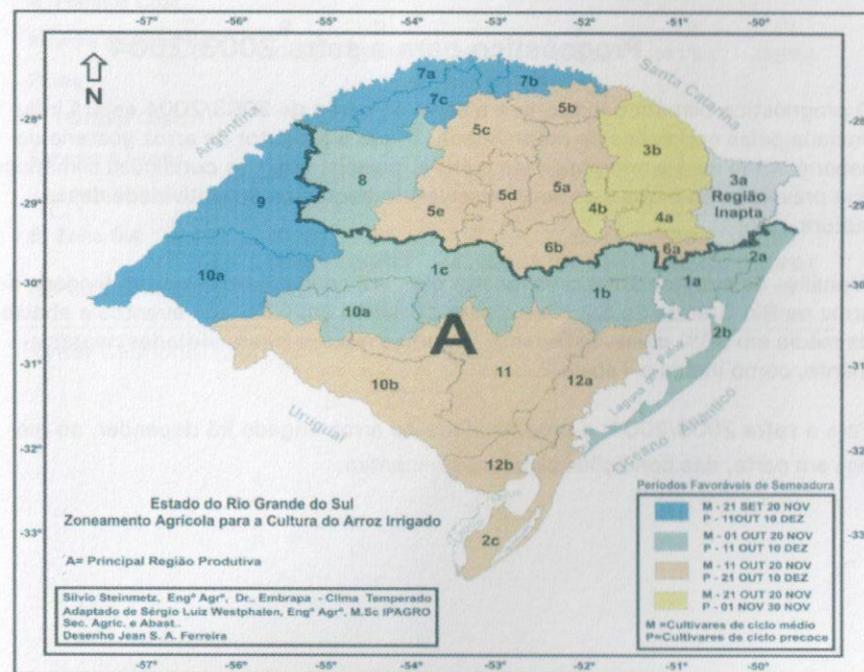


Figura 1. Épocas de semeadura recomendadas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. Os números e letras no mapa representam as regiões e sub-regiões agroecológicas do Estado. Embrapa Clima Temperado, 2001.

El Niño/La Niña

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala que ocorre no Oceano Pacífico tropical. Ele é a combinação de dois mecanismos: o El Niño (EN) representa o componente oceânico do fenômeno, enquanto a Oscilação Sul (OS) representa o seu componente atmosférico.

Os fenômenos El Niño/La Niña, dependendo da sua intensidade, podem ter uma influência marcante sobre os elementos meteorológicos e sobre a produtividade da cultura do arroz. Os anos em que não ocorrem nenhum desses dois fenômenos são chamados anos "neutros".

Prognóstico para a safra 2003/2004

O prognóstico climático indica que a safra de verão de 2003/2004 estará influenciada pelas condições de neutralidade. O que o produtor de arroz gostaria de saber é como será o ano para essa cultura, ou seja, quais as condições climáticas que prevalecerão e quais os seus possíveis impactos na produtividade dessa cultura.

A análise de eventos anteriores mostra que, em anos neutros, a produtividade de arroz no Rio Grande do Sul ficou acima da média em 62% dos eventos e abaixo da média em 38% deles. Entretanto, algumas regiões foram afetadas negativamente, como indica a Tabela 2.

Para a safra 2003/2004, a produtividade do arroz irrigado irá depender, ao menos em parte, das condições climáticas reinantes.

Tabela 2. Ocorrências positivas e negativas do desvio da média do rendimento de arroz irrigado, para os anos de El Niño, La Niña e Neutros, período 1944-2000, para as regiões orizícolas do estado do Rio Grande do Sul.

Região	EL NIÑO		LA NIÑA		NEUTRO	
	+	-	+	-	+	-
1. Fronteira Oeste	10 (59%)	7 (41%)	8 (80%)	2 (20%)	13 (45%)	16 (55%)
2. Campanha	6 (35%)	11 (65%)	7 (70%)	3 (30%)	18 (64%)	10 (36%)
3. Depressão Central	8 (50%)	8 (50%)	6 (60%)	4 (40%)	18 (62%)	11 (38%)
4. Planície Cost. Interna à Lagoa dos Patos	8 (47%)	9 (53%)	7 (70%)	3 (30%)	12 (41%)	17 (59%)
5. Planície Cost. Externa à Lagoa dos Patos	6 (35%)	11 (65%)	4 (40%)	6 (60%)	20 (69%)	9 (21%)
6. Zona Sul	7 (41%)	10 (59%)	4 (40%)	6 (60%)	18 (64%)	10 (36%)
Rio Grande do Sul	8 (47%)	9 (53%)	6 (60%)	4 (40%)	18 (62%)	11 (38%)

Fonte: Carmona, (2001).



Figura 2. Probabilidade de ocorrência de chuva no Brasil, no trimestre Setembro, Outubro e Novembro de 2003 em relação a média histórica

A Figura 2 mostra o prognóstico de ocorrência de chuva no trimestre Setembro/Outubro/Novembro. A tendência é que o total de chuva nesse período fique em torno da média climatológica na parte leste e abaixo ou em torno da média na parte oeste do Rio Grande do Sul.

De acordo com o meteorologista Paulo Etchurry, em palestra proferida por ocasião da instalação do Conselho Permanente de Agrometeorologia Aplicada no Estado do Rio Grande do Sul (COPAAERGS), em 2/09/2003, o regime pluviométrico, no Rio Grande do Sul, para a safra 2003/2004, será caracterizado pelas seguintes condições:

1. As chuvas ficarão em torno da média climatológica em algumas regiões e abaixo desta em outras;
2. A primavera de 2003 será menos chuvosa do que a de 2002 (El Niño);
3. As chuvas serão mais abundantes em setembro e outubro e mais escassas a partir de novembro;

4. O verão será menos chuvoso que o de 2002 (El Niño);
5. Há chances de ocorrência estiagens regionalizadas;
6. O cenário climático será semelhante ao do verão de 2001/2002, ou seja, chuvas irregulares e períodos de estiagens;
7. É um ano que, pelos prognósticos apresentados, requer cuidados por parte dos produtores.

Medidas para minimizar o risco climático:

Como mostrado anteriormente, os prognósticos indicam a ocorrência de um ano neutro, mas, com chances de chuvas irregulares e de períodos de estiagem. Embora essa situação seja mais crítica para as culturas de sequeiro, algumas recomendações podem ser feitas para o arroz irrigado, visando diminuir o risco associado não apenas ao regime pluviométrico, mas, também, a outras variáveis climáticas. Algumas dessas recomendações, que foram feitas em reuniões do Fórum Permanente de Monitoramento de Tempo e Clima para a Agricultura no Rio Grande do Sul, são as seguintes:

1. Evitar o esvaziamento de barragens;
2. Dimensionar o plantio de acordo com a disponibilidade de água;
3. Racionalizar o uso da água disponível;
4. Observar as épocas de semeadura recomendadas pelo Zoneamento Agroclimático, considerando:
 - 4.1. Começar a semear no início do período recomendado;
 - 4.2. Escalonar as épocas de semeadura utilizando cultivares de ciclo diferentes;
 - 4.3. Semear primeiro a(s) cultivar(es) de ciclo médio e depois a(as) de ciclo precoce;
5. Dar preferência aos sistemas plantio direto, cultivo mínimo, pré-germinado e "mix" em relação ao sistema de semeadura convencional;
6. Acompanhar as recomendações do Conselho Permanente de Agrometeorologia Aplicada do Estado do Rio Grande do Sul (COPAAERGS), instalado em 2/09/2003;
7. Consultar a assistência técnica da Emater, IRGA, Cooperativas e outros.

Alguns endereços na internet para consulta sobre os fenômenos El Niño e La Niña:

- a) CPTEC/INPE:
www.cptec.inpe.br
- b) INMET:
www.inmet.gov.br
- c) CLIMATE PREDICTION CENTER:
www.ecmwf.int/
- d) COPAAERGS:
A ser definido.

Obs.: As informações contidas neste documento, também podem ser obtidas através da Internet: www.cpact.embrapa.br/zonamento.

Referências Bibliográficas

- 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: Editora da UFRGS, 2003. 110p.
- CARMONA, L.C. **Efeitos associados ao El Niño/La Niña no rendimento do arroz (Oryza sativa L.) irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul.** 2001. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- STEINMETZ, S. **Temperatura do solo: fator decisivo para o início da semeadura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 2p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 56).
- STEINMETZ, S. 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, junho, 2001.
- STEINMETZ, S. Mapeamento das probabilidades de ocorrência de temperaturas mínimas do ar, durante o período reprodutivo do arroz irrigado, no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p. 169-179, 2003.
- STEINMETZ, S. **Zonamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul (Versão 3).** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 31p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

Embrapa

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
BR 392 - km 78 - CEP: 96001-970 - Pelotas, RS - Cx. Postal 403
Fone (53) 275-8100 - Fax (53) 275-8221
www.cpact.embrapa.br
sac@cpact.embrapa.br

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



Arroz irrigado: ...
2003 LV-PP-2013.00538



CPACT-9136-2

Documentos

ISSN 1516-8840
Setembro, 2003

113

Arroz Irrigado: melhoramento genético, manejo do solo e da água e prognóstico climático



NTDOC
11
2003
ex 2
LV-PP-2013.00538

Embrapa