

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

A Cultura do Arroz no Brasil

*2ª Edição
Revisada e ampliada*

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

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

Exemplares desta publicação devem ser solicitados à:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12

Caixa Postal 179

CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO

Fone: (62) 3533-2110

Fax: (62) 3533-2100

sac@cnpaf.embrapa.br

www@cnpaf.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)

Fone: (61) 3340-9999

Fax: (61) 3340-2753

CEP 70770-901 - Brasília, DF

vendas@sct.embrapa.br

www.sct.embrapa.br

Supervisor Editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Revisor de Texto: *Noris Regina de Almeida Vieira*

Normalização Bibliográfica: *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

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

Editoração Eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (1999): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Arroz e Feijão

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

ISBN 85-7437-030-4

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

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Melhoramento Genético

*Orlando Peixoto de Moraes; Paulo Hideo Nakano Rangel;
Paulo Ricardo Reis Fagundes; Emílio da Maia de Castro;
Péricles de Carvalho Ferreira Neves; Veridiano dos Anjos Cutrim;
Anne Sitarama Prabhu; Cláudio Brondani; Ariano Martins de Magalhães Júnior*

RESUMO - O desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas aos diversos ambientes de cultivo do arroz no país tem contribuído, sobremaneira, para a sustentabilidade econômica dessa cultura, garantido as bases para uma oferta continuada de arroz para a população brasileira, a preços menores. Este capítulo apresenta inicialmente uma digressão sobre a história do melhoramento de arroz no Brasil. Como os programas de melhoramento sempre têm um caráter institucional, a evolução dos mesmos encontra-se intimamente relacionada às transformações ocorridas com as estruturas de pesquisa agrícola brasileiras e com a própria história do país. Em vez de descrever os procedimentos utilizados, os quais podem ser encontrados em qualquer compêndio que trata de melhoramento genético de plantas, optou-se por registrar o resultado da dedicação de instituições e de pesquisadores em favor do desenvolvimento de cultivares para a orizicultura brasileira, tanto a conduzida em várzeas, como em terras altas. Apresenta-se também a atual organização das instituições públicas envolvidas com a pesquisa de arroz em torno de programas próprios, que são implementados no ambiente oriundo da regulamentação da Lei de Proteção de Cultivares (Brasil, 1998). No final, relacionam-se, acompanhadas de breve descrição, as cultivares que atualmente se encontram disponíveis para a exploração comercial da cultura do arroz.

INTRODUÇÃO

O centro de origem do arroz cultivado no Brasil fica no sudeste asiático (Grist, 1978) e sua introdução no país deve ter ocorrido por volta de 1550, no litoral de São Paulo (Pereira, 2002), certamente pelos portugueses. Hoje, boa parte do germoplasma de arroz de que o país dispõe para o melhoramento da espécie constitui-se das inúmeras iniciativas de introdução feitas pelos próprios colonizadores, sendo perpetuado pelo cultivo sucessivo nas comunidades que se estabeleceram pelo país afora, no processo de interiorização. Essas introduções evoluíram para variedades, hoje consideradas tradicionais e que devem conter o efeito de inúmeras oportunidades de variação genética, ocorridas principalmente pelas misturas eventuais de sementes, seguidas de cruzamento natural. Não deve ser desprezada, portanto, a contribuição do próprio agricultor para o melhoramento da espécie, que, ao selecionar as sementes para o cultivo no ano seguinte,



em uma população com variação, deve ter privilegiado conjuntos de indivíduos que melhor atendiam às suas necessidades. Assim, a riqueza de variedades tradicionais de arroz de que se dispõe hoje no Brasil deve ter se originado, não só das introduções, mas também pela seleção natural ou artificial, consciente ou inconsciente, que se operou no próprio país, durante sua colonização. A Embrapa já implementou inúmeras expedições de coleta, priorizando as regiões mais tradicionais no cultivo do arroz, mas há ainda regiões a serem exploradas.

A maior parte do germoplasma de arroz disponível no país foi conseguida, contudo, pelas introduções feitas pelas instituições de pesquisa e se originaram, em sua maioria, do Centro Internacional de Pesquisa de Arroz - IRRI, sediado nas Filipinas, do Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, sediado na Colômbia, e do Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento - CIRAD, instituição francesa, sediada na cidade de Montpellier. Hoje grande parte dessa riqueza genética encontra-se em conservação e exploração nos bancos de germoplasma de arroz de algumas instituições nacionais de pesquisa, principalmente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, do Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA, e do Instituto Agronômico de Campinas - IAC. No caso específico da Embrapa, das introduções já realizadas, 19% provieram do IRRI, 42% do CIAT, 12% do CIRAD e 27% de outras fontes. As introduções do CIRAD são, em sua maioria, de arroz de terras altas.

Atualmente, a coleção de arroz da Embrapa é constituída por 2.402 variedades tradicionais, 4.040 variedades ou linhagens introduzidas de outros países, e 3.448 linhagens oriundas dos programas de melhoramento do país, incluindo o da própria Empresa, totalizando 9.890 acessos, mantidos em condições de conservação a médio e longo prazo (Abadie et al., 2002). Essa coleção vem sendo utilizada para o desenvolvimento de cultivares de arroz, por meio de melhoramento genético, cuja evolução se pretende apresentar neste trabalho.

PROGRAMAS BRASILEIROS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ

As variedades tradicionais são, atualmente, muito pouco cultivadas. Persistem apenas nas comunidades mais tradicionais e são pouco relevantes para o abastecimento do mercado interno. Poucas cultivares são oriundas diretamente de introduções e a grande maioria é desenvolvida pelos programas brasileiros de melhoramento genético.



Antes da criação da Embrapa

Uma excelente abordagem sobre os primórdios do melhoramento genético do arroz no Brasil é fornecida por Banzatto & Carmona (1972), Pereira (2002) e, especificamente sobre arroz irrigado, por um relatório da Estação Experimental do Arroz do IRGA, período de 1940/45 (Rio Grande do Sul, 1946). Nessas obras constata-se o pioneirismo dos governos dos Estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul no desenvolvimento da cultura do arroz, implementando, já a partir da década de 1930, uma série de iniciativas importantes, entre elas a criação de instituições que incluíam, em sua missão, desenvolver inovações para a maior competitividade da cultura.

Os primeiros cruzamentos de arroz no Brasil foram realizados no IAC, em 1938, explorando variedades locais e introduzidas. No IRGA, parecem ter ocorrido no início da década de 1940, pois na página nº 30 do relatório da Estação Experimental do Arroz, acima referido, constata-se textualmente: "...possuímos em estudos na 3ª geração mais de 400 híbridos, e muitos na 2ª e 1ª geração. Muito breve alcançaremos o primeiro milhar de híbridos criados em nossos campos, e dos quais temos fundadas esperanças de criarmos novos tipos, adaptados ao nosso meio, solo, exigências de mercado, que supera quer em qualidade ou produção, às variedades presentemente em cultivo".

Nas três décadas que antecederam à criação da Embrapa, já se registrara no Brasil ganhos significativos com o melhoramento genético do arroz. Graças aos trabalhos do IRGA, durante as décadas de 1940, 1950 e 1970, a área do arroz irrigado no Rio Grande do Sul aumentou em cerca de 170% e a produtividade, em aproximadamente 230%, devido a um esforço persistente na disponibilização de sementes de cultivares melhor adaptadas e de qualidade de grãos de maior aceitação pelos consumidores, além da melhoria das práticas culturais (Pereira, 2002). Maior capacidade produtiva e melhor qualidade de grãos já eram considerados, pela instituição, objetivos prioritários no início da década 1940 (Rio Grande do Sul, 1946). Neste mesmo período, o arroz de terras altas, por sua vez, expandiu a área de cultivo não só em São Paulo, mas também em Minas Gerais, Paraná, toda a Região Centro-Oeste e Maranhão, ocupando cerca do dobro da área que ocupa atualmente. Toda essa expansão ocorreu com as variedades desenvolvidas pelo IAC. No final da década de 1960, já se observava, em nível do governo federal, uma grande preocupação de se aumentar o esforço do país no desenvolvimento da agricultura, visando assegurar o auto-abastecimento e melhorar a balança de pagamentos com a redução das importações



e aumento das exportações (Castro et al., 2004) . No caso específico do arroz, alguns institutos do extinto Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação Agropecuária - DNPEA, já desenvolviam um programa relevante de pesquisa. No Rio Grande do Sul, por exemplo, houve, inclusive, a implementação de uma parceria importante do extinto Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Sul - IPEAS, com o IRGA, notadamente na área de melhoramento genético. Outros institutos do DNPEA também desenvolveram atividades relevantes de melhoramento genético em outras regiões, como o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul - IPEACS, no Rio de Janeiro, o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste - IPEACO, em Minas Gerais e Goiás, e o Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte - IPEAN, no Pará e Maranhão (Banzatto & Carmona, 1972). No Paraná, o Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR iniciou seus trabalhos de melhoramento de arroz em 1970 (Pereira, 2002).

Havia, portanto, no início da década de 1970, um arcabouço de tecnologias e de conhecimentos que conferia ao arroz, tanto o de terras altas como o irrigado, uma posição privilegiada no conjunto de oportunidades oferecidas pelo agronegócio da época.

Período entre a criação da Embrapa e a regulamentação da lei de proteção de cultivares

Um marco importante da pesquisa agrícola no país corresponde à criação da Embrapa, em 07/12/1972, cuja primeira Diretoria tomou posse em 26 de abril de 1973. Ao assumir o cargo, seu primeiro presidente afirmou: "...há, por toda parte, um desafio para novas atitudes e ações que enfrentem o crescimento urbano brasileiro, os defeitos da estrutura agrária, o aumento da produção e da produtividade e o incremento das nossas exportações...." (Castro et al., 2004). Pelas características do mercado internacional do arroz, era e continua sendo pequeno o papel desse cereal no aumento das exportações. Reconhecia-se, contudo, a importância do aperfeiçoamento da sua tecnologia de produção para fixação do trabalhador rural no campo e abastecimento dos centros urbanos em frenético crescimento, além da redução, ou mesmo eliminação, da necessidade futura de importações, o que contribuiria para o esforço nacional de tornar o balanço de pagamento mais favorável ao país, a grande preocupação da época. Por isso, no final de 1974, a Embrapa criou o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, localizado hoje na Fazenda Capivara, município de Santo Antônio de Goiás, GO.



A esse Centro coube estabelecer um programa nacional de pesquisa de arroz, PNP Arroz, contemplando, segundo a visão da época, duas vertentes básicas: (1) um projeto institucional focado nas reais necessidades da rizicultura nacional; e (2) uma ação coordenadora das atividades de pesquisa executadas em nível dos estados, organizadas de forma a evitar duplicidade de meios e recursos para fins idênticos (Embrapa, 1975).

Período do Programa Nacional de Pesquisa de Arroz - PNP Arroz

O projeto institucional acima citado era entendido como o projeto do CNPAF, e não da Embrapa. Às demais Unidades da Embrapa, que, na época, se propunham também a envolverem-se com a pesquisa de arroz, era atribuído o mesmo papel de uma organização estadual ou local. O programa nacional constituía-se de um conjunto de projetos, um para cada instituição, implementados de forma independente. Em nível institucional, cada projeto deveria contemplar todas as atividades relativas à cultura, devendo conter tantos subprojetos quanto fossem as linhas de pesquisa contempladas. Valorizava-se a multidisciplinaridade, mas apenas em nível institucional. Uma visão bem contrária da que se estimula hoje, em que se procura estabelecer e valorizar projetos multi-institucionais, buscando sinergismos entre competências em redes de pesquisa, às vezes bastante complexas. Os subprojetos de melhoramento dentro de cada "projeto arroz" das instituições eram implementados localmente, constituídos, em sua maioria, de experimentos de introdução, avaliações preliminares e avaliações finais de linhagens e/ou cultivares de arroz. No caso particular dessa cultura, além do CNPAF e da então Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Pelotas - UEPAE Pelotas, da Embrapa, instituições, como IRGA, IAC e IAPAR, também conduziam atividades de desenvolvimento de populações e de seleção de linhagens, por procedimentos variados. O conjunto de linhagens existentes em nível de cada instituição (desenvolvidas localmente e/ou introduzidas) era avaliado de forma independente, na área de abrangência da instituição.

É importante salientar que o projeto arroz do CNPAF, em sua fase inicial, priorizou o arroz de terras altas, que na época contribuía com 70% da produção nacional, sendo que a maior ênfase em pesquisa para o arroz irrigado deveria ocorrer apenas em âmbito regional, por meio dos projetos estaduais de pesquisa do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, estados em que o cultivo do arroz com irrigação controlada tinha importância significativa.



O IRGA e a UEPAE Pelotas, naquela época, encontravam-se em plena fase de apropriação dos avanços ocorridos com a pesquisa de arroz no IRRI, principalmente no que tange à mudança da arquitetura do arroz cultivado, conseguida com a introdução do gene de nanismo. Além de cruzamentos dirigidos, introduziam linhagens e populações segregantes, principalmente do CIAT, que, em relação ao arroz, atuava como um polo avançado do IRRI, na América Latina. Um fato marcante desse trabalho no Rio Grande do Sul foi o lançamento, em 1978, da cultivar BR - Irga 409, com arquitetura de planta moderna e com boa qualidade de grãos. Isoladamente, o lançamento dessa cultivar pode ser considerado como a contribuição mais relevante da pesquisa agrícola, ocorrida em toda a história da orizicultura nacional. Conforme exemplificado na Tabela 9.1, a nova cultivar era destacadamente mais produtiva que a melhor testemunha da época, produtividade que podia ser potencializada em nível de lavoura, quando eram utilizadas maiores doses de fertilizante nitrogenado, sem o inconveniente de provocar acamamento intenso.

Tabela 9.1. Produtividade de grãos da BR - Irga 409 e das testemunhas Bluebelle e Lebonnet nos ensaios de rendimento conduzidos no Rio Grande do Sul, nos anos agrícolas de 1976/77, 1977/78 e 1978/79.

Cultivar	Produtividade de Grãos (t ha ⁻¹)	Índice ⁽¹⁾ (%)
BR-Irga 409	6,81	145
Bluebelle	4,69	100
Lebonnet	4,50	96

⁽¹⁾Bluebelle considerada como 100.

Fonte: Adaptada de Avila (1981).

Em Santa Catarina, as atividades de melhoramento de arroz se iniciaram em 1969, na Estação Experimental de Urussanga, pertencente ao IPEAS (Pereira, 2002), mas dois anos depois, Banzatto & Carmona (1972) consideravam-nas como incipientes, e o IPEAS foi desativado logo após, sendo substituído pela Embrapa. Em 1975, foi criada a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina - EMPASC, que retomou os trabalhos de melhoramento de arroz, inicialmente baseando-se em introduções de linhagens do IRGA, do CIAT e posteriormente da Embrapa. Sempre se



caracterizando pela busca de soluções simples e objetivas, o melhoramento de arroz em Santa Catarina constitui um exemplo de caso bem sucedido, tendo impactado de forma marcante a rizicultura local, pela oferta de cultivares de ampla aceitação pelos produtores. Atualmente, estruturado e explorando populações desenvolvidas, considerando as peculiaridades do estado, continuam em plena atividade, sob a égide da Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, que sucedeu à EMPASC.

A estrutura política do país, por ocasião da criação da Embrapa, caracterizava-se pela centralização das decisões no governo federal, sendo os governos estaduais, na verdade, delegados do poder central. Nesse ambiente, a Embrapa não teve dificuldades em estimular os estados a criarem sua própria organização de pesquisa, quando não a possuíam, como também em instalar uma UEPAE em locais que julgasse estratégico, para o cumprimento de sua missão. Assim, no decorrer da década de 1970, o país conseguiu instalar uma extraordinária rede de instituições extremamente favorável à implementação de um trabalho cooperativo de melhoramento genético que, de forma sinérgica, poderia impactar fortemente a agricultura brasileira. No caso do arroz, por exemplo, além do CNPAF, UEPAE Pelotas, IRGA, EMPASC, IAC e IAPAR, já citados, outras organizações, viriam integrar esta rede: Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA; Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG; Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro - PESAGRO; Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária - EMCAPA; Empresa Baiana de Pesquisa Agropecuária - EPABA; Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA; Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA; Empresa Maranhense de Pesquisa Agropecuária - EMAPA; Empresa de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Mato Grosso do Sul - EMPAER; Empresa Matogrossense de Pesquisa Agropecuária - EMPA; e as UEPAEs de Penedo, AL, Teresina, PI, Altamira, PA, Belém, PA, Macapá, AP, Boa Vista, RR, Manaus, AM, Porto Velho, RO, Rio Branco, AC, e Dourados, MS.

Apesar de toda a organização institucional favorável a um trabalho cooperativo, as atividades de melhoramento de todas as instituições continuaram, contudo, sendo executadas de forma independente, estratégia até, de certa forma, estimulada pela estruturação do PNP-Arroz: atividades abrigadas por subprojetos de projetos institucionais. No caso do arroz irrigado, contribuía para



o melhor desempenho dessas atividades a oportunidade, que tinham todas as instituições, de conseguir linhagens promissoras, participando do então programa internacional de testes de germoplasma de arroz (International Rice Test Program , IRTP), oferecido pelo CIAT.

No caso do arroz de terras altas, a primeira iniciativa importante implementada no sentido de agregar as instituições em torno de um trabalho cooperativo só veio ocorrer em 1978, quando se instituíram os denominados Ensaio Integrados de Arroz de Sequeiro (EIA), que reuniam as poucas linhagens elites então disponibilizadas pela Embrapa, IAC e IAPAR em um ensaio cooperativo, que passou a ser conduzido pelas instituições interessadas. Em nível dos projetos estaduais, os EIA eram, contudo, considerados uma fonte adicional de introdução de linhagens. Cultivares como Emcapa 1 e Cuiabana iniciaram sua fase de avaliação de adaptação por meio desses ensaios, sendo lançadas, respectivamente em 1983 e 1985 (Embrapa, 1994).

Aos poucos, cinco instituições no país foram se consolidando como centros geradores de linhagens de arroz para os seus respectivos projetos: o CNPAF, o IAC e o IAPAR, para o arroz de sequeiro; e o CNPAF, a UEPAE Pelotas e o IRGA, para o arroz irrigado. Já no início da década de 1980, o CNPAF, como coordenador do PNP-Arroz, precisava propor uma estratégia que viabilizasse a avaliação, em todo o país, do conjunto de linhagens disponíveis nesses centros de pesquisa, bem como as que anualmente passariam a ser disponibilizadas, em função de um certo dinamismo que já se conseguira imprimir nos programas de melhoramento. Em 1982, surge um fato novo: a Embrapa, atendendo à determinação da Portaria nº178, de 21 de julho de 1981, do então Ministério da Agricultura, instituiu as Comissões Regionais de Avaliação e Recomendação de Cultivares (CRC) das principais culturas do país, arroz, feijão, soja, milho, sorgo, trigo, mandioca e batata, com as seguintes atribuições:

- a) Estabelecer normas para o planejamento e acompanhamento dos ensaios de avaliação de cultivares a serem executados cooperativamente pelas entidades que desenvolvem trabalhos de pesquisa.
- b) Estabelecer critérios para inclusão e exclusão de cultivares nos ensaios de avaliação, bem como na lista de recomendação.



- c) Propor, anualmente, para homologação pela Secretaria Nacional de Produção Agropecuária do Ministério da Agricultura (SNAP/MA), as cultivares a serem recomendadas, por Unidade Federativa.

A representatividade das instituições de pesquisa junto às CRC, contudo, era inexpressiva e representa um exemplo claro do modelo impositivo de gerir o estado brasileiro da época. Cada CRC era composta por apenas cinco membros:

- a) Um representante da Embrapa, na qualidade de presidente.
- b) Um representante da SNPA/MA.
- c) Um representante da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMBRATER, já extinta.
- d) Um representante da Associação Brasileira de Produtores de Sementes e Mudas - ABRASEM.
- e) Um representante das instituições que executam melhoramento genético da cultura.

Ao CNPAF coube a tarefa de coordenar a organização das CRC de arroz e de feijão. À sua necessidade de estabelecer uma estratégia de avaliação das linhagens geradas pelo programa de melhoramento, somava-se a tarefa delegada pela Diretoria da Empresa: estruturar as Comissões Regionais de Recomendação de Cultivares. Decidiu-se, então, propor às instituições envolvidas com melhoramento da cultura do arroz, na época, o estabelecimento de entidades regionais, representativas destas instituições, que atuariam como um órgão assessor das comissões de recomendação. Essa entidade representativa deveria incumbir-se das atribuições (a) e (b) das CRC e, conjuntamente, implementar um trabalho cooperativo de avaliação de linhagens com diretrizes e procedimentos estabelecidos pela própria entidade. Às CRC seriam entregues, anualmente, as listas de cultivares que, à luz dos resultados experimentais, deveriam ser recomendadas.

Em agosto de 1982, a grande maioria dos pesquisadores envolvidos com melhoramento genético do arroz no Brasil reuniu-se em Goiânia e optou por criar, para cada uma das três regiões das CRC Arroz, uma Comissão Técnica Regional de Arroz, cujas siglas - CTArroz I, CTArroz II e CTArroz III - correspondiam, respectivamente, às regiões I, II e III (Fig. 9.1).



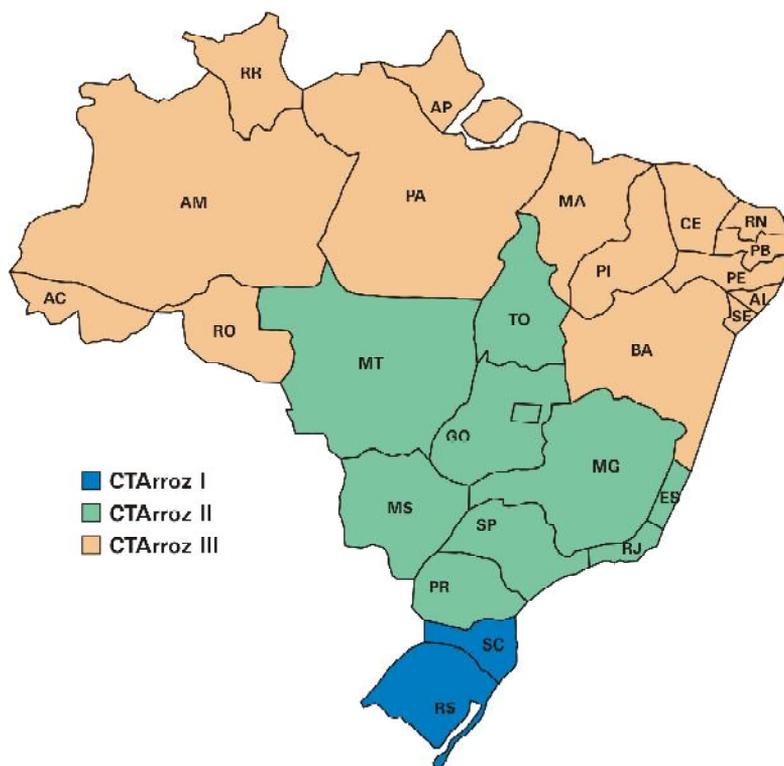


Fig. 9.1. Regiões de abrangência das três Comissões Técnicas de arroz.

Contrapondo à inexpressividade do segmento da pesquisa junto às CRC, as CTArroz, desde a criação, foram compostas por representantes de todas as instituições de pesquisa da região. A cada ano, contava com um novo presidente, eleito entre os membros, que recebia o apoio logístico de um secretário executivo designado pela Chefia do CNPAF, ao qual competia: (1) arquivar todos os documentos da CTArroz; (2) apoiar o presidente na organização das reuniões; (3) confeccionar ata das reuniões e os relatórios técnicos anuais; e (4) coordenar todas as atividades de pesquisa, inclusive a organização dos ensaios conduzidos em rede e suas respectivas análises, em nível de região.

Embora os programas de desenvolvimento de linhagens permanecessem de caráter local, como parte dos projetos institucionais,



cada instituição componente das CTArroz passou a ter acesso a todas linhagens promissoras disponíveis anualmente no país. Fortaleceu-se a cooperação entre os diversos pesquisadores e ampliou-se o universo dos beneficiários de seus respectivos programas.

As atividades de pesquisa contempladas pelas Comissões Técnicas compunham-se de:

Ensaio de Observação de Linhagens, EO

Todas as linhagens de arroz disponíveis no Brasil e promissoras para os sistemas de terras altas ou irrigado eram reunidas, anualmente, para comporem os EO-S, ensaios de observação de sequeiro, e EO-I, ensaios de observação de irrigado, instalados em cada região, em rede nacional. Eram ensaios simples, conduzidos em parcelas de quatro fileiras de 5 m, sem repetição por local, mas que submetiam as linhagens a diversas condições de ambiente. Para melhor conhecimento dos níveis de resistência à brusone, doença do arroz mais importante no Brasil, as linhagens dos EO eram avaliadas paralelamente, em canteiro de infecção, por fitopatologistas participantes dos programas de melhoramento. As linhagens de arroz irrigado eram avaliadas também para tolerância à toxidez por Fe pela EMPASC, posteriormente EPAGRI, em Santa Catarina.

Todas as informações geradas pelos ensaios de observação eram detalhadamente discutidas na reunião anual de cada CTArroz, quando eram selecionadas as linhagens de melhor desempenho para comporem, no ano agrícola seguinte, os Ensaio Comparativos Preliminares de Arroz de Sequeiro (ECP-S) e Irrigado (ECP-I).

Ensaio Comparativos Preliminares, ECP

Os ECP compunham-se de linhagens selecionadas nos EO. Eram instalados em vários locais em cada região, em delineamento de blocos ao acaso ou em látices. Normalmente, eram utilizadas três repetições por local. Todas as linhagens dos ECP, participavam também dos Viveiros Nacionais de Brusone, VNB, conduzidos por vários fitopatologistas brasileiros, em Santo Antônio de Goiás, GO, Goianira, GO, Jaciara, MT, Lucas do Rio Verde, MT, Pindorama, SP, Pindamonhangaba, SP, Itajaí, SC, Cachoeirinha, RS, Pelotas, RS, e Penedo, AL. No caso do arroz de terras altas, as linhagens dos ECPs eram, ainda, avaliadas, no CNPAF, para a resistência à seca.

Após a análise conjunta dos resultados dos ECP, por região, quando eram considerados os aspectos de produtividade, qualidade



de grãos, resistência ao acamamento e a fatores bióticos e abióticos, selecionavam-se, para cada região, as linhagens que deveriam continuar sendo avaliadas em todos os estados e aquelas que, por motivos de adaptação específica, permaneciam apenas em determinadas unidades federativas.

Ensaio Comparativos Avançados, ECA

Compostos de um menor número de linhagens, geralmente entre 15 e 25, com quatro repetições por ensaio, os ECA eram instalados em delineamento de blocos ao acaso, em vários locais de cada estado. Paralelamente, as linhagens participantes dos ECA continuavam também avaliadas para resistência à brusone, nos VNB. No caso dos ECA-S, suas linhagens eram também submetidas a uma avaliação final para resistência à seca, em ensaios específicos.

Todas essas avaliações forneciam informações que permitiam a eliminação definitiva de algumas linhagens, bem como a seleção daquelas que mereciam ser lançadas como novas cultivares. Em geral, uma linhagem permanecia por dois a três anos nos ECA, antes de se decidir pela sua recomendação. Nesse período, a critério de cada instituição, as linhagens promissoras participavam também de testes junto a produtores, em parcelas maiores, onde, às vezes, eram detectados defeitos não revelados nos ECA. As parcelas maiores eram mais apropriadas para a apresentação das novas linhagens aos agricultores, realizada normalmente em dias-de-campo. Paralelamente, eram feitas multiplicações de sementes genéticas para se obter um estoque mínimo, visando um provável lançamento da linhagem como nova cultivar.

As CTArroz exerceram um papel aglutinador dos melhoristas, compensando as deficiências da coordenação do PNP Arroz. Havia uma motivação para fazer parte do trabalho cooperativo, porque o produto final era apropriado por todos. Uma variedade lançada, era considerada, em nível de cada instituição participante, como fruto de seu trabalho, valorizando-a perante a sociedade. Neste sentido, a linhagem L80-68 de arroz de terras altas, selecionada pelo IAPAR, foi lançada com o cultivar Rio Doce, pela EPAMIG em 1991, para ser plantada em Minas Gerais. A linhagem IRGA 318-11-6-2-6-A3 de arroz irrigado, obtida pelo IRGA em Cachoeirinha, RS, foi lançada, em 1995 pela Embrapa em Roraima como cultivar Roraima. A linhagem IAC 84-198 de arroz de terras altas, desenvolvida pela IAC, foi lançada como cultivar Uruçuí, pela a Embrapa, para o estado do Piauí. Além dessas, 40 linhagens



desenvolvidas pela Embrapa, ou introduzidas por ela dos centros internacionais de pesquisa, foram, durante o período de 1983 a 1998, lançadas conjuntamente, envolvendo uma ou mais instituições estaduais, sempre preferindo um nome fantasia, de tal forma a não relacioná-las com uma instituição específica, como por exemplo: Rio Paranaíba, Guarani, Araguaia, Guaporé, Xingu, Caiapó, Progresso, Carajás, Aliança, Javaé, Diamante, etc.

A força de coordenação do PNP Arroz, por outro lado, originava-se basicamente do fato de financiar todos os projetos de pesquisa que o compunha. Reconhecem-se dois períodos do PNP Arroz: antes e após 1986, a partir de quando passou a haver uma substancial redução dos recursos federais alocados ao custeio da pesquisa agropecuária (Embrapa, 1994). A força coordenadora do PNP Arroz reduziu-se ainda mais, depois de 1988, quando ocorreu a promulgação da atual Constituição Federal, que reorganizou o Estado brasileiro, estabelecendo um novo pacto federativo, em que a União passava a compartilhar a gestão da vida do país com os estados e municípios. Com a maior autonomia estadual, cada governo passou exercitar suas próprias políticas, com amplas liberdades de decisão diante das demandas da sociedade que representa. Algumas instituições desistiram de se envolver com a pesquisa de arroz, outras foram até extintas ou tomaram rumos próprios, como o IRGA, que em 1995 filiou-se ao Fundo Latino Americano de Arroz Irrigado (FLAR), à revelia da posição da Embrapa.

Período do Programa Grãos

No início da década de 1990, o Sistema Embrapa de Planejamento-SEP passou por profundas análises e mudanças, visando ajustar-se a um novo ambiente em que 'desenvolver tecnologias para aumentar a produtividade do trabalho e da terra e diversificação dos empreendimentos agrícolas' já não era suficiente para garantir a sustentabilidade de uma instituição pública de pesquisa. O novo ambiente estava sendo fortemente influenciado pela globalização da economia, pelos grandes avanços do conhecimento, dos métodos e dos instrumentos a serviço da pesquisa científica e tecnológica; e pelo crescimento da consciência do direito à cidadania. Essas e outras modificações do ambiente externo da Empresa passaram a exigir-lhe uma visão mais holística do mercado, incorporando em seu planejamento a preocupação com toda a extensão das cadeias produtivas do agronegócio nacional e internacional (Embrapa, 1999). Assim, em 1993, a Empresa passou a adotar em seu planejamento estratégico o modelo de pesquisa e desenvolvimento (P&D), com enfoque sistêmico e multidisciplinar, em que os projetos e subprojetos passaram



a ser centrados em demandas previamente identificadas juntos aos diversos segmentos da sociedade, e orientados para o atendimento das necessidades do mercado, ou seja, dos clientes, usuários e beneficiários da pesquisa. Abandona-se o enfoque de programa de pesquisa por produto e estabelecem-se novos programas de pesquisa por sistema de produção ou por temas especiais, considerados estratégicos para o país, como recursos naturais, conservação e uso de recursos genéticos, proteção e avaliação da qualidade ambiental, etc. Foram criados 16 programas de pesquisa, entre eles o programa Sistema de Produção de Grãos, que abrigava o arroz, ao lado de soja, feijão, milho, sorgo, milheto, trigo e cevada. Neste novo programa, estimulava-se a cooperação entre instituições em nível de projeto, buscando complementariedade de esforços em torno de um interesse comum. Os conceitos de parceria recomendados eram (Embrapa, 1994): (1) ação entre iguais, sendo que à igualdade associava-se a convergência de interesse e o respeito mútuo; (2) sócios de um empreendimento, daí a importância da clareza dos objetivos e da concordância em relação às metas a serem alcançadas; e (3) atuação conjunta por meio do compartilhamento de recursos humanos, financeiros e físicos.

Ainda em 1993, as equipes de melhoramento genético das principais culturas foram estimuladas a conclamarem o maior número possível de organizações estaduais, além das unidades da Empresa envolvidas com o produto, a somarem esforços em torno de grandes projetos. Ignorando as orientações sobre os novos conceitos de parceria, praticamente todos os membros das CTArroz apresentaram subprojetos para comporem dois grandes projetos de melhoramento genético de arroz de sequeiro e de arroz irrigado, em que, em geral, se previa algum repasse de recursos da Embrapa para organizações estaduais. Durante a execução dos projetos, todavia, esse repasse de recursos foi tornando-se cada vez mais difícil, tanto por aspectos de deficiência de orçamento da Embrapa, como também por restrições jurídicas. Estes projetos, tendo sido renovados em 2000, permaneceram em execução por nove anos (1994-2002) e, apesar de algumas desistências na implementação de subprojetos componentes, várias organizações estaduais, mesmo recebendo pouco ou nenhum recurso, permaneceram até o final, porque seus subprojetos estavam relacionados com a programação das CTArroz, o grande fator de agregação dos parceiros.

No final de 1997, ocorreu a regulamentação da lei de proteção de cultivares no Brasil (Brasil, 1998), outro fato que teve profundas repercussões nos programas de melhoramento públicos do Brasil, em relação aos produtos cobertos pela lei, entre eles o arroz. A internalização



desta lei na Embrapa ocorreu durante o ano seguinte e um dos primeiros parágrafos de sua normatização interna expõe a causa principal do fim das CTArroz: "É de propriedade da Embrapa a nova cultivar obtida no âmbito de suas Unidades Descentralizadas". As CRCArroz já haviam sido extintas pelo Ministério da Agricultura. As CTArroz continuaram se reunindo até 2001 e o ano agrícola 2001/2002 pode ser considerado como ponto final do período em que se operou a parceria mais ampla e mais exitosa já registrada em toda a história da pesquisa com arroz no Brasil. Naqueles 20 anos foram avaliadas 5.780 novas linhagens de arroz de sequeiro e irrigado e lançadas 71 novas cultivares. Em números aproximados, eram conduzidos, por ano, cerca de 30 ensaios de observação, 40 ensaios comparativos preliminares de rendimento e 270 ensaios comparativos avançados de rendimento, considerando os dois principais sistemas, sequeiro e irrigado. Era, portanto, uma rede de pesquisa robusta, bem priorizada pelas instituições parceiras, que arcavam com os custos principais de sua implementação.

Ganhos genéticos devido ao melhoramento do arroz irrigado

Durante a década de 1980, experimentou-se um aumento espetacular da produtividade do arroz irrigado no Brasil que, segundo Carmona et al. (1994) foi de 30%, o que corresponde a 2,65% ao ano, no Rio Grande do Sul, o estado maior produtor. Na década seguinte, esse crescimento, embora significativo, foi reduzido para 1,6%, em nível de país (Ferreira & Mendez del Villar, 2004). Na primeira década, o aumento significativo da produtividade foi em parte representado pela substituição das cultivares tradicionais pelas cultivares de porte baixo, altamente responsivas à adubação nitrogenada, processo iniciado na década de 1970.

No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os dois estados maiores produtores de arroz irrigado, ainda não se estimou a contribuição do melhoramento genético para o aumento da produtividade, utilizando procedimentos estatísticos precisos. Não há dúvida de que essa contribuição foi relevante. Este ganho é evidenciado na Tabela 9.1, onde a cultivar BR - Irga 409 superou em cerca de 45% a Bluebelle, que, segundo Pedroso (1982), foi uma das cultivares preferidas pelos agricultores gaúchos no final na década de 1970. Na década de 1980, a BR - Irga 409 e BR - Irga 410, de produtividades similares, eram as mais populares no Rio Grande do Sul, chegando a ocupar 80% da área cultivada no estado (Carmona et al., 1994). Aliando alta produtividade com boa qualidade de grãos, essas duas cultivares contribuíram decisivamente para consolidar a rizicultura gaúcha como a base do abastecimento do mercado brasileiro de arroz.



Nos outros estados, a substituição das cultivares tradicionais pelas cultivares de porte baixo e altamente perfilhadoras também trouxe reflexos altamente positivos para o aumento da produtividade da cultura. Em Minas Gerais, por exemplo, um estudo realizado por Santos et al. (1999) demonstrou que, no período de 1975 a 1980, quando as linhagens com tipo de planta moderno foram introduzidas, houve um ganho acentuado, de 6,06%, devido ao melhoramento genético.

Há, por outro lado, fortes evidências de que os programas de melhoramento de arroz irrigado têm tido dificuldades de aumentar o potencial genético de produtividade de grãos das cultivares com arquitetura moderna. Rangel et al. (1996), avaliando a genealogia das cultivares de arroz irrigado do Brasil, verificaram que apenas dez ancestrais contribuem com 68% do conjunto gênico. Considerando as cultivares mais plantadas nos principais estados produtores de arroz irrigado, os mesmos autores constataram que sete ancestrais são os mais frequentes nos “pedigrees” e são responsáveis por 70% do “background” genético das mesmas. A utilização de poucos genitores repetidamente nos cruzamentos pode levar a dois tipos de problema: a) maior vulnerabilidade genética das cultivares aos estresses bióticos e abióticos; b) diminuição das possibilidades de obtenção de maiores ganhos genéticos por seleção, principalmente para produtividade de grãos. Breseghello et al. (1999), explorando dados de ensaios da Região Nordeste, conduzidos de 1984 a 1993, obtiveram ganhos para produtividade de grãos de apenas 0,77%. Santos et al. (1999), no estudo acima mencionado, estimaram para o período de 1981 a 1996, após a substituição das cultivares tradicionais pelas modernas, ganhos para produtividade não significativos. Rangel et al. (2000a) também obtiveram ganhos para produtividade não relevantes, apenas 0,3% ao ano, em seu estudo sobre a eficiência do programa de melhoramento genético do arroz levado a cabo nos Estados do Piauí e Maranhão, durante o período de 1984 a 1997.

Ganhos genéticos devido ao melhoramento do arroz de terras altas

A história do melhoramento de arroz de terras altas na Embrapa pode ser dividida em duas fases distintas. De 1975 a 1990, atenção especial foi dedicada à resistência à seca, além da resistência à brusone sempre fortemente priorizada dentro do programa, em função da sua importância para a cultura do arroz. Nessa fase, 13 novas cultivares foram liberadas para o cultivo, as quais, em sua maioria, caracterizavam-se pela maior rusticidade, boa capacidade de competição com as plantas daninhas, tolerância satisfatória a doenças e maior capacidade produtiva. Essas



cultivares tiveram boa aceitação pelos produtores e, gradativamente, foram substituindo as cultivares mais antigas, em função de sua ampla adaptação e da maior disponibilidade de sementes. Houve significativos progressos genéticos para produtividade de grãos nesse período. Em Minas Gerais, por exemplo, Soares et al. (1999) obtiveram estimativas de 1,26%, para as linhagens precoces, e de 3,37% para as linhagens de ciclo médio. Esses ganhos podem ser considerados excelentes, quando comparados com os obtidos em outros cultivos. Em soja, por exemplo, as estimativas obtidas por Toledo et al. (1990) foram de 1,8%, para o Estado do Paraná.

Se, por um lado, essas cultivares impactaram positivamente a produtividade do arroz de terras altas, provocaram, por outro, uma forte depreciação do seu preço no mercado, quando comparados com o arroz irrigado, cuja qualidade vinha sendo melhorada desde o início da criação do IRGA e que atingiu seu ponto máximo com o lançamento da BR - Irga 409 e das cultivares que vieram após. Pode ser visto na Fig. 9.2 a evolução da relação entre o preço do arroz de Goiás, predominantemente colhido em terras altas, e o preço do arroz do Rio Grande do Sul, oriundo fundamentalmente das novas cultivares que aliavam produtividade com boa qualidade do produto. Essa depreciação do arroz de terras altas em relação ao arroz irrigado agregou-se até 1991, quando o seu valor correspondia a pouco mais de 60% do produto irrigado.

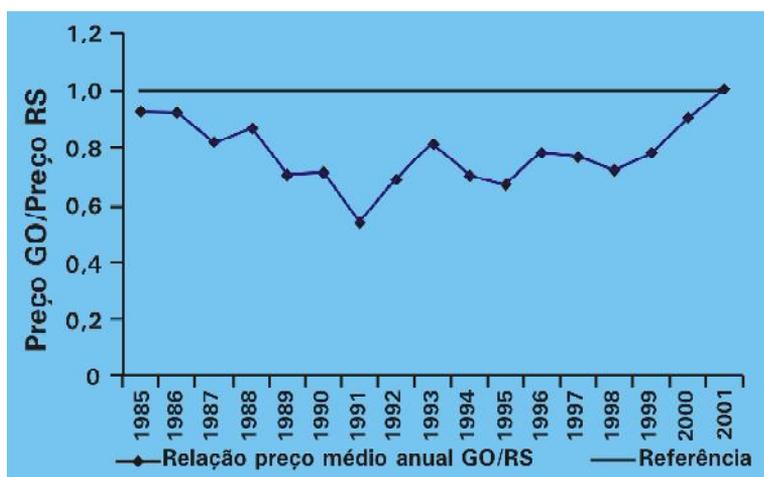


Fig. 9.2. Índice dos preços médios anuais do arroz de terras altas recebidos pelos produtores de Goiás em relação aos preços de referência recebidos pelos produtores de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, durante o período de 1985 a 2001.

Fonte: Ferreira et al. (2005).



O melhoramento do arroz de terras altas, na primeira fase acima referida, não focou a qualidade de grãos na intensidade necessária. Algumas cultivares, altamente competitivas quanto à produtividade como Rio Paranaíba, Cabaçu, Xingu, Douradão e Rio Paraguai, tinham qualidade de grãos inferior, com baixo teor de amilose e alta temperatura de gelatinização. Frequentemente, permaneciam com o interior do grão ainda meio endurecido após a cocção, além de ligeiramente pegajosos, não agradando o consumidor, que aos poucos foi preferindo o arroz colhido no sul do país. Como este tinha, adicionalmente, a característica de longo fino, a classe de grão agulhinha, isso passou também a caracterizar “arroz de boa qualidade”, apesar de, geneticamente, não haver nenhuma relação entre classe de grãos e qualidade de cocção.

No final da década de 1990, já se sabia que era preciso atribuir importância maior à qualidade de grãos no melhoramento do arroz de terras altas, o que ficou registrado na análise crítica do PNP Arroz, realizada por ocasião da IV Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz, realizada em junho de 1990 (Embrapa, 1994).

Ao mesmo tempo em que o arroz colhido em condições de terras altas se desvalorizava em relação ao arroz irrigado, a cultura da soja se expandia no Cerrado, onde, principalmente nas regiões menos favorecidas quanto à distribuição de chuvas, notadamente Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, se mostrava como uma opção agrícola de maior sustentabilidade econômica. A cultura do arroz foi, assim, sendo deslocada para as áreas mais favorecidas, com menor incidência de deficiência hídrica, aparentemente reduzindo a importância do melhoramento para resistência à seca.

A segunda fase do melhoramento do arroz de terras altas na Embrapa surgiu, portanto, no início da década de 1990, quando a prioridade de maior resistência à seca foi substituída pela maior ênfase na qualidade de grãos, juntamente com resistência à brusone e resistência ao acamamento, uma vez que a cultura passaria a ser explorada em áreas de maior potencial produtivo, onde as cultivares com arquitetura tradicional se mostravam altamente acamadoras.

Os primeiros cruzamentos envolvendo fontes de boa qualidade de grãos para o arroz de terras altas iniciaram-se no primeiro semestre de 1991, ao mesmo tempo em que se implementava em todas as gerações segregantes disponíveis uma forte pressão de seleção para qualidade de grãos. A meta quanto a essa característica era direcionada à obtenção de grão da classe longo fino, descrita no Capítulo 22, com



teor de amilose e temperatura de gelatinização intermediárias (Jennings et al., 1979) e que, após a cocção, se apresentasse enxuto, solto e macio.

O progresso do melhoramento para qualidade de grãos do arroz de terras altas brasileiro foi facilitado pela forte introdução de linhagens e famílias segregantes oriundas do programa de arroz de sequeiro que o CIAT desenvolveu de 1984 a 1995 e que priorizava fortemente duas características: adaptação a solos ácidos e qualidade de grãos, de acordo com as preferências do mercado brasileiro, pois reconhecia o Brasil como um dos seus principais clientes. Essas introduções eram, aqui, cuidadosamente avaliadas e selecionadas exploradas, para uso pelo programa brasileiro como fonte de novas cultivares e/ou como genitores nos cruzamentos, que realimentavam o programa. Hoje, a base genética das populações de arroz de terras altas sob melhoramento no Brasil é fortemente influenciada pelo germoplasma fornecido pelo CIAT. Além de ter servido de base para o lançamento de oito cultivares, Progresso, Maravilha, Canastra, Carisma, BRS Bonança, BRS Talento, BRSMG Curinga e BRS Caripuna, esse germoplasma contribuiu fortemente para resgatar a boa qualidade de grãos do arroz de terras altas no Brasil.

Uma cultivar que começou a recuperar o prestígio do arroz de terras altas, ao ser lançada em 1992, foi a Caiapó. Classificada como de grãos da classe longo, apresenta contudo cerca de 60% de seus grãos dentro da classe agulhinha. Apresenta alto rendimento de grãos inteiros e é de excelente qualidade quanto à cocção. Foi amplamente aceita pelo mercado e é atualmente uma das cultivares mais utilizadas, principalmente pelos pequenos agricultores. Em 1993, 1994, 1996 e 1997 foram lançadas, respectivamente, a Progresso, Carajás, Maravilha e Canastra, mas essas cultivares não contribuíram para a recuperação dos preços do arroz de terras altas em relação ao do irrigado, por não apresentarem características de grão competitivas no mercado.

O lançamento de maior repercussão nos preços do arroz de terras altas foi o da BRS Primavera, com grãos de excelente qualidade, quanto a classe, aparência e qualidades de cocção. Na Fig. 9.2 observa-se a primeira reação dos preços em 1992 e 1993, causada pelo lançamento da Caiapó e sua ascensão progressiva após 1997, com o lançamento da cultivar BRS Primavera, um dos arrozes de melhor qualidade culinária ainda presente no mercado brasileiro. No momento, praticamente não existe diferença entre os produtos



oriundos dos dois ecossistemas e outras cultivares, como BRS Bonança, Carisma, BRS Talento e BRS Soberana, contribuem para a maior disponibilidade de arroz de boa qualidade para cultivo em terras altas.

Os programas brasileiros de melhoramento de arroz após a internalização da Lei de Proteção de Cultivares

Não houve, com a instituição da Lei de Proteção de Cultivares, o surgimento, de imediato, de empresas privadas envolvidas com o melhoramento de arroz no Brasil, que continua sendo realizado, basicamente, pelas instituições públicas. Estas, contudo, começaram a buscar mais objetividade em seus programas e a incorporar atitudes próprias do setor privado. Reestudaram seu negócio, realizaram prospecção de oportunidades, procuraram alianças com empresas privadas e internalizaram a atenção permanente com a sustentabilidade financeira dos seus programas. Atualmente, o IRGA, associado ao FLAR, atua de forma totalmente independente. A Epagri também está se estruturando em um núcleo competitivo, estabelecendo parcerias com empresas privadas e implementando um programa de que se caracteriza pela objetividade e eficiência.

O IAC, com a redução da importância da cultura do arroz em São Paulo frente ao crescimento de outros cultivos, vem priorizando o melhoramento do arroz para características especiais, em busca de um produto diferenciado, com maior valor agregado, focando nichos especiais do mercado. Adicionalmente, continua implementando seu tradicional programa de melhoramento de arroz para os sistemas de cultivo com irrigação e de sequeiro, em terras altas.

Outras instituições, como a UFLA e a Epamig, continuam executando suas atividades de melhoramento de arroz, mas ainda em um processo de redefinição de suas estratégias, incluindo-se a possibilidade do estabelecimento de um convênio bilateral com a Embrapa, que, em parceria, poderão implementar um programa independente, com características próprias.

No âmbito da Embrapa, o seu sistema de planejamento de P&D, Sistema Embrapa de Planejamento, em menos de dez anos após sua implantação em 1993, já não se mostrava suficientemente eficaz para organizar grandes esforços de parceria, mesmo internamente, ou seja, entre as suas Unidades de Pesquisa, em torno das grandes prioridades nacionais relacionadas com o desenvolvimento do agronegócio,



devido: (a) baixa funcionalidade do ponto de vista de ação integradora e indutora, acompanhamento e avaliação dos projetos, e interação com clientes e usuários; (b) sistema fragmentado e com elevado custo de operacionalização; e (c) confundimento de programas meio com programas finalísticos de pesquisa, desenvolvimento e de transferência de tecnologias. Por outro lado, os cenários que começavam a se configurar para a Empresa e para a própria atividade de pesquisa, tanto no país quanto em nível mundial, apontavam para a necessidade de se implementar modelos de gestão de P&D que favorecessem o trabalho em rede e a concentração da capacidade intelectual, de recursos financeiros e de infra-estrutura em torno de focos estratégicos de pesquisa bem definidos, capazes de gerar impactos significativos, não apenas na dimensão técnico-científica, mas principalmente no desenvolvimento social e econômico do país. Assim, em 2001, a Embrapa promoveu ajustes em seu modelo de gestão de P&D, substituindo os 17 programas nacionais de pesquisa por cinco Macroprogramas: grandes desafios nacionais - Macroprograma 1; competitividade e sustentabilidade do agronegócio - Macroprograma 2; desenvolvimento tecnológico incremental - Macroprograma 3; transferência de tecnologia - Macroprograma 4; e desenvolvimento de processos gerenciais - Macroprograma 5 .

Projetos como o de melhoramento genético do arroz, que se caracterizam por ser multidisciplinar e multiinstitucional, contemplando pesquisas estratégicas e/ou aplicadas, objetivando promover avanços significativos no conhecimento e no padrão tecnológico do agronegócio do arroz no país, ajustando-se ao Macroprograma 2.

No âmbito dos macroprogramas, a Embrapa estimula suas unidades a constituírem redes de pesquisa em torno de temas de interesse comum e considerados estratégicos para a Empresa. Nesse sentido, atendendo à chamada do segundo edital do Macroprograma 2, a Embrapa Arroz e Feijão convidou a Embrapa Clima Temperado, RS, Embrapa Agropecuária Oeste, MS, Embrapa Rondônia, RO, Embrapa Amazônia Oriental, PA, Embrapa Roraima, RR, e a Embrapa Meio Norte, PI, a proporem, juntas, um novo projeto que abrigasse as atividades de melhoramento genético do arroz irrigado e do arroz de terras altas em desenvolvimento pela Empresa. Nesse projeto, que conta também com a colaboração da Embrapa Agroindústria de Alimentos no que diz respeito à orientação sobre qualidade de grãos, há a participação de apenas três instituições externas: a Epagri e a Epamig, em arroz irrigado, e a UFPA, em arroz de terras altas.



Participam na avaliação de famílias $S_{0.2}$ do programa de seleção recorrente, conduzindo os ensaios com recursos próprios, mas com o direito de exploração, em parceria com a Embrapa, das populações para fins de extração de linhagens.

O ATUAL PROJETO DE MELHORAMENTO DE ARROZ DA EMBRAPA

Na proposição do projeto, observou-se que alguns problemas agrônômicos continuavam limitando a cultura do arroz no Brasil, sendo necessário encontrar soluções para aumentar a sua competitividade. A produtividade, embora crescente no setor produtivo, em nível dos programas de melhoramento genético se aproximava de platôs que não tem sido superados, mas que devem ser quebrados para que o setor produtivo continue evoluindo e tornando-se mais competitivo. A brusone, principal doença do arroz, ainda causa perdas estimadas em 20% da produção, principalmente na região tropical, além de onerar os custos de produção com as medidas de controle. A qualidade do arroz produzido, a despeito dos progressos conseguidos, precisa ser melhorada ainda mais para atender principalmente ao mercado externo. Decidiu-se, então, adotar algumas novas estratégias tanto no melhoramento genético de arroz de terras altas como no de várzeas irrigadas, na expectativa de se conseguir maior eficiência dos programas no atingimento de seus objetivos:

- 1) Aumento do esforço em pré-melhoramento: As atividades de desenvolvimento de novas linhagens, com perspectivas de se transformar em cultivares competitivas, se tornam muito mais eficientes se baseadas na exploração de genitores elites (Morais et al., 2003). Na prática, para que isto ocorra, é necessário que o programa implemente uma série de atividades estratégicas relacionadas com a melhor forma de acesso, ordenamento e utilização da variabilidade genética de interesse existente no germoplasma, conhecidas no jargão de melhoramento genético como pré-melhoramento. Em outras palavras, com o pré-melhoramento se consegue uma melhor compreensão do germoplasma disponível e se implementam atividades destinadas a promover o fluxo dos alelos de interesse, dispersos no seio desse germoplasma, para a sua porção elite, enriquecendo-a e tornando-a de maior potencial para ser utilizada como material básico em um programa de desenvolvimento de novas cultivares.
- 2) Substituir o método tradicional de desenvolvimento de linhagens, que privilegia o manejo das gerações segregantes apenas pela avaliação visual, por procedimentos que incluem avaliações de produtividade



desde as gerações iniciais do programa, utilizando técnicas experimentais que permitam maior precisão nas observações. A seleção visual para caracteres como produtividade de grãos, em cruzamento tipo “elite” por “elite”, não difere de “coleta ao acaso”, como já foi amplamente demonstrado por Cutrim et al. (1997) em arroz. Assim, no projeto está sendo realizada avaliação de produtividade de grãos das populações (F_2) desenvolvidas (cruzamentos biparentais) e das famílias F_5 derivadas de plantas colhidas individualmente nas populações F_3 dos cruzamentos selecionados e conduzidas em F_4 pelo método de bulk dentro de famílias, conforme Frey (1954).

- 3) Implementar uma série de ações de pós-melhoramento, que, de forma bem planejada, visam inserir competitivamente a nova cultivar no mercado, obedecendo às estratégias definidas em planos de marketing específicos.

Ações de pré-melhoramento

Tendo como principal produto esperado o desenvolvimento de genitores elites para o programa de desenvolvimento de linhagens, as atividades de pré melhoramento visam basicamente: (a) caracterização fenotípica e molecular da coleção nuclear de arroz já estabelecida; (b) caracterização das populações de *Pyricularia grisea*, tanto sob aspecto molecular, quanto à especificidade de virulência; (c) identificação e incorporação de alelos de resistência à brusone em populações, cultivares e linhagens elites, visando não somente o desenvolvimento de novas cultivares, mas principalmente, aumentar o acervo de genitores potenciais do programa de melhoramento; (d) melhorar populações por seleção recorrente, visando desenvolver uma base especial para a extração de linhagens de alta performance; e) desenvolver linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula*.

Caracterização fenotípica e molecular da coleção nuclear de arroz

Uma estratégia para ampliar com eficiência a base genética do conjunto gênico em uso pelos programas de melhoramento consiste na utilização criteriosa da variabilidade genética existente nos bancos germoplasma. Essa variabilidade, naturalmente, pode ser determinada, avaliando-se toda a coleção ou uma amostra representativa da mesma. Essa amostra representativa é conhecida por Coleção Nuclear, que segundo Frankel (1984), consiste de um subgrupo de acessos de germoplasma que incorpora, com o mínimo de redundância, a diversidade genética de uma cultura. A Coleção Nuclear do Banco de Germoplasma



de Arroz da Embrapa, já estabelecida (Abadie et al., 2002) é composta por 550 acessos de arroz, divididos em três estratos: variedades tradicionais, 308 acessos, linhagens melhoradas no Brasil, 94 acessos, e introduções de outros países, 148 acessos. As variedades tradicionais foram selecionadas utilizando os descritores fenotípicos e os dados de coordenadas geográficas. Este último critério foi usado para incorporar na Coleção Nuclear variedades tradicionais adaptadas a sítios específicos, após longos períodos de cultivo, normalmente acima de 20 anos. Para aumentar o poder de discriminação entre os acessos da Coleção Nuclear de arroz brasileira, estão sendo utilizados marcadores moleculares microssatélites, os quais possuem o maior conteúdo informativo por loco gênico dentre todas as classes de marcadores. Essa análise está permitindo avaliar a extensão da variabilidade genética estrutural em 72 locos regularmente espaçados no genoma do arroz e, por conseguinte, separar os 550 genótipos em diferentes grupos de similaridade genética. Os dados moleculares serão, finalmente, reunidos com os dados de produtividade e outras características de interesse agrônomo para auxiliar na escolha de genitores do programa de pré-melhoramento, cujo objetivo principal é a obtenção de genitores elites para o programa de melhoramento, que possuam não somente um conjunto gênico diferenciado, mas também as características favoráveis das linhagens elite normalmente utilizadas.

Caracterização fenotípica de populações de *Pyricularia grisea*

A ocorrência de um grande número de raças de *P. grisea* foram registradas em vários países (Ou, 1985). Levy et al. (1993) encontraram 39 raças em uma coleção de 151 isolados provenientes de 15 cultivares de arroz na Colômbia. Quarenta e cinco raças de *P. grisea* representando todos os nove grupos de raças foram identificados na Colômbia (Correa-Victoria & Zeigler, 1993). Uma análise de 470 isolados coletados de oito cultivares provenientes de 18 lavouras, em nove municípios do Estado de Arkansas nos EUA, mostrou a predominância das raças IB-49 e IC-17, devido a uma elevada pressão de seleção exercida pelas cultivares (Xia et al., 2000).

No Brasil, as raças que representam todos os grupos IA até II foram registradas nas cultivares de terras altas e irrigado em diferentes estados (Ribeiro & Terres, 1987; Urashima & Isogawa, 1990; Malavolta & Souza, 1992; Filippi & Prabhu, 2001; Prabhu & Filippi, 2001; Prabhu et al., 2002a). A variabilidade do patógeno é um assunto de muita controvérsia, sendo relatado o aparecimento de novas raças, provenientes de isolados monospóricos, estabelecidos de uma lesão foliar.



As informações quanto à estrutura da virulência de *P. grisea* no Brasil são limitadas. A disponibilidade de cinco linhas isogênicas da variedade CO 39, diferindo em um gene, permitiu classificar os isolados virulentos ou avirulentos a estas linhas. Este tipo de levantamento é muito recente e foi feito em arroz de terras altas e em arroz de várzea por Filippi et al. (2002). Esses autores observaram que todos os 87 isolados testados foram virulentos aos genes Pi-3, Pi-4a e Pi-4b, enquanto poucos deles foram virulentos aos genes do hospedeiro Pi-1 e Pi-2.

Quando uma nova cultivar com resistência vertical é introduzida, o patógeno freqüentemente acumula virulência para o gene de resistência, tornando a cultivar suscetível. Os genes de resistência do hospedeiro podem ser classificados de acordo com o comportamento dos genes de virulência do patógeno. Isso é uma ferramenta que pode ser usada para agrupar melhor a combinação de genes no hospedeiro e foi utilizada inconscientemente no processo de seleção ao longo dos anos.

Diferenças distintas no padrão de virulência dos isolados de *P. grisea*, coletados das cultivares de arroz de terras altas, foram observadas em testes realizados com seis cultivares de terras altas e oito cultivares de arroz irrigado (Filippi & Prabhu, 2001). As altas freqüências de virulência nas cultivares IAC 47 e IAC 165 explicaram a alta suscetibilidade dessas cultivares, nas condições naturais de infecção no campo. Por outro lado, a baixa freqüência de virulência na cultivar Araguaia evidenciou sua suscetibilidade moderada à brusone.

A diversidade fenotípica nas população de *P. grisea* de amostras coletadas em quatro lavouras da cultivar Metica 1, sob condições de epidemias da brusone nas folhas, mostraram que 80% dos isolados pertencem ao patótipo ID-14, indicando alta especificidade da cultivar e a diversidade estreita da virulência na população estudada (Filippi et al., 2002). O patótipo predominante IB-45 foi representado por 47 dos 53 (88,7%) isolados coletados nas cultivares Epagri 108 e Epagri 109, em nove diferentes lavouras, no Estado do Tocantins, indicando certo grau de especialização de isolados de *P. grisea*. A epidemia da brusone nestas duas cultivares, um ano após a sua utilização na região, foi atribuída ao surgimento do novo patótipo IB-45 ou à sua preexistência em baixa freqüência e rápido aumento no campo, devido à elevada pressão de seleção direcional (Prabhu et al., 2002b).

Visando monitorar a composição das populações de *P. grisea* nas principais áreas produtoras, anualmente são coletados isolados em lavouras semeadas com as cultivares mais utilizadas pelos orizicultores, e conservados em papel de filtro. A virulência fenotípica dos isolados é



estudada, utilizando diferenciadoras especiais, por meio de inoculações artificiais, em casa de vegetação, nas plantas com 21 dias de idade. As avaliações das reações são feitas nove dias após a inoculação, por meio de reação compatível e não compatível. A determinação das raças baseia-se na reação das diferenciadoras.

Caracterização genotípica de populações de *P. grisea*

Os marcadores de DNA permitem avaliação da diversidade genética dentro da região geográfica e dentro de uma determinada raça. A população do patógeno é composta de grupos distintos de indivíduos e cada grupo (linhagem), derivado através de propagação assexual, é proveniente de um ancestral comum. De acordo com Levy et al. (1993), a análise do DNA de mais de 100 isolados, coletados em Santa Rosa (Colômbia), agrupou-os somente em seis linhagens distintas.

Os estudos iniciais de caracterização genética de isolados de *P. grisea* mostraram que as linhagens podem ter um espectro de virulência específico ou os membros de linhagem compartilham de uma virulência comum e limitada. Algumas cultivares apresentam resistência para todos os isolados individuais de uma determinada linhagem. Outras cultivares são suscetíveis aos isolados de algumas linhagens. Com base nestas observações, a hipótese de exclusão de linhagem foi proposta (Correa-Victoria et al., 1994).

A estreita relação estabelecida entre linhagem e virulência, nas populações do patógeno nos Estados Unidos (Levy et al., 1991), não foi comprovada em estudos posteriores realizados nas Filipinas (Chen et al., 1995; Zeigler et al., 1995). Um grande número de raças foi detectado, incluindo raças múltiplas, dentro de linhagens com 80% de similaridade. A reação individual dos isolados, dentro da mesma linhagem, foi variável. Diversidade em haplotipos dentro de linhagem é comum, indicando alta taxa de mutação ou recombinação parasexual (Zeigler et al., 1997). Não existe uma relação estreita entre raça e linhagem, ou seja, a informação quanto à linhagem não constitui uma fonte segura para indicar virulência de *P. grisea* ou para direcionar um programa de melhoramento (Xia et al., 1993). Discutindo a importância da análise de linhagem, Zeigler et al. (1995) supõem que a presença de isolados virulentos e avirulentos, dentro de uma mesma linhagem e para uma determinada cultivar, indica que é mais fácil isolados avirulentos tornarem-se virulentos ao hospedeiro, do que isolados pertencentes a outra linhagem. Dessa maneira, a análise de linhagens permite discriminar a interação hospedeiro-linhagem mais estável e não-estável.



No Brasil, a análise de DNA de 53 isolados provenientes de nove lavouras das cultivares Epagri 108 e Epagri 109, utilizando rep-PCR, mostrou dois grupos ou linhagens distintas (Prabhu et al., 2002b). Em outro levantamento, "DNA fingerprinting" de 87 isolados de *P. grisea* coletados em quatro lavouras da cultivar Metica 1, utilizando rep-PCR com dois primers Pot2, revelou a ocorrência de seis grupos ou linhagens. Não houve, neste estudo, uma relação clara entre a virulência dos isolados baseado em 32 linhagens e o agrupamento baseado na análise usando rep-PCR de isolados de *P. grisea* coletados na cultivar Metica 1. A análise dos isolados com rep-PCR não pode ser utilizada para determinar patótipos do fungo. Entretanto, esse tipo de análise serve como ferramenta para diferenciar geneticamente isolados distintos que apresentam reações fenotípicas ambíguas nas diferenciadoras (Filippi et al., 2002).

De acordo com o conceito de exclusão de linhagens, os genes de resistência contra todos os isolados de linhagens do patógeno podem ser selecionados e combinados em um único genótipo. Este conceito tem a mesma consequência de exclusão de raça. A estabilidade do espectro de virulência de isolados pertencente à mesma linhagem está sujeita, contudo, a questionamentos. Não existe uma fórmula no momento de se selecionar isolados representativos de linhagens, exceto incluindo todas as raças utilizando métodos convencionais. O uso combinado do agrupamento, baseado na frequência de virulência ou raça, com linhagens genéticas parece ter maior valor aplicado ao melhoramento do que usados isoladamente.

O DNA dos isolados caracterizados fenotipicamente (no item anterior é também submetido à análise molecular, utilizando dois primers, Pot2-1 e Pot2-2, derivados de uma seqüência repetitiva presente no genoma do patógeno *P. grisea*. Os perfis de bandas são analisados, usando o programa do NTSYS, versão-1.70/1992. As distâncias genéticas são calculadas pelo coeficiente de similaridade de Jaccard. Uma matriz de distâncias genéticas é usada para a análise de agrupamento dos isolados e construção do dendograma, baseado no método não ponderado por médias aritméticas (UPGMA). Também se realiza a análise de Bootstrap para confirmação dos clusters.

Identificação e incorporação de alelos de resistência à brusone em cultivares e linhagens elites

Desde 1995 a Embrapa Arroz e Feijão vem conduzindo um trabalho de incorporação de resistência a brusone na cultivar de arroz irrigado Metica 1 por meio de retrocruzamentos, utilizando cinco fontes doadoras



de alelos de resistência, 5287, Carreon, Ramtulasi, Três Marias e Huan-Sen-Go. Como resultado deste trabalho, duas cultivares, BRS Alvorada e BRSGO Guará, oriundas de três retrocruzamentos para Metica 1 e de duas diferentes fontes de resistência, Huan-Sen-Go e 5287, respectivamente, foram obtidas e lançadas para a região tropical como duas novas cultivares de arroz irrigado. A BRS Alvorada e a BRSGO Guará, em 23 ensaios conduzidos de 1999 a 2003, em Goiás e Tocantins, apresentaram produtividades médias de 7.257 e 6.646 kg ha⁻¹, respectivamente, a primeira superando a Metica 1, 6.668 kg ha⁻¹, e a segunda com produtividade similar. Quanto ao rendimento de grãos no beneficiamento, teor de amilose e temperatura de gelatinização, as duas cultivares são semelhantes à Metica 1. Nos testes de cocção, contudo, essas cultivares apresentaram grãos soltos após o cozimento aos 60 dias após a colheita, enquanto que a Metica 1 mostrou os grãos soltos somente aos 140 dias depois de colhida. Estas duas cultivares, por serem fenotipicamente semelhantes quanto ao ciclo, arquitetura e altura de planta e tipo de grãos, podem vir a se constituir em uma variedade composta.

O uso de variedades compostas poderá vir a ser uma das estratégias utilizadas para obtenção de resistência estável à brusone. Consiste no plantio de uma mistura de sementes de duas, três ou mais cultivares fenotipicamente semelhantes, principalmente para ciclo, altura e arquitetura de planta, mas cada uma portadora de um alelo diferente que condiciona resistência a uma determinada raça do patógeno prevalente na região. Observações teóricas e práticas demonstram que a heterogeneidade genética pode reduzir drasticamente a ocorrência de doenças em grandes áreas de cultivo (Zhu et al., 2000).

Uma nova incorporação de alelos de resistência em cultivares comerciais de arroz irrigado, BRS Formoso, Javaé, Diamante e na linhagem CNA 8502, foi reiniciada em 1999, utilizando as fontes Huan-Sen-Go, Oryzica Llanos 4, Oryzica Llanos 5, Oryzica 1 e 5287, com o objetivo de ampliar o leque de cultivares elites resistentes a serem utilizados como genitores nos programas de cruzamento, além de constituírem opções para o desenvolvimento de cultivares essencialmente derivadas. Trabalhos similares estão sendo realizados com o arroz de terras altas, utilizando as cultivares recorrentes BRS Primavera, BRS Bonança, Carajás, BRS Talento e BRS Liderança, e treze fontes doadoras de genes de resistência, C101 LAC, C101A 51, Raminad str-3, Oryzica Llanos 5, Toride 1, Três Marias, CNA 8212, CNA 8199, CNA 8198, CNA 8210, CNA 8213 e SC 9. As populações de cada retrocruzamento estão sendo inoculadas com isolados específicos e simultaneamente avaliadas em condições naturais de infecção no campo, seguida da seleção das plantas resistentes.



Melhoramento de populações por seleção recorrente

Sendo a produtividade de grãos um caráter quantitativo, governado por um grande número de genes menores, a probabilidade de se encontrar um indivíduo, em qualquer geração segregante, que contenha todos os alelos favoráveis, é muito pequena, e essa probabilidade diminui à medida que se aumenta a geração em consideração. Esses alelos geralmente estão dispersos nas famílias sob avaliação. Selecionando-se os indivíduos superiores dentro de populações geneticamente divergentes e intercruzando-os, aumenta-se a frequência dos alelos favoráveis na nova população e, com isso, tem-se maiores chances de encontrar indivíduos com todos os alelos favoráveis. Esse é o fundamento básico da seleção recorrente, que hoje vem sendo considerada como a melhor alternativa para se obter ganhos em características quantitativas, como a produtividade (Rangel, 1992; Rangel & Neves, 1997; Rangel & Zimmermann, 1998; Rangel et al., 2000b). Assim, o melhoramento populacional por meio de seleção recorrente será intensivamente utilizado, no sentido de obter cultivares de elevada capacidade produtiva de grãos.

No caso específico do arroz irrigado, o programa teve início em 1990 com as populações CNA-IRAT 4 formada pelo intercruzamento de 10 cultivares/linhagens da subespécie *Indica*, e a CNA-IRAT P constituída de genótipos das subespécies *Indica* e *Japonica*. Posteriormente, novas populações foram incorporadas ao programa sendo, a CNA 1 em 1991, a CNA 5 em 1993 e a CNA 11 em 1996 (Rangel & Neves, 1997; Rangel et al., 2002). Todas essas populações possuem na sua constituição o gene de macho-esterilidade genética do mutante IR36, obtido através de mutagênico químico (Singh & Ikehashi, 1981). Esse mutante tem um alelo recessivo (*ms*) que, em homozigose (*msms*), produz a esterilidade dos grãos de pólen permitindo que a recombinação das famílias selecionadas seja feita em campo sem a necessidade de cruzamentos manuais. Em 2002, a população CNA 12 que foi sintetizada sem a utilização do gene de macho-esterilidade genética e visa principalmente a extração de linhagens com resistência estável à brusone, foi submetida ao primeiro ciclo de seleção recorrente.

Além dos processos rotineiros de melhoramento e extração de linhagens nas populações, procurou-se ao longo dos anos acumular informações técnicas que tornassem o programa de melhoramento populacional mais eficiente. Vários trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos e dentre eles pode-se citar: a) o de Morais (1997), que recomenda a seleção de um número de indivíduos cujo tamanho efetivo seja de pelo menos 50,



para recombinação, entre ciclos sucessivos de seleção; b) o de Zimmermann (1997), que estabeleceu os procedimentos experimentais e estatísticos como, tamanho de parcela, delineamento e número de repetições; c) o de Rangel et al. (1998), Servellón Rodriguez et al. (1998) e Lopes (2002), que avaliaram respectivamente, o potencial genético das populações CNA-IRAT 4, CNA 1 e CNA 11 para fins de melhoramento; d) o de Geraldi & Souza Júnior (2000), que recomenda avaliar nos ensaios de rendimento no mínimo 200 famílias, para que se possa manter as propriedades genéticas da população; e) o de Cordeiro et al. (2003), que, por meio das estimativas de vários parâmetros genéticos, concluíram que a metodologia de cruzamentos manuais em cadeia, utilizada antes da realização dos intercruzamentos ao acaso no campo, parece ser eficiente e suficiente para formar a população base e permitir a seleção de famílias superiores, sem a necessidade adicional de intercruzamentos, tornando o programa de seleção recorrente do arroz mais rápido e com menor dispêndio de recursos.

Além de estimar os ganhos esperados, os melhoristas devem também avaliar os ganhos observados promovidos pelo programa de melhoramento populacional ao longo de um determinado período, para fazer uma análise crítica da eficiência dos procedimentos adotados e para planejar ações corretivas, se necessárias, a serem empregadas nos períodos subseqüentes. Com o objetivo de estimar os ganhos observados para produtividade de grãos em três ciclos de seleção recorrente na população CNA-IRAT 4, Rangel et al. (2002) avaliaram 924 famílias $S_{0,2}$ em 14 ensaios conduzidos nos anos agrícolas 1992/93, 1994/95 e 1997/98 em vários estados do Brasil. Nas estimativa dos ganhos observados para produtividade de grãos, os autores utilizaram o método das médias ajustadas (Breseghello et al., 1998b) adaptado por Morais et al. (2000). O ganho observado no primeiro ciclo foi de apenas $15,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (0,28%), não significativo. Os ganhos observados no segundo ciclo e na média dos dois ciclos foram respectivamente, $369,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (6,65%) e $259,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (4,67%), significativo, ou seja, superiores a duas vezes o valor do respectivo desvio-padrão. Esses valores são maiores do que os estimados para os programas de melhoramento convencional conduzidos no Brasil, por vários autores (Breseghello et al., 1999; Santos et al., 1999; Rangel et al., 2000a). Baseando-se nos resultados obtidos, os autores concluíram que três ciclos de seleção recorrente foram eficientes em aumentar o potencial produtivo da população CNA-IRAT 4.

A CNA-IRAT 4 já deu origem a cultivar SCS BRS Tio Taka, indicada para o sistema de cultivo pré-germinado de Santa Catarina, e que apresenta, como principais características, alta produtividade de grãos, porte baixo, resistência ao acamamento, alta capacidade de



perfilhamento, elevado rendimento industrial de grãos e boa qualidade culinária. Possui ainda, alta capacidade de brotação após a colheita do cultivo principal, podendo ser utilizada para o cultivo da soca.

Para o arroz de terras altas, seis populações, CG1, CG2, CG3, CNA6, CNA7 e CNA10, vem sendo melhoradas sistematicamente, com foco em produtividade, qualidade de grãos e resistência à brusone, além de outras características menos restritivas como resistência ao acamamento, precocidade, vigor, resistência a pragas, etc (Castro et al., 1999). Sintetizadas de 1992/93 a 1994/95, essas populações já passaram por dois a quatro ciclos de seleção e hoje concorrem com os melhores cruzamentos entre genitores elites como fontes para a extração de linhagens para as condições de cultivo em terras altas. Tendo famílias $S_{0:2}$ como unidades básicas de avaliação de produtividade, o programa está estruturado de tal forma que cada ciclo de seleção tem a duração de três anos, sendo que a cada ano agrícola existem duas populações em uma das três fases seguintes: recombinação e seleção de plantas em S_0 ; avaliação de famílias S_1 e multiplicação de sementes; e avaliação de famílias $S_{0:2}$ em ensaios regionais. Cronologicamente, tem-se:

- Ano 1, primeiro semestre: semeadura das sementes S_0 , em baixa densidade. Na fase de colheita, realiza-se a seleção de plantas individuais, baseando-se na avaliação visual de arquitetura de planta, duração do ciclo, sanidade e características relativas a classe de grãos, entre outras.
- Ano agrícola 1/2: avaliação das famílias S_1 para características agrônômicas em ensaios de observação de campo, para resistência à brusone em ensaios especiais, canteiros de infecção, e para características de grãos, avaliadas no laboratório de qualidade de grãos.
- Ano agrícola 2/3: as famílias S_1 selecionadas participam, como $S_{0:2}$ de ensaios regionais de avaliação de produtividade de grãos, em quatro locais.
- Ano 3, segundo semestre: as famílias selecionadas nos ensaios regionais, cerca de 40 a 50, são recombinadas, reproduzindo a população S_0 do ciclo subsequente. A condução destes ensaios regionais representa a tarefa mais difícil e onerosa do programa.

Durante os anos de 2000/01 a 2002/03, as seis populações de arroz de terras altas sob melhoramento por seleção recorrente encontravam-se nas fases exemplificadas na Tabela 9.2. Se este cronograma for alterado, ter-se-á em algum ano mais de duas populações na fase de avaliação de famílias $S_{0:2}$, tornando a condução dos experimentos mais demandadora de recursos naquele ano.



Tabela 9.2. Fases em que se encontravam as seis populações de arroz de terras altas, durante os anos de 2000/01 a 2002/03.

Ano agrícola	CG1	CG2	CG3	CNA6	CNA7	CNA10
2000/01	S_1	$S_{0:2}$	Rec/ S_0	$S_{0:2}$	S_1	Rec/ S_0
2001/02	$S_{0:2}$	Rec/ S_0	S_1	Rec/ S_0	$S_{0:2}$	S_1
2002/03	Rec/ S_0	S_1	$S_{0:2}$	S_1	Rec/ S_0	$S_{0:2}$

Antes de se iniciar a seleção para produtividade de grãos, praticou-se um a dois ciclos de seleção massal, visando à redução de altura, uma certa redução na variação para ciclo de plantas, melhoria na qualidade de grãos e resistência a doenças, particularmente brusone. Na Tabela 9.3 encontram-se as médias das cultivares testemunhas utilizadas, as médias das populações e das famílias selecionadas no último ciclo de seleção para produtividade de grãos. Observa-se que as populações CG1, CG2 e CG3, já são, em média, tão produtivas quanto as testemunhas, sendo suas famílias selecionadas, em conjunto, significativamente mais produtivas do que estas testemunhas, que são cultivares comerciais elites.

As populações CNA6, CNA7 e CNA10 foram sintetizadas com o recurso de um gene de macho esterilidade genética e estão sendo manejadas conforme Chatel & Guimarães (1995). Assim, todas as famílias sob avaliação são progênies de plantas herozigóticas, para o referido gene, e por conseguinte, as famílias $S_{0:2}$ devem apresentar cerca de 16,7% de plantas macho-estéreis, ignorando a produção de grãos dessa categoria de planta em S_1 . É razoável, portanto, admitir que, pelo menos a CNA6 e a CNA7, em seu primeiro ciclo de seleção para produtividade de grãos, já deveriam apresentar um potencial médio para esta característica semelhante ao das testemunhas, conforme se observa se se corrigir suas estimativas de produtividade da Tabela 9.3 em 16,7%.

Tabela 9.3. Média de produtividade de grãos das populações de arroz de terras altas, das testemunhas e das famílias selecionadas no último ciclo de seleção para produção de grãos. Informações baseadas na avaliação de famílias $S_{0:2}$.

População	Ciclo de seleção	Ano agrícola	Média		
			Testemunha	População	Famílias selecionadas
CG1	2º	2001/02	2.153	2.104	2.310 ⁽¹⁾
CG2	2º	2000/01	2.777	2.733	3.126 ⁽¹⁾
CG3	2º	2002/03	3.225	3.130	3.601 ⁽¹⁾
CNA6	1º	2000/01	2.915	2.566 ⁽¹⁾	3.074
CNA7	1º	2001/02	2.476	2.055 ⁽¹⁾	2.314 ⁽¹⁾
CNA10	2º	2002/03	3.426	2.514 ⁽¹⁾	3.069 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Significativamente diferente da média das testemunhas, pelo teste F ($P < 0,01$)



A produtividade média da CNA10, por outro lado, ainda se encontra relativamente distante da média das testemunhas, devendo exigir mais tempo para superar este ponto referencial.

Desenvolvimento de linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula*

Das espécies silvestres de arroz que ocorrem no Brasil, a *Oryza glumaepatula*, por ser autógama, diplóide e possuir genoma semelhante ao da espécie cultivada, é a que possui maior potencial de uso no melhoramento genético. A Embrapa vem utilizando essa espécie no desenvolvimento de um programa de pré-melhoramento, com o objetivo de incorporar seus genes em linhagens e cultivares elites. As linhagens *sativa* vetoras de genes da espécie silvestre serão usadas na ampliação da base genética das populações do melhoramento de arroz irrigado, visando à obtenção de cultivares de alta produtividade. A estratégia adotada na introgressão de genes, conhecida como Método Avançado de Retrocruzamento para QTL (Tanksley & Nelson, 1996), envolve o uso de mapas de ligação molecular e técnicas convencionais de melhoramento e permite que um grupo de alelos de uma planta exótica ou silvestre possa ser examinada em um conjunto gênico de uma cultivar ou linhagem elite. O mapa de ligação molecular é usado para identificar, no cromossomo, a posição dos alelos silvestres que foram transferidos para a progênie, determinar quais deles estão associados a comportamento superior e selecionar as linhagens que contém QTL silvestre específico no conjunto gênico elite. Brondani et al. (2001, 2002) conseguiram introgridir com sucesso genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula*, coletada na região Amazônica, na linhagem BG 90-2, de *Oryza sativa*. A análise de QTLs para 11 características agrônômicas de interesse foi efetuada utilizando dados moleculares e os dados fenotípicos de 96 famílias RC_2F_2 avaliadas em dois locais, Goiânia, GO, e Formoso do Araguaia, TO. Apesar de todos os alelos de QTLs favoráveis identificados serem provenientes do parental BG 90-2 em todas as características agrônômicas mensuradas, obtiveram-se famílias RC_2F_2 fenotipicamente superiores ao parental BG 90-2, o que é um indicativo importante da ação gênica complementar entre o "background" genético do parental recorrente, BG-90-2, e os fragmentos introgrididos do parental doador, RS-16. Como resultado desse trabalho foram obtidas 35 linhagens de *Oryza sativa* vetoras de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula* que estão sendo utilizadas como genitores no programa de melhoramento genético do arroz irrigado.



Ações de Desenvolvimento de Linhagens

Esta ação tem como foco o desenvolvimento de linhagens de alto potencial para finalidade de lançamento como novas cultivares, a partir da exploração de um conjunto de genitores que representam a elite do germoplasma disponível, tanto sob o aspecto de adaptação aos sistemas de cultivo, como em relação à resistência a doenças e à qualidade de grãos. Tem como fundamento: a maior frequência de recombinação (cruzamentos), quando comparado com os métodos tradicionais de melhoramento em autógamias; a utilização de unidades de recombinação (genitores) de desempenho previamente avaliados nos sistemas produtivos e devidamente caracterizados, notadamente, em relação à resistência à brusone, qualidade de grãos e ao número dias para a floração; e a seleção baseada em informações de ensaios multilocais, conduzidos por um esforço conjunto das instituições componentes do projeto, e em outras observações oriundas de laboratório, como qualidade de grãos, ou de outros ambientes controlados, como avaliação da resistência à brusone. O desenvolvimento de linhagens apresenta duas fases: a primeira visa desenvolver material básico, constituído de indivíduos com elevada homozigose e, por conseguinte, de alto potencial para a extração de linhagens. Representa uma estratégia de melhoramento típica de seleção recorrente, mas com alta pressão de seleção. Essa alta pressão advém não só do elevado número de unidades de avaliação (tratamentos) da população base, mas também da seleção de um número de unidades de recombinação (genitores) que representam um tamanho efetivo reduzido. O pequeno tamanho efetivo certamente conduz a perdas de alelos favoráveis, mas o esquema em uso prevê uma constante introdução de novos genitores (imigrantes) oriundos, em maior frequência, da etapa de pré-melhoramento e, menos frequentemente, do pós-melhoramento e de outros programas de melhoramento. Essa primeira fase pode ser visualizada na Fig. 9.3: cruzamentos a ensaios multilocais de famílias $S_{3:5}$ e $F_{3:5}$.

A segunda fase utiliza como material básico preferencial os produtos da primeira fase (famílias $F_{3:6}$ e $S_{3:6}$) e linhagens desenvolvidas por diversas atividades de pré-melhoramento, consideradas promissoras para o desenvolvimento de cultivares. Visa a obtenção de linhagens candidatas a cultivares, tendo em vista os objetivos do projeto, e que constituem o material de trabalho de pós-melhoramento, conforme Fig. 9.3.



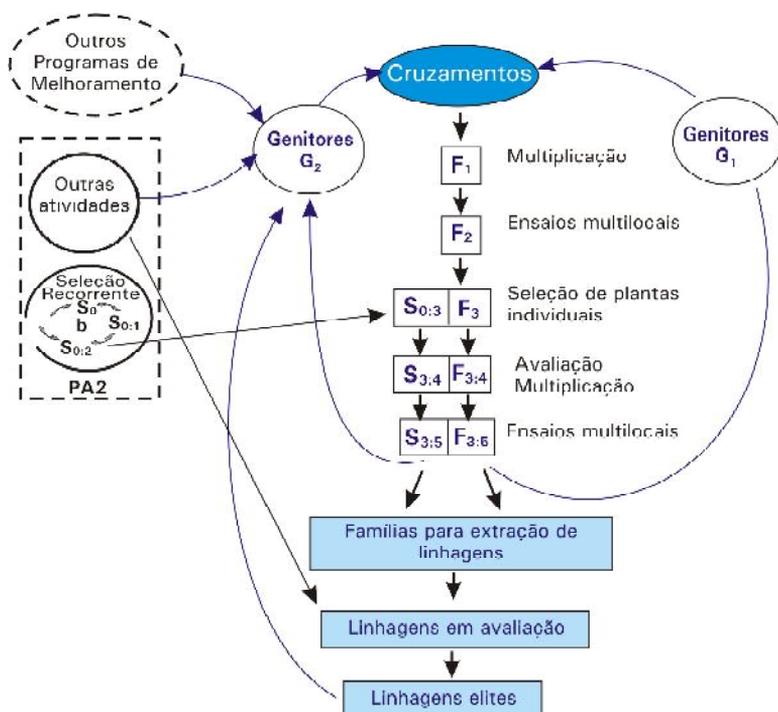


Fig. 9.3. Esquema da estratégia de desenvolvimento de linhagens elites.

Em seu conjunto, a etapa de desenvolvimento de linhagens compõe-se das seguintes atividades que, em sua maioria, poderiam ser subdivididas conforme os sistemas de cultivo que contemplam:

Seleção dos genitores, cruzamentos, avaliação das combinações híbridas e multiplicação de sementes F_1

Os genitores são selecionados entre: (a) as melhores famílias $F_{3:5}$ que representam, na Fig. 9.3, o grupo de genitores G_1 , elo de ligação entre dois ciclos de seleção recorrente, previsto na primeira fase anteriormente comentada; (b) as melhores famílias $S_{3:5}$, oriundas das $S_{0:2}$ do programa de melhoramento populacional, primeiro plano de ação, selecionadas para incorporação no programa de desenvolvimento de linhagens, considerando o conjunto de características de interesse, em ensaios multilocal; (c) linhagens melhoradas para características específicas, notadamente para resistência à brusone, também provenientes do pré-melhoramento; (d) linhagens de alta performance dos ensaios regionais de rendimento ou ensaios de VCU; e (e) linhagens ou



cultivares de outros programas de melhoramento nacional ou internacional, com comprovada adaptação aos sistemas produtivos enfocados. Os genitores das alternativas (b), (c), (d) e (e) constituem o grupo G_2 , e sua efetiva introdução no conjunto gênico sob exploração só se concretiza após comprovada a sua capacidade de combinação com o grupo G_1 . Na seleção desses genitores e no planejamento dos cruzamentos, procura-se utilizar a experiência e a percepção dos pesquisadores, considerando as particularidades dos sistemas produtivos e as características dos ecossistemas regionais onde o arroz é cultivado.

Como estas atividades se fundamentam na recombinação de genitores elites, os cruzamentos são, em sua maioria, bi-parentais. As sementes F_1 são multiplicadas em condições de campo, em área de várzea com irrigação assegurada, utilizando-se o sistema de transplântio, com uma muda por cova, mesmo para os cruzamentos destinados ao sistema de terras altas. As mudas são formadas em ambiente protegido por tela, com os cuidados exigidos pela categoria de semente utilizada.

Avaliação dos cruzamentos

Os cruzamentos, cerca de 200 a 300 para cada ecossistema, irrigado e terras altas, são avaliados em ensaios de rendimento de cruzamentos (ERC), localizados em Capão do Leão, RS, Alegrete, RS, Goianira, GO, Formoso do Araguaia, TO, e Boa Vista, RR, para o arroz irrigado; e em Santo Antônio de Goiás, GO, Sinop, MT, Vilhena, RO, Paragominas, PA e Teresina, PI, para o arroz de terras altas. Nos ERC são avaliados, basicamente, a incidência de doenças, o número de dias para a floração média, a altura de planta, o acamamento e a produtividade de grãos.

A seleção se baseia na análise conjunta de todos os ensaios, para o caso dos cruzamentos do arroz de terras altas, e na análise conjunta por região, "subtropical" ou Região Sul, e "tropical", ou Regiões Centro-Oeste e Norte, para o caso do arroz irrigado, apesar da constatação de que boa parte dos cruzamentos selecionados são comuns às duas regiões. Está-se, contudo, dando oportunidade à identificação de cruzamentos de adaptação específica, capitalizando a interação genótipo por ambiente. Cerca de 20 a 30 cruzamentos são selecionados, percentual de seleção de 10%.

Na Fig. 9.4 visualiza-se o desempenho médio de todos os cruzamentos de arroz de terras altas avaliados em 2002/03, dos cruzamentos selecionados e das cultivares testemunhas. No conjunto,



os cruzamentos selecionados são significativamente mais produtivos (Teste F, $p < 0,01$) que os avaliados e as testemunhas, indicando que devem fornecer linhagens produtivas, principalmente se ocorrer um bom progresso com a seleção dentro de cada população. Além disso, os cruzamentos selecionados apresentam boa performance média em relação à resistência à brusone e, em relação à qualidade, apresentam, pelo menos, uma frequência alta de indivíduos com as características desejadas de grãos.

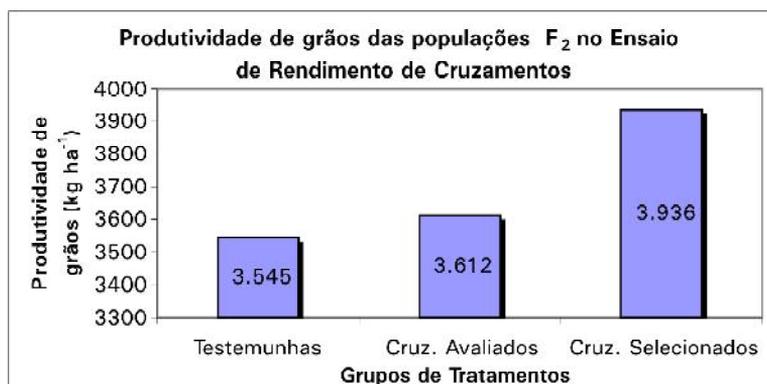


Fig. 9.4. Desempenho médio dos cruzamentos de arroz de terras altas avaliados e selecionados, no ano agrícola 2002/03.

Seleção de plantas dentro dos cruzamentos selecionados (F_3)

Sementes F_3 dos cruzamentos selecionados para a região subtropical e as famílias $S_{0:3}$ selecionadas no programa de seleção recorrente para a mesma região (arroz irrigado), para fins de desenvolvimento de linhagens, são semeadas em Formoso do Araguaia, TO, durante a entressafra, mês de junho, nos chamados VS1 (Viveiro de Seleção 1), para a seleção de plantas individuais. Utiliza-se o sistema de transplântio, no espaçamento de 30 x 20 cm, com uma muda por cova, para facilitar a identificação individual das plantas. Cerca de 50 plantas com grãos de classe agulhinha, sadias e com boa aceitação fenotípica, são selecionadas de cada cruzamento.

Para o arroz irrigado tropical e o de terras altas, o VS1 inicia no mês de agosto com a semeadura, em bandejas especiais, de cerca de 1.000 sementes, selecionadas, quando necessário, para classe de grãos, preferindo as de classe agulhinha. Aos 20-25 dias, após a semeadura, essas bandejas são submetidas à inoculação do isolado de *P. grisea* mais freqüente nas regiões produtoras, selecionados pelos fitopatólogos



que integram a equipe de melhoramento. Cerca de 100 plântulas por cruzamento, isentas de lesões, são transplantadas para o campo, área de várzea, em parcelas de duas fileiras de 5 m. Após a maturação, cerca de 50 plantas de melhores características fenotípicas (avaliação visual) são colhidas individualmente.

Avaliação das Famílias $F_{3:4}$ e $S_{3:4}$

As progênies das plantas selecionadas nos VS1 são observadas nos ensaios de observação de famílias (EOF), nas condições dos sistemas de cultivo a que se destinam: em Santo Antônio de Goiás, GO (terras altas), em Capão do Leão, RS (famílias de arroz irrigado destinadas a região subtropical), e em Goianira, GO (famílias de arroz irrigado destinadas à região tropical). Nos EOF intercala-se, a cada nove parcelas, uma cultivar testemunha, para facilitar a avaliação comparativa. As parcelas compõem-se de quatro fileiras de 5 m de comprimento, semeadas com baixa densidade, para reduzir o gasto de sementes, e os espaçamentos são os apropriados para cada sistema de cultivo.

Paralelamente, as famílias são também avaliadas para resistência à brusone, em canteiros especiais, com incidência forçada da enfermidade. As linhagens que apresentarem insuficiente resistência à brusone ou alguma outra característica não desejável, como acamamento ou arquitetura inadequada, são eliminadas antes da colheita. Após a colheita das consideradas aptas quanto à aceitação fenotípica, os grãos são submetidos à avaliação de qualidade, principalmente no que tange à classe, intensidade de centro branco e temperatura de gelatinização. Após essas avaliações, finalmente se seleciona cerca de 400 a 600 famílias para os ensaios multilocais (ERF) do ano seguinte, ou seja, em torno de 20 famílias por cruzamento, em média. Numa primeira observação, esse número parece reduzido. Ao se considerar, contudo, que entre os cruzamentos elites utilizados ocorrem grupos muito similares, tanto do ponto de vista genético como de características agrônômicas (fenotípico), a situação se modifica favoravelmente. Esses grupos de cruzamentos podem, nesse caso, ser considerados subpopulações e o número de famílias delas derivado se torna relativamente grande, dependendo do número de cruzamentos que as compõem. Na literatura, as informações sobre o número de famílias que devem ser selecionadas de cada cruzamento ou população, utilizando dados experimentais, são contraditórias (Fouilloux & Bannerot, 1988; Ferreira, 1998). Não é, contudo, difícil estimar-se o número de famílias que se deve utilizar de uma população, para que se tenha assegurada uma determinada probabilidade de se ter pelo menos uma delas que supere a média da população em



quantidade pré-estabelecida de unidades de desvio-padrão da média. Considerando um nível de probabilidade de 95%, por exemplo, ter-se-á assegurada a chance de se ter pelo menos um indivíduo que supere a média da população em uma, duas ou três unidades de desvio-padrão, quando 18, 130 ou 2.136 indivíduos forem selecionados, respectivamente. Exigindo-se probabilidade de 99%, o número de indivíduos a serem selecionados passa a ser de cerca de 1,5 vez maior, ou 27, 200 e 3.287, respectivamente. Por outro lado, considerando-se as famílias selecionadas como derivadas de uma população elite constituída pelo conjunto dos cruzamentos selecionados, ter-se-á praticamente assegurada a chance de obter pelo menos uma que supere a média dessa população composta em pelo menos dois desvios-padrão para a característica considerada. Adicionalmente, devem ser utilizadas técnicas experimentais capazes de tornar a razão entre a variância genética e a variância fenotípica (herdabilidade) de alta magnitude, para que as famílias de melhor desempenho correspondam ao grupo de maior capacidade genética para tal.

Avaliação das Famílias $F_{3;5}$ e $S_{3;5}$

As famílias selecionadas nos EOF participam de uma rede de avaliação, ensaios de rendimento de famílias, ERF, conduzida nos mesmos locais de avaliação dos cruzamentos (ERC), utilizando metodologia similar, mas variando notadamente o número de tratamentos que, no conjunto dos dois grupos ($F_{3;5}$ e $S_{3;5}$), é cerca de duas vezes maior. No caso do arroz irrigado, os ERF de uma região absorvem também as famílias selecionadas na outra região, nesta mesma classe de ensaios do ano agrícola anterior, exceto aquelas que apresentam alguma característica indesejável para a nova região. É o caso, por exemplo, de famílias de ciclo muito longo, não apropriadas para o Sul, ou de reconhecida insuficiência de resistência à brusone, que não se adaptarão às áreas tropicais. Nos ERFs são avaliados incidência de doenças e de acamamento, altura de planta e produtividade de grãos.

Utilizando um percentual de seleção de 10%, normalmente são selecionadas cerca de 40 a 60 famílias para cada região e sistema de cultivo. Os progressos devidos à seleção tem sido relevantes com as intensidades de seleção aplicadas. Na Tabela 9.4 podem ser observadas as médias de produtividade de grãos das famílias avaliadas, do grupo de famílias selecionadas e das cultivares testemunhas, utilizadas no ERF de terras altas de 2002/03. A média das famílias selecionadas, 72, foi cerca de 5% superior à das testemunhas, quatro, e nenhuma família selecionada produziu significativamente menos que estas. Como ainda há possibilidade



de se avançar com a seleção dentro de cada família, espera-se obter, explorando as famílias selecionadas, várias linhagens com maior capacidade produtiva que as melhores cultivares atualmente em uso pelos agricultores.

Tabela 9.4. Médias de produtividade de grãos das cultivares testemunhas, do conjunto de famílias avaliadas e do grupo de cultivares selecionadas, no ERF de arroz de terras altas. 1992/03.

Grupos	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾
Testemunhas	3.744
Famílias Avaliadas	3.331
Famílias Selecionadas	3.939

⁽¹⁾ Médias distintas entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Com a execução dos ERFs identificou-se as famílias de alto potencial para a extração de linhagens, tanto para o arroz de terras altas como para o arroz irrigado nas áreas tropicais e subtropicais. Adicionalmente, tem-se as informações necessárias para se definir as famílias que constituirão os genitores do chamado grupo G₁, comentado no item seleção de genitores, e que são utilizados como núcleo de formação da população-base do ciclo de seleção subsequente. Com essa estratégia, consegue-se completar o ciclo de seleção em quatro anos, com significativa redução de tempo, quando comparado com a situação tradicional, que é de sete a oito anos, ou até mais.

Observa-se, na Fig. 9.3, como as famílias S_{0:3} oriundas do programa de melhoramento populacional, conduzido no pré-melhoramento, por meio de uma estratégia de seleção recorrente a longo prazo, e consideradas promissoras para finalidade de extração de linhagens, são incorporadas às atividades em discussão, a partir do VS1. A partir desse ponto, essas famílias são manejadas de forma similar às demais. As S_{3:5} de melhor desempenho nos ERF e competitivas em relação às F_{3:5}, identificadas como G₁, serão incluídas em G₂, como genitores alternativos.

Extração de linhagens das famílias F_{3:6} e S_{3:6} selecionadas

As famílias selecionadas nos ERF, consideradas de alto potencial como fonte de obtenção de cultivares, são semeadas nos VS2 - viveiros de seleção 2, nos mesmos locais dos VS1, utilizando os mesmos procedimentos. As progênies das plantas selecionadas, cerca de 25 plantas por família, já são, contudo, linhagens com características fenotípicas fixadas, devido ao alto grau de homozigose dos indivíduos das famílias exploradas.



Ensaio de Observação de Linhagens (EOL)

As linhagens selecionadas nos VS2, 1.000 a 2.000, são avaliadas em campo, nos EOL, nos mesmos locais dos EOF e usando procedimento idêntico. Paralelamente, todas as linhagens são também avaliadas para resistência à brusone, em condições de incidência forçada.

Nos EOL, as linhagens com deficiente resistência à brusone, suscetíveis ao acamamento e com aceitação fenotípica inadequada, são eliminadas antes da colheita (pré-seleção). As linhagens remanescentes, após a colheita, são também submetidas à avaliação de qualidade de grãos, incluindo rendimento de inteiros, classe, intensidade de manchas brancas e temperatura de gelatinização. Com essas informações, selecionam-se as linhagens para os ensaios subseqüentes. A pré-seleção reduz o esforço de colheita e beneficiamento, além de diminuir a quantidade de amostras para avaliação de qualidade de grãos, contribuindo para a economia de recursos financeiros e de trabalho.

A cada ano, cerca de 400 a 600 linhagens são selecionadas nos EOL de cada região ou sistema de cultivo. A baixa pressão de seleção proposta advém do fato de que a seleção nesses ensaios baseia-se em avaliação realizada em um único local e sem repetição. Justifica-se o nome "ensaio de observação", porque a seleção se baseia no julgamento do desempenho das linhagens, no campo, pela observação visual do melhorista, além dos resultados de análise de qualidade de grãos.

Ensaio Preliminares de Rendimento (EP)

As linhagens selecionadas nos ensaios de observação são incluídas em ensaios multilocais, conduzidos em blocos aumentados de Federer (Federer, 1956), com parcelas de cinco metros de comprimento, espaçadas de 20 cm para o arroz irrigado e de 35 cm para o arroz de terras altas. Os EP de arroz irrigado da região subtropical são conduzidos em Capão do Leão, RS, Alegrete, RS, e Dourados, MS, e os da região tropical, em Goianira, GO, Formoso do Araguaia, TO, e Boa Vista, RR. Já para o arroz de terras altas, os ensaios preliminares de rendimento são conduzidos nos mesmos locais dos ERF. Após análise conjunta e uma seleção preliminar, as linhagens não descartadas são novamente submetidas à avaliação de qualidade de grão, notadamente rendimento de inteiros, classe, intensidade de manchas brancas, temperatura de gelatinização e teor de amilose. Com essas informações, além daquelas relativas a



características de campo, oriundas da análise conjunta dos ensaios, identificam-se cerca de 30 linhagens, por grupo de ciclo, para os ensaios regionais de rendimento, que correspondem à classe de ensaios subsequentes. No caso do arroz irrigado, todas as linhagens selecionadas em uma região nos EP são incluídas nos ensaios de mesma classe na outra região, no ano seguinte, a menos que apresentem alguma característica que as tornem desaconselháveis para a região receptora ou que tenham originado do EP daquela região no ano anterior. Será dada, assim, oportunidade de extensão da área de adaptação para as linhagens promissoras obtidas pelo programa. Na Tabela 9.5 é exemplificado o desempenho médio de três grupos de tratamentos dos EP de terras altas de 2003/04. Observa-se que, pela análise conjunta dos ensaios conduzidos, as linhagens selecionadas são, em média, cerca de 8,83% mais produtivas que as cultivares testemunhas. Além de produtivas, essas linhagens atendem, pelas informações disponíveis, todos os requisitos de qualidade e de resistência à brusone exigidos para ascensão aos ER.

Tabela 9.5. Média de produtividade de grãos das cultivares testemunhas, das linhagens avaliadas e das linhagens selecionadas no ensaio preliminar de rendimento de arroz de terras altas, EP, de 2002/03.

Grupos Avaliados	Produção de grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾
Cultivares testemunhas	3.182a
Linhagens avaliadas	3.097a
Linhagens selecionadas	3.463b
CV(%)	22,11

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ensaio Regionais de Rendimento (ER)

As linhagens selecionadas nos EP do ano anterior são reavaliadas nos ER para produtividade de grãos e outras características de interesse, como incidência de acamamento e estabilidade de resistência a doenças, e características de qualidade de grãos, utilizando maior número de locais em cada região. Na região subtropical, os ER de arroz irrigado são instalados em Capão do Leão, RS, Alegrete, RS, Uruguaiana, RS e Dourados, MS. Já na região tropical, esses ensaio são conduzidos em Goianira, GO, Formoso do Araguaia, TO, Boa Vista, RR, Belém, PA, e



Teresina, PI. Os ER de arroz de terras altas são anualmente conduzidos em Santo Antônio de Goiás, GO, Goianira, GO, Sinop, MT, Sorriso, MT, Vilhena, RO, Ouro Preto do Oeste, RO, Paragominas, PA, Redenção, PA, Terezina, PI, e Balsas, MA. Utiliza-se o delineamento experimental de blocos ao acaso ou látice, dependendo do número de linhagens disponíveis, com três a quatro repetições por local.

As linhagens participantes do ER também são incluídas no VNB, que é uma rede de ensaios de avaliação da resistência à brusone de genitores e de linhagens elites dos programas públicos de melhoramento de arroz brasileiros, conduzidos cooperativamente pelos fitopatologistas membros das equipes desses programas. Com o VNB, expõe-se o material genético de interesse a complexos distintos de raças de *P. grisea*, existentes nas diversas regiões brasileiras. A linhagem que, em média, é menos prejudicada pela brusone deve resistir a um maior número de raças do patógeno (Morais et al., 2003). Com a cuidadosa análise dos ER, logicamente recuperando-se informações dos ensaios anteriores, principalmente os EP, além das informações do VNB, definem-se as linhagens de alto potencial para serem utilizadas como cultivares. Em 2002/03, por exemplo, dez linhagens, oriundas de seis cruzamentos, foram selecionadas para inclusão nos ensaios de determinação de valor de cultivo e uso, VCU, de arroz de terras altas. Em conjunto, essas linhagens produzem 8,85% mais que as testemunhas, cuja produtividade média é similar a de todas as linhagens avaliadas (Tabela 9.6).

Tabela 9.6. Média de produtividade de grãos das cultivares testemunhas, das linhagens avaliadas e das linhagens selecionadas no ensaio regional de rendimento de arroz de terras altas, ER, de 2002/03.

Grupos Avaliados	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾
Cultivares testemunhas	3.109a
Linhagens avaliadas	3.140a
Linhagens selecionadas	3.384b
CV(%)	27,21

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As linhagens selecionadas nos ER constituem material básico para o terceiro e último plano de ação, que tem o objetivo geral de definir a conveniência e a oportunidade de lançamento de uma ou mais dessas linhagens como cultivares, além de implementar todas as atividades necessárias para que haja a real incorporação das novas cultivares nos sistemas produtivos.



Ações de Pós-Melhoramento

Essas ações de pesquisa englobam todas as atividades voltadas ao lançamento e adoção das novas cultivares de arroz, como os ensaios de VCU, os testes de DHE, a proteção, o registro, plano de marketing, produção de sementes, validação dentro de sistemas agrícolas, a transferência e difusão junto aos produtores e análise prospectiva dos impactos da nova cultivar na cadeia produtiva do arroz.

Ensaio de determinação do valor de cultivo e uso (VCU)

Os ensaios de VCU destinam-se à avaliação final das linhagens elites selecionadas nos ER, em condições ambientais diversificadas, visando obter informações agronômicas detalhadas para o lançamento como nova cultivar. Através desses ensaios, obtém-se os requisitos mínimos para inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC). Para serem lançadas como cultivar as linhagens devem acumular dados de no mínimo três locais por dois anos agrícolas consecutivos.

Os ensaios de VCU são conduzidos cooperativamente pelas instituições participantes do projeto nos principais estados produtores de arroz no Brasil. Além da produtividade de grãos, avaliam-se também: ciclo; altura de planta; intensidade de acamamento; incidência de doenças; e qualidade de grãos.

Na Tabela 9.7 pode-se observar as médias de produtividade de grãos, ajustadas para efeito de ano, e local estimadas para cinco grupos de linhagens e cultivares que compuseram os ensaios de VCU de 2003/04. As testemunhas dos ensaios de VCU são as mesmas dos EP de 2001/02 e dos ER de 2002/03 e, por isto, foi possível incorporar na análise conjunta as linhagens recém incluídas nos ensaios de VCU em 2003/04. Nessa análise, aliás, recuperaram-se as informações dos EP e ER para todas as linhagens em avaliação, justificando a busca de informações nos ensaios de 1996/97 (EP) para as linhagens com três anos ou mais de ensaios de VCU, em que duas delas começaram a participar destes últimos ensaios em 1998/99. Observa-se que, pelo menos em condições mais favorecidas, o grupo mais produtivo é o mais antigo, sendo que os grupos 2 e 3, com dois e um ano de VCU, respectivamente, não diferem significativamente das testemunhas em nenhuma das duas classes de ambientes. Ambiente favorecido está caracterizado pelos ensaios cuja média de produtividade é maior que a média de todos os ensaios. Os demais ensaios representam ambientes desfavorecidos. O grupo de linhagens mais novas, grupo 4, parece ser o menos



responsivo à melhoria do ambiente e o grupo mais velho, grupo 1, o mais responsivo. Todas as linhagens atualmente participantes dos ensaios de VCU foram desenvolvidas no âmbito de projetos anteriores e que, por isso, não contemplam os efeitos dos procedimentos de condução das gerações segregantes apresentadas ao comentar o projeto atual, que permitem identificar as populações e as famílias mais produtivas, que são usadas como fontes de linhagens futuras. Os resultados da Tabela 9.7 reforçam os argumentos identificados em diagnósticos que apontavam para a necessidade de mudar as estratégias do programa de melhoramento, que passou a intensificar o uso de técnicas experimentais como instrumento de identificação das combinações genéticas mais promissoras para a extração de linhagens e para a identificação dos genitores de maior valor genético para os sucessivos ciclos de seleção.

Tabela 9.7. Média da produtividade de grãos dos cinco grupos de linhagens que se encontram nos ensaios de VCU de arroz de terras altas, durante os anos 1996/97 a 2002/03.

Grupo	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ⁽¹⁾		
	Ambientes favorecidos	Ambientes desfavorecidos	Média
1.Linhagens com mais de três anos de ensaios de VCU ⁽²⁾	4.499a	2.608a	3.519a
2.Linhagens com dois anos de ensaios de VCU	4.266b	2.604a	3.412b
3.Linhagens com um ano de ensaios de VCU	4.201b	2.526a	3.341b
4.Linhagens recém incluídas nos ensaios de VCU	3.727c	2.710a	3.388ab
5.Testemunhas	4.293b	2.632a	3.433b
Média	4.266	2.633	3.402
CV(%)	20,28	27,63	23,50

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

⁽²⁾ Dados de até 179 ensaios para as linhagens com maior número de anos de ensaios de VCU

Paralelamente ao VCU, conduzem-se também ensaios especiais para estudos de estabilidade de rendimento de grãos inteiros, “tempo de prateleira”, perfil de resistência à brusone, resistência à pragas, resistência a herbicidas; resistência à seca; resistência ao frio e capacidade produtiva na soca em arroz irrigado.

Estabilidade de rendimento de grãos inteiros

As linhagens que permanecem no VCU, após o primeiro ano de avaliação, são submetidas a testes de rendimento de grãos inteiros com



a colheita em diferentes níveis de umidade de grãos, com o objetivo de identificar aquelas cujo rendimento de grãos inteiros não se reduz fortemente com atrasos na colheita.

Resistência à brusone

As linhagens avançadas de arroz de terras altas e irrigado, em determinação de VCU, são submetidas à avaliação do nível de resistência à brusone nas folhas em diferentes ambientes por meio dos Viveiros Nacionais de Brusone, VNB. Após dois anos de VCU, as linhagens que não foram eliminadas são caracterizadas em relação à resistência a diferentes isolados de *P. grisea*, a fim de se identificar a amplitude de resistência das linhagens promissoras. Um exemplo típico desse trabalho foi publicado por Prabhu et al. (2003), que estudaram o espectro da resistência da BRS Soberana e outras cinco linhagens a 46 isolados de *P. grisea*, coletados em lavouras semeadas com a cultivar BRS Primavera. Os autores observaram que nenhum dos isolados coletados na BRS Primavera foi compatível com a BRS Soberana (Tabela 9.8), mostrando que as duas se complementam muito bem em esquema de rotação de cultivares em uma mesma região. Cultivando-se a BRS Primavera em um ano, deve-se aumentar a frequência de patótipos aos quais a BRS Soberana é resistente e esta deveria ser preferida para um segundo cultivo, e vice versa.

Resistência a pragas

É realizada pela comparação dos danos provocados nas novas linhagens do ensaio de VCU com os danos causados em cultivar padrão, em experimentos conduzidos em campo, casa-telada e laboratórios, para os principais insetos-praga: gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae*), percevejos-da-panicula (*Oebalus poecilus* e *O. ypsilongriseus*); cigarrinhas-das-pastagens (*Deois flavopicta*), percevejo-do-colmo (*Tibraca limbativentris*), broca-do-colo (*Elasmopalpus lignosellus*), broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*), traça-dos-cereais (*Sitotroga cerealella*) e gorgulhos (*Sitophilus zeamais* e *S. oryzae*); cupim-rizófago (*Procornitermes tiacifer*) e gorgulho-da-panicula (*Oebalus ypsilongriseus*). As informações contribuem para melhor caracterização das novas cultivares, permitindo o estabelecimento de sistemas de produção mais eficientes para as mesmas. Um exemplo típico é o das cultivares BRS Primavera, Guarani e Carajás, que são menos suscetíveis ao ataque de cupins, favorecendo as medidas de controle (Ferreira, 2001). Informações como as de Ferreira et al. (2001), indicando que a BRS Primavera, a BRS Bonança e a Carisma são mais resistentes à broca-do-colmo, também contribuem para o estabelecimento de manejo de pragas com menor aplicação de defensivos agrícolas.



Tabela 9.8. Patótipos e frequência de isolados de *Pyricularia grisea* coletados na cultivar BRS Primavera compatíveis com a própria BRS Primavera e com a BRS Soberana.

Patótipo	Número ⁽¹⁾ de isolados coletados na BRS Primavera	Isolados compatíveis (nº) com a	
		BRS Primavera	BRS Soberana
Isolados internacionais ⁽²⁾			
IC-1	13	12	0
IB-9	11	11	0
IC-25	7	7	0
IC-9	3	3	0
IC-17	3	2	0
IA-9	3	3	0
IA-65	2	2	0
IA-73	1	1	0
IB-33	1	1	0
ID-9	1	1	0
IF-1	1	1	0
Isolados brasileiros ⁽³⁾			
BD-16	24	24	0
BB-41	5	4	0
BD-9	4	4	0
BD-5	2	2	0
BA-1	1	1	0
BB-1	1	1	0
BB-6	1	1	0
BB-11	1	1	0
BB-46	1	1	0
BC-16	1	1	0
BD-1	1	1	0
BD-11	1	1	0
BD-13	1	1	0
BE-8	1	0	0
BG-2	1	0	0

⁽¹⁾Número total de isolados de campo de *P. grisea* utilizados nos testes de inoculação: 46.

⁽²⁾Patótipos internacionais foram identificados baseando-se na reação de oito cultivares diferenciadoras internacionais padrão.

⁽³⁾Patótipos brasileiros: identificados usando oito cultivares de arroz de terras altas brasileiras como diferenciadoras adicionais.

Fonte: Adaptada de Prabhu et al. (2003).

Resistência a herbicidas

As novas linhagens, não eliminadas no primeiro ano de ensaios de VCU são submetidas também à avaliação de sua tolerância aos



principais herbicidas, visando a reunir informações para a formulação de sistemas de produção para as cultivares que possam se originar de algumas das linhagens em teste. Com essas avaliações têm sido obtidas informações de grande utilidade para o manejo de plantas daninhas em arroz, como a maior sensibilidade da cultivar BRS Primavera ao metilsulfuron-metil, um eficiente herbicida para o controle de folhas largas, que dentro da amplitude de doses recomendadas não prejudica o desenvolvimento das cultivares Maravilha e Canastra, por exemplo (Cobucci, 2001).

Resistência à seca

É rotineiramente avaliada nas linhagens elites de arroz de terras altas que estejam no segundo ano do ensaio de VCU, em comparação com cultivares tolerantes à seca. Para que todas as linhagens sejam submetidas ao estresse hídrico no mesmo momento da fisiologia da planta, as mesmas são plantadas em datas diferentes, ajustadas de acordo com o ciclo de cada linhagem, para que coincidam as épocas de florescimento. O principal parâmetro de avaliação de resistência à seca corresponde à capacidade de produção sob estresse hídrico.

Resistência ao frio

No Rio Grande do Sul, principalmente nas regiões orizícolas Litoral Sul e Campanha, a ocorrência de baixas temperaturas em períodos que coincidem com estádios críticos de desenvolvimento das plantas requer que as linhagens em fase final de avaliação sejam submetidas à pressão de seleção nas localidades de maior probabilidade de ocorrência de frio, como Santa Vitória do Palmar. Como estratégia para aumentar a probabilidade de uma efetiva pressão de seleção, o ensaio é implantado em duas épocas distintas. Inicialmente, bem cedo, entre 15 e 30 de setembro, para que possa ser avaliada a capacidade de germinação das linhagens em solo frio e, em uma segunda etapa, tardiamente, após 15 de dezembro, para aumentar a probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas coincidentes com os estádios de diferenciação do primórdio floral e microsporogênese, pela ordem os mais sensíveis a este tipo de estresse.

Qualidade de grãos

As seguintes características relacionadas à qualidade de grãos são avaliadas: qualidade industrial (rendimento de grãos inteiros; dimensões dos grãos; e intensidade de centro branco); qualidade



culinária teor de amilose e temperatura de gelatinização); e qualidade nutricional (teores de fibra e de proteínas em amostras de grão integral e polido).

Capacidade produtiva da soca

As plantas de arroz têm a capacidade de regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos, na colheita. Essa brotação, denominada soca, constitui uma maneira prática de aumentar a produção por unidade de área e de tempo (Santos, 1999). Numerosos trabalhos têm mostrado que essa é uma característica herdável e as cultivares atualmente utilizadas não são específicas para essa exploração (De Datta & Bernasor, 1988). A utilização da soca reduz significativamente o custo de produção por unidade de área, o que é um fator a ser considerado, devido aos elevados custos de produção de uma lavoura de arroz irrigado, contabilizando-se os gastos com semente, fertilizantes, herbicidas e energia elétrica. Ao redor de 50% da área cultivada com arroz nos Estados do Texas e Louisiana, nos Estados Unidos, situados no paralelo 30, o mesmo do Rio Grande do Sul (hemisférios opostos), utilizam a colheita da soca (Bollich & Turner, 1988). Em função disso, todas as linhagens incluídas nos ensaios de VCU de arroz irrigado, região tropical, são também avaliadas quanto à capacidade produtiva da soca, e, no lançamento, dá-se preferência as linhagens com maior capacidade de produção total.

Além de todas as informações de natureza agrônômica relacionadas com a caracterização genética das novas cultivares, as seguintes atividades são também consideradas como de pós - melhoramento.

Caracterização morfológica e testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE)

São feitas nas linhagens que se encontram no segundo ano de VCU e que possuem chances de serem lançadas como uma nova cultivar, utilizando os descritores mínimos de arroz preconizados pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (Brasil, 1998). As linhagens juntamente com três cultivares protegidas de amplo uso na região são transplantadas em parcelas de 20 sulcos de 10 m de comprimento no espaçamento de 0,30 m entre sulcos e 0,10 m entre plantas, perfazendo um total de cerca de 2000 plantas/parcela. O exame de DHE é feito de acordo com as normas preconizadas pela Embrapa, comparando-se as linhagens com as cultivares referências, de acordo



com os seguintes princípios: a linhagem candidata à cultivar tem que ser claramente distinguível por uma ou mais características importantes de qualquer outra cultivar em uso; deve ainda ser suficientemente homogênea e o seu padrão de caracterização, estável, ou seja, deve manter as suas características pertinentes inalteradas após multiplicações sucessivas.

Proteção e Registro

Todas as cultivares desenvolvidas pelo projeto estão sendo protegidas e registradas junto ao SNPC, conforme normas estabelecidas para a cultura do arroz.

Multiplicação de semente genética e produção de semente básica

De todas as linhagens que permanecem no segundo ano de ensaios de VCU, inicia-se a multiplicação de sementes genéticas, obtendo-se, dois anos após, estoque de semente básica suficiente para licenciar a produção de semente certificada para os produtores credenciados.

Validação de sistemas de produção

As informações obtidas nos ensaios de VCU e em ensaios especiais de caracterização agrônômica das novas linhagens, são usadas como base para a proposição de sistemas de produção mais convenientes para as mesmas. Esses sistemas de produção são previamente validados em Unidades de Observação conduzidas em ambientes selecionados. Com essa validação, consolidam-se os sistemas de produção das novas cultivares que são divulgados em publicações técnicas de alcance amplo.

Atividades de transferência

Baseando-se nas diretrizes estabelecidas por planos de marketing previamente estabelecidos, as atividades de transferência são intensificadas durante a fase de produção de sementes certificadas, contando com a parceria das empresas produtoras de sementes. São programadas visitas técnicas e dias de campo, utilizando as lavouras de produção de sementes como áreas demonstrativas do desempenho das novas cultivares, onde os agricultores, técnicos e a mídia escrita e falada tem a oportunidade



de promover um amplo debate sobre a tecnologia. Publicações, como fôlderes e comunicados técnicos, com informações técnicas detalhadas sobre a cultivar, são distribuídas aos participantes, a fim de consolidar a consciência técnica sobre a nova cultivar por parte dos usuários.

Cultivares

A escolha da cultivar é uma das decisões determinantes do sucesso da lavoura de arroz, influenciando todo o manejo a ser adotado. Novas cultivares estão sendo freqüentemente desenvolvidas pelos programas brasileiros de melhoramento genético do arroz, buscando incorporar características que levem à maior produtividade, melhor qualidade e/ou a um menor custo de produção. É importante esclarecer que não existe a cultivar ideal, e sim cultivares com qualidades que devem ser exploradas corretamente para a obtenção de melhores resultados. No momento de se escolher uma cultivar é necessário analisar suas características, visando a otimizar seu uso dentro do sistema agrícola desejado. As principais características de uma cultivar de arroz são: ciclo, altura de planta, resistência ao acamamento, resistência a doenças, qualidade do produto e produtividade.

Ciclo

Na Tabela 9.9 são relacionadas as fases do desenvolvimento de uma planta de arroz, com sua duração aproximada, para as condições de Goiânia, GO.

Tabela 9.9. Duração das fases de uma cultivar de arroz de ciclo curto e médio e número de dias para a ocorrência de eventos marcantes.

Ciclo	Duração da fase (dias)			N° de dias do plantio até				
	Vegetativa	Reprodutiva	Maturação	Perfilhamento		Floração	Colheita	
				Emergência	Máximo			
Curto	45	30	30	7	18	45	75	105
Médio	65	30	30	7	18	60	95	125

Fonte: Breseghello et al. (1998a).

Os valores indicados na Tabela 9.9 representam situações médias, consideradas apenas como um referencial. Para o caso dos valores relativos ao perfilhamento máximo, consideraram-se plantas espaçadas, podendo o perfilhamento se estabelecer em tempo muito menor em plantios com população adequada de plantas em condições de lavouras.



As diferenças de ciclo entre as cultivares são determinadas pela duração da fase vegetativa, ou seja, até a diferenciação do primórdio floral. Esta é também a fase de desenvolvimento das plantas que mais é influenciada pelo efeito de diferentes estresses ambientais.

Após a fase vegetativa, inicia-se a fase reprodutiva, que é reconhecida na prática pelo “ponto de algodão” e que vai até quando 50% das panículas estão emitidas. Segue-se a esta, a fase de enchimento de grãos ou de maturação, que se estende até a colheita. As fases reprodutiva e de maturação, com duração média de 30 dias cada uma, têm pouca variação entre as cultivares.

Caso ocorram problemas à cultura, na fase vegetativa, pode haver retardamento do ciclo e as plantas terem mais tempo para se recuperarem; entretanto, quando as plantas entram na fase reprodutiva, elas caminham irreversivelmente para o final do ciclo, com menores chances de recuperação dos estresses, como os causados pelos veranicos, por exemplo.

De uma maneira geral, estresses hídricos e nutricionais aumentam o ciclo das plantas, enquanto dias ensolarados e quentes reduzem-no. Dependendo do nível de sensibilidade da cultivar ao fotoperíodo, seu ciclo se reduz a medida que seu plantio avança para o norte, em latitudes baixas. Dias mais curtos reduzem em até dez dias o ciclo de cultivares precoces e, em até 15 dias, o das de ciclo médio. Em relação às regiões mais ao sul, com dias mais longos no verão, tem-se uma situação inversa, com aumento do ciclo das plantas proporcional à latitude.

Sob condições normais, quando se tem a máxima segurança climática, as cultivares de ciclo mais longo tendem a produzir mais que as precoces, por disporem de mais tempo para a produção de fotoassimilados. Além disso, as cultivares tardias têm mais tempo para se recuperar no caso de ocorrência de problemas durante a fase vegetativa da lavoura, como deficiência hídrica, ataque de lagartas desfolhadoras ou necessidade de correção de deficiências nutricionais, via adubação em cobertura ou foliar.

Por outro lado, nas regiões com maior chance de ocorrência de veranicos, no caso do arroz de terras altas, ou de frio, no caso do arroz irrigado, as cultivares de ciclo precoce apresentam maior probabilidade de escape a esses estresses, pelo simples fato de ficarem menos tempo no campo. Adicionalmente, com base no ciclo da cultivar, é possível definir uma época de plantio que permita a ocorrência da floração em uma época de maior probabilidade de sucesso.



Altura de planta e resistência ao acamamento

A altura da planta de uma cultivar de arroz é avaliada pela distância, em centímetros, do nível do solo até a extremidade da panícula primária, na fase de maturação dos grãos. Em geral, plantas altas são mais propensas ao acamamento. Contudo, o acamamento não depende só da altura, mas também do diâmetro e resistência do colmo, do nível de adesão das bainhas aos entrenós, da produtividade e de fatores ambientes, como a intensidade dos ventos e a altura da lâmina de água, no caso do arroz irrigado.

Entre outros prejuízos, o acamamento causa diminuição da produtividade na colheita, com aumento do custo operacional, perda de grãos no solo e redução da qualidade do produto. Os grãos ficam sujos externamente, podendo ficar manchados devido ao ataque de fungos. A maturação é desuniforme e reduz-se a porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento.

Com o plantio do arroz de terras altas em ambientes favorecidos, quanto ao clima e ao solo, e com o uso mais intensivo de tecnologia, que agora começa a ganhar importância, o melhoramento genético passou a buscar plantas fisiologicamente mais eficientes, produtivas e menos acamadoras. As cultivares com essas características são geralmente de porte baixo e de folhas eretas, mais eficientes no uso da radiação solar.

Por outro lado, as plantas com maior altura também têm seus aspectos positivos. O principal deles é que, por serem normalmente mais competitivas com plantas daninhas, o manejo de herbicidas torna-se mais fácil. Para plantio do arroz de terras altas consorciado com forrageiras devem ser preferidas as cultivares de porte alto, pois as de porte baixo sofrem maior competição (Oliveira et al., 1996) e conseqüente redução de produtividade. Essas plantas são também mais preferidas pelos agricultores de subsistência, entre outras razões, pela facilidade da colheita manual.

Resistência a doenças

A resistência a doenças é um dos objetivos centrais do melhoramento genético. No caso do arroz, a brusone é a doença mais destrutiva; assim, um nível satisfatório de resistência a esta doença é essencial para que uma cultivar venha a ser recomendada. Entretanto, o patógeno da brusone se transforma rapidamente, quebrando a resistência da maioria das cultivares com o passar do tempo. Por isto, é necessário que o técnico local esteja atento para os seus sintomas e acompanhe o nível de resistência que cada cultivar apresenta ano a ano. Para plantio em



regiões onde a ocorrência de brusone seja comum, deve-se dar preferência para as cultivares lançadas mais recentemente, buscando-se informações sobre seu comportamento na região, não só com relação à brusone, como também quanto a outras doenças, como escaldadura e mancha-dos-grãos.

Qualidade do produto

A qualidade dos grãos do arroz, principalmente o de terras altas, é a característica que apresentou os maiores avanços recentes, via melhoramento genético. Quem pretende comercializar seu produto em um mercado competitivo, e obter bons preços, deve priorizar a qualidade dos grãos que é expressa pelo rendimento de inteiros, pela classe e tipo comercial, e pela qualidade culinária (maciez, pegajosidade, sabor, etc), conforme descrito em detalhes no Capítulo 23 desta obra. Todos esses aspectos são determinados pela cultivar e pelo manejo, sendo baixo o grau de influência do manejo quanto à classe de grãos e à qualidade culinária, e alto, quanto ao rendimento de inteiros e ao tipo. Portanto, é necessário esclarecer que somente a cultivar não garante a qualidade do produto, mas fornece as bases para se buscar um produto de alto padrão.

Fica claro, assim, que a escolha da cultivar deve ser criteriosa, pois é o que irá definir a classe e a qualidade de panela do produto. Maravilha, BRS Primavera, BRS Talento e BRS Soberana são cultivares de grãos tipo agulhinha (classe longo-fino). Algumas cultivares de arroz necessitam de um período de repouso para que possam expressar seu potencial no que se refere à qualidade culinária, como no caso da Maravilha, Canastra e Metica 1. Outras, entretanto, como a BRS Primavera, BRS Talento e BRS Soberana, podem ser prontamente liberadas para consumo poucos dias após a colheita. Além da escolha da cultivar, alguns cuidados devem ser tomados para garantir a alta qualidade do produto: manter a lavoura limpa e com maturação uniforme; colher no momento correto; e fazer a secagem e o armazenamento de forma adequada. Descuidos nesses aspectos podem gerar perdas acentuadas em qualidade, especialmente quanto ao rendimento de grãos inteiros no beneficiamento.

Quanto maior for a variação de umidade entre os grãos em uma lavoura, pior será o rendimento de grãos inteiros no beneficiamento. A principal causa de quebra dos grãos está relacionada à absorção de água; mais especificamente, quando a umidade dos grãos está abaixo do ponto crítico, em torno de 16%. Quando há ocorrência de chuva, os grãos que estavam abaixo da umidade crítica reidratam-se brusamente, o que causa trincamento e posterior quebra no beneficiamento. Mesmo após a colheita, antes ou depois da secagem, os grãos mais secos poderão absorver água dos mais úmidos ou mesmo do ar do ambiente de



estocagem e, assim, sofrerem trincas. É por esta razão que se recomenda secagem lenta ou intermitente, evitando-se diferenças acentuadas de umidade entre os grãos.

As cultivares se diferenciam muito quanto à capacidade de suportarem esse processo de reumidificação, e é por isto que o ponto ideal de colheita é diferente entre elas. Uma cultivar mais sensível tem de ser colhida antes que parte de seus grãos atinja o ponto crítico de umidade. A BRS Primavera é a cultivar mais exigente quanto ao ponto de colheita, que deve ser feita quando o teor de umidade dos grãos está acima de 20%. De um modo geral, a colheita deve ser realizada entre 30 e 40 dias após o florescimento médio. É conveniente, contudo, acompanhar a umidade dos grãos, pois este tempo pode variar de um ano para outro.

Produtividade

A produtividade é o resultado do desempenho da cultivar ante as condições que lhe foram oferecidas na lavoura. Nesta relação, os fatores de manejo pesam mais que os fatores genéticos. Todas as cultivares recomendadas têm condições de produzir bem, desde que suas condições de uso sejam observadas. Portanto, para a escolha da cultivar, é mais importante verificar sua adequação à região e ao sistema de manejo do que o seu suposto potencial produtivo absoluto.

Cultivares registradas para cultivo

Atualmente existem 167 cultivares registradas junto ao SNPC, cujas sementes poderiam ser produzidas oficialmente e comercializadas no país. Entretanto, em função principalmente da indisponibilidade de sementes, muitas delas não se encontram habilitadas para inclusão no Zoneamento Agrícola divulgado anualmente pela Secretaria da Comissão Especial de Recursos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Cultivares de arroz irrigado

Na Tabela 9.10 encontram-se relacionadas as cultivares de arroz irrigado e suas respectivas áreas de abrangência, registradas no SNPC e habilitadas para cultivo sob cobertura do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), que condiciona a utilização de cultivares incluídas nas portarias de divulgação das re-edições anuais do Zoneamento Agrícola. A seguir são apresentadas algumas características das cultivares fornecidas pelas instituições detentoras das cultivares ao SNPC. Informações mais detalhadas poderão ser obtidas consultando o site www.agricultura.gov.br ou as próprias instituições detentoras.



Tabela 9.10. Relação das cultivares de arroz irrigado, instituições detentoras e região de adaptação, habilitadas para o cultivo sob cobertura do Proagro, conforme o Zoneamento Agrícola de 2003/04 .

Cultivar	Detentor	Região de adaptação recomendada
Arrank	Ademir dos Santos Amaral	RS, SC, MT, MS, MA, PI
BR Irga 409	Embrapa, IRGA	RS
BR Irga 410	Embrapa, IRGA	RS, SC
BR Irga 411	Embrapa, IRGA	RS
BR Irga 413	Embrapa, IRGA	RS
BR Irga 414	Embrapa, IRGA	RS
BRS 6 Chuí	Embrapa	RS
BRS Alvorada	Embrapa	GO, TO
BRS 7 Taim	Embrapa	RS
BRS Agrissul	Embrapa	RS
BRS Atalanta	Embrapa	RS
BRS Biguá	Embrapa	GO, TO, PA, RR
BRS Bojuru	Embrapa	RS
BRS Firmeza	Embrapa	RS
BRS Formoso	Embrapa	GO, TO, PI, MA
BRS Jaburu	Embrapa	GO, TO
BRS Ligeirinho	Embrapa	RS
BRS Pelota	Embrapa	RS
BRS Ourominas	Embrapa	MG
Enova 155	EPAGRI	RS
Epagri 106	EPAGRI	SC
Epagri 108	EPAGRI	SC
Epagri 109	EPAGRI	SC
IAC 101	IAC	SP
IAC 103	IAC	SP
IAC 242	IAC	SP
IAC 500	IAC	SP
IAC 4440	IAC	SP
IAS 12-9 Formosa	-	RS
Irga 411	IRGA	RS
Irga 416	IRGA	RS
Irga 417	IRGA	RS
Irga 418	IRGA	RS
Irga 419	IRGA	RS
Irga 420	IRGA	RS
Irga 421	IRGA	RS
Irga 422CL	IRGA	RS
Javaé	Embrapa	GO, TO
Metica 1	Embrapa	GO, TO, MT, PI, MA
Qualymax 013	Bayer Seeds Ltda	RS
SCS 112	EPAGRI	SC
SCSBRS 111	EPAGRI Embrapa	SC
SCSBRS TioTaka	EPAGRI Embrapa	SC
Bayer Supremo 1	Bayer Seeds Ltda	RS



Arrank – Cultivar superprecoce, moderadamente resistente ao acamamento e de grãos longo finos.

Bayer Supremo 1 – Cultivar de ciclo médio, de grãos longo finos, resistente ao acamamento e moderadamente resistente à brusone.

BR Irga 409 – Lançada em 1979, destaca-se pela excelente qualidade dos grãos e alta produtividade. As principais limitações são suscetibilidade à brusone e toxidez de ferro. É uma cultivar que possui alta abrasividade nas folhas e na casca e possui arista de tamanho variável em alguns grãos da extremidade da panícula.

BR Irga 410 – Juntamente com a BR - Irga 409 foram as mais plantadas nas décadas de 80 e 90 no Rio Grande do Sul. Destaca-se pelo alto potencial de rendimento de grãos e boa adaptação a todas as regiões orizícolas desse estado. É também suscetível à brusone e à toxidez por ferro e apresenta grãos menos translúcidos e com menor rendimento de grãos inteiros que a BR - Irga 409, em relação a qual se apresenta cerca de cinco dias mais precoce.

BR Irga 411 – Cultivar de ciclo médio que possui grão extra-longo, tipo *patna*, de alta qualidade de cocção e de industrialização. Destaca-se pela boa tolerância ao solo frio, condição muito comum no início do período de semeadura, principalmente na região sul do Rio Grande do Sul.

BR Irga 413 – Apresenta ciclo médio de 125 dias, grãos do tipo *patna*, destaca-se pelo alto vigor inicial e tolera as semeaduras antecipadas, quando geralmente a temperatura do solo é fria no Rio Grande do Sul

BR Irga 414 – Derivada de uma planta lisa e mais precoce selecionada na linhagem P793-B4-38-1T. É suscetível à brusone e apresenta fácil debulha dos grãos. Foi muito cultivada na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, devido à reação de tolerância a toxidez de ferro.

BRS 6 Chuí – Tem boa capacidade produtiva de grãos, ciclo curto e grão do tipo *patna* (longo-fino e cilíndrico) e liso. Apresenta moderada tolerância à toxidez de ferro e pode ser semeada mais tarde, com possibilidade da fase reprodutiva das plantas escapar do frio.

BRS 7 Taim – Destaca-se pela elevada capacidade produtiva, sendo que, em algumas lavouras da região Fronteira-oeste do Rio Grande do Sul e na Argentina, atingiu produtividades médias acima de 10 t ha⁻¹ de grãos com casca. Apresenta ciclo médio, grãos do tipo *patna*, de casca lisa, clara e sem aristas. Possui genes da cultivar Tetep, que lhe conferem



boa resistência às raças de brusone atualmente predominantes no Rio Grande do Sul.

BRS Alvorada – Foi obtida do cruzamento entre a cultivar Metica 1, genitor recorrente, e a fonte de resistência à brusone Huan-Sen-Go, seguido de três retrocruzamentos em direção a Metica 1, sempre utilizando plantas resistentes, a partir do primeiro retrocruzamento. É uma cultivar de ciclo médio que tem como principais características a resistência à brusone e a elevada produtividade de grãos. Suas panículas se expõem acima do dossel foliar, o que aumenta a eficiência dos fungicidas e inseticidas aplicados para o controle de algumas doenças, como mancha-dos-grãos, e pragas das panículas. Apresenta também alto rendimento de grãos inteiros e necessita de apenas 60 dias de armazenamento para que seus grãos cozinhem soltos e macios, diferente da Metica 1, em que a duração desse período pode atingir até seis meses.

BRS Atalanta – É uma cultivar superprecoce, apresentando plantas com folhas lisas e ciclo ao redor de 100 dias. Possui grãos longo-finos (agulhinha), de casca lisa-clara. É uma cultivar comparável à BRS Ligeirinho, porém apresenta potencial produtivo cerca de 20% superior e grão de melhor qualidade, bem como maior resistência à brusone e à bicheira-da-raiz.

BRS Agrissul – Tem ciclo médio e apresenta grande capacidade de emissão de perfilhos. Tem excelente qualidade de grão, com rendimento industrial ao redor de 63% de grãos inteiros quando polidos. Apresenta certa suscetibilidade a algumas raças de brusone em condições desfavoráveis. Apresenta excelente comportamento em áreas com problemas de toxidez de ferro.

BRS Biguá – Cultivar de ciclo médio, resistente à brusone, de grãos longo finos e adaptada às várzeas da região tropical do Brasil. Registrada para cultivo em Goiás, Tocantins, Pará e Roraima.

BRS Bojuru – É primeira cultivar de arroz irrigado de grão curto, da subespécie *Japonica*, desenvolvida pela Embrapa. A sua liberação visa a atender o mercado representado pelos consumidores de origem oriental.

BRS Firmeza – Tem se adaptado bem a todos os sistemas de cultivo, especialmente ao sistema pré-germinado. Apresenta colmos vigorosos e baixo perfilhamento, necessitando de maior densidade de semeadura que as demais cultivares. É uma cultivar semiprecoce. Apresenta alto



rendimento de grãos inteiros no beneficiamento, podendo superar a 65%. Apresenta um certo nível de tolerância genética ao frio.

BRS Formoso – Cultivar de ciclo médio, de grãos agulhinhas de excelente qualidade, resistente ao acamamento e suscetível à brusone.

BRS Jaburu – Como a BRS Biguá, é uma cultivar de ciclo médio, moderadamente resistente à brusone, de grãos longo-finos e adaptada às várzeas da região tropical do Brasil, sendo, contudo, menos resistente à mancha parda e à mancha-dos-grão.

BRS Ligeirinho – Destaca-se por ser superprecoce, ciclo em torno de 100 dias. Apresenta grãos do tipo *patna* e bom rendimento industrial.

BRS Pelota – É uma cultivar de ciclo médio e se destaca pelo seu alto potencial produtivo. O grão é do tipo agulhinha de casca pilosa-clara. Em algumas situações de cultivo, pode mostrar-se moderadamente sensível à toxidez de ferro, na fase vegetativa, e a quedas de temperatura, na fase reprodutiva.

BRS Ourominas – Possui porte baixo, altura média de 98 cm, folhas eretas, resistência ao acamamento e ciclo médio de 100 dias do plantio à floração média. A planta apresenta uma coloração verde clara a qual não se deve confundir com deficiência de nitrogênio. Os grãos são do tipo longo-fino, de boa qualidade. O grão polido apresenta aparência vítrea com baixa intensidade de centro-branco. Nos testes culinários apresentou grãos soltos, de textura macia e com aroma normal.

Enova 155 – Cultivar de ciclo médio, moderadamente resistente à brusone, de grãos agulhinhas de alto rendimento industrial.

Epagri 106 – Cultivar de ciclo curto, 106 dias, medianamente resistente ao acamamento e à toxidez indireta de ferro. Destaca-se por ser resistente às raças de brusone atualmente prevalentes em Santa Catarina.

Epagri 108 – Cultivar de ciclo longo, 142 dias, resistente ao acamamento e à toxidez indireta de ferro. É medianamente resistente à brusone na panícula, considerando-se as raças atualmente prevalentes em Santa Catarina.

Epagri 109 – Bastante semelhante à Epagri 108, apresentando também ciclo longo, 142 dias, resistência ao acamamento e à toxidez indireta de ferro. É medianamente resistente às raças de brusone atualmente prevalentes em Santa Catarina.



IAC 101 – Cultivar de ciclo longo, de grãos agulhinha e moderadamente resistente ao acamamento e à queima-da-bainha.

IAC 103 – Cultivar de ciclo médio, de grãos longo-finos, de alto rendimento de inteiros e moderadamente resistente à queima-da-bainha.

IAC 242 – Cultivar de ciclo longo, moderadamente suscetível à brusone e moderadamente resistente à queima-da-bainha, com grãos longo-finos.

IAC 500 – Cultivar super precoce, moderadamente suscetível à brusone, de grãos longo-finos, com alto rendimento de grãos inteiros.

IAC 4440 – Cultivar de ciclo longo, de grãos agulhinhas, suscetível à brusone e moderadamente resistente ao acamamento.

IAS 12-9 Formosa – Cultivar do grupo *Japonica*, apresentando tolerância às baixas temperaturas, que ocorrem principalmente na zona sul do Rio Grande do Sul, durante o período reprodutivo das plantas. Possui grão curto do “tipo japonês”, com baixo teor de amilose e baixa temperatura de gelatinização.

Irga 416 – Cultivar de ciclo curto, com alta produtividade e excelente aspecto visual dos grãos. O teor de amilose nos grãos, todavia, pode variar de intermediário a baixo o que pode fazer com que os grãos fiquem pegajosos após a cocção. Tem demonstrado falta de estabilidade na produtividade e alta susceptibilidade à brusone.

Irga 417 – Primeira cultivar do tipo moderno derivada de cruzamento de genitores das subespécies *Indica* x *Japonica*. Destaca-se pela precocidade, alta produtividade, ótima qualidade dos grãos, alto vigor inicial das plântulas e boa adaptabilidade a todas as regiões orizícolas do Rio Grande do Sul. Apresenta reação de suscetibilidade à toxidez de ferro e nas últimas safras tem-se mostrado suscetível à brusone na panícula.

Irga 418 – Cultivar de ciclo curto e mais alta que a Irga 417. Apresenta bom vigor inicial das plântulas, alto potencial produtivo e resistência à brusone. As principais limitações são falta de estabilidade na produtividade e no rendimento industrial de grãos inteiros. É uma cultivar de fácil debulha e com reação intermediária à toxidez de ferro.

Irga 419 – Cultivar de ciclo médio e com ausência de pilosidade nas folhas e grãos. Apresenta resistência à brusone e tolerância à toxidez de



ferro. A debulha dos grãos é considerada fácil e nas regiões mais frias do Rio Grande do Sul apresenta-se suscetível às manchas-dos-grãos. Embora inicialmente tenha sido indicada para o sistema pré-germinado, também pode ser utilizada para o cultivo nos sistemas de semeadura em solo seco. Não se recomenda o seu uso no extremo sul do Rio Grande do Sul.

Irga 420 – Cultivar de ciclo curto e com alto potencial produtivo. Pode ser usada no sistema de cultivo pré-germinado. Apresenta excelente adaptação às condições climáticas da Fronteira Oeste, mas pode ser cultivada nas demais regiões, exceto o extremo sul do Rio Grande do Sul.

Irga 421 – É derivada da cultivar Irga 416 e destaca-se pela precocidade e qualidade dos grãos. É suscetível à brusone e com reação intermediária à toxidez de ferro.

Irga 422CL – Esta cultivar foi derivada da IRGA 417, através do método de retrocruzamento, diferenciando-se desta pelo ciclo mais longo e por possuir tolerância ao herbicida Only. É recomendada exclusivamente para o sistema de produção “clear field”, que tem como principal objetivo o controle de arroz vermelho.

Javaé – Cultivar de ciclo curto, de grãos longo-finos, suscetível à brusone e moderadamente resistente à mancha parda e à mancha-dos-grãos.

Qualymax 013 – Cultivar de ciclo médio, de grãos longo-finos, resistente ao acamamento e moderadamente resistente à bicheira-da-raiz e à brusone.

Metica 1 – Cultivar robusta, produtiva, de ciclo longo, de grãos agulhinhas, moderadamente suscetível à mancha-dos-grãos e à brusone. É uma das cultivares mais utilizadas pelos produtores do Vale do Rio Araguaia, TO.

SCSBRS 111 – Cultivar de ciclo médio, medianamente resistente ao acamamento, à brusone e à toxidez indireta de ferro.

SCSBRS Tio Taka – Cultivar tardia, resistente ao acamamento. É medianamente suscetível à toxidez indireta de ferro. É a primeira cultivar de arroz irrigado obtida de população melhorada por seleção recorrente.

SCS 112 – Cultivar tardia, resistente ao acamamento. É medianamente suscetível à toxidez indireta de ferro e à brusone. É mais sensível a extremos de temperatura, por isso, recomenda-se especialmente que o plantio seja feito dentro do período preferencial.



Cultivares de arroz de terras altas

Encontra-se na Tabela 9.11. a relação de cultivares de terras altas e suas respectivas áreas de abrangência, sendo consideradas apenas as cultivares registradas no SNPC e habilitadas para cultivo sob cobertura do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) em 2003/04, ou seja, as incluídas nas portarias de divulgação do Zoneamento Agrícola daquele ano agrícola. A seguir serão apresentadas algumas características das cultivares, fornecidas pelas instituições detentoras ao SNPC. Mais detalhes sobre a caracterização das cultivares poderão ser obtidos consultando o site www.agricultura.gov.br ou as próprias instituições detentoras.

Tabela 9.11. Relação das cultivares de arroz de terras altas, instituições detentoras e região de adaptação, habilitadas para o cultivo sob cobertura do Proagro, conforme o Zoneamento Agrícola de 2003/04.

Cultivar	Detentor	Região de adaptação recomendada
BRS Aimoré	Embrapa	MG, DF, GO, MS, TO, MA, PI
BRS Bonança	Embrapa	DF, GO, MT, RO, TO, MA, PI
BRS Colosso	Embrapa	MG, GO, MT, RO, PA, MA, PI, TO
BRS Primavera	Embrapa	MG, DF, GO, MS, MT, TO, MA, PI, BA
BRS Soberana	Embrapa	MT, GO
BRS Talento	Embrapa	MG, GO, MT, TO, BA, MA, PI
BRSMG Conai	Embrapa, UFLA, EPAMIG	MG
BRSMG Curinga	Embrapa, UFLA, EPAMIG	MG, GO, MT, RO, PA, RR, MA, PI, TO
Caiapó	Embrapa	SP, MG, GO, DF, MS, MT, TO, MA, PI, BA
Canastra	Embrapa	MG, DF, GO, TO, MA, PI, BA
Carajás	Embrapa	GO, DF, MS, MT, TO, MA, PI, BA
Carisma	Embrapa	MG, DF, MS, MA
Cirad 141	Agronorte	Todo o Brasil
IAC 165	IAC	SP
IAC 201	IAC	SP
IAC 202	IAC	SP
Maravilha	Embrapa	DF, GO, MS, MT, TO

BRS Aimoré – Cultivar superprecoce, de grãos longos, com glumelas de cor dourada. É de porte baixo, relativamente perfilhadora e resistente ao acamamento. Apresenta nível satisfatório de resistência à seca, mas é suscetível à brusone.

BRS Bonança – Cultivar semiprecoce, de porte baixo e resistente ao acamamento. Apresenta ampla adaptação a sistemas de manejo e classes de solo. Seus grãos apresentam boa aparência e boa qualidade



culinária, porém inferior à da BRS Primavera. Destaca-se pela excepcional estabilidade do rendimento de grãos inteiros, mesmo em circunstâncias de atrasos na colheita.

BRS Colosso – Apresenta qualidade de grão similar ao do BRS Primavera. Cultivar precoce de porte baixo, vigorosa. Destaca-se também pela estabilidade de grãos inteiros. Deve ser cultivado em área pouco propensas a ocorrência de brusone, devido sua sensibilidade a estas doenças.

BRS Primavera – Indicada para plantio em áreas de abertura e áreas velhas, pouco ou moderadamente férteis, devido à sua tendência ao acamamento em condições de alta fertilidade. Pode também ser plantada em solos férteis, desde que os fertilizantes sejam utilizados com moderação. Tem apresentado bons resultados em diversas situações, tais como: “sistema barreirão”, plantio consorciado com pastagem, plantio direto em área de soja e até plantio em safrinha. Embora tenha excelente qualidade culinária, para proporcionar boa porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento, é necessário que a colheita seja feita com a umidade dos grãos entre 20% e 24%.

BRS Soberana – Como a BRS Primavera é indicada para plantio em solos pouco ou moderadamente férteis, normalmente presente em áreas de abertura, devido à sua tendência ao acamamento em condições de alta fertilidade. Pode também ser cultivada em solos férteis, utilizando menores doses de fertilizantes e espaçamentos mais largos, como 30 a 40 cm, para evitar acamamento. Em condições experimentais, tem-se mostrado menos suscetível à brusone e ao acamamento que a BRS Primavera, mas não a ponto de dispensar a utilização de medidas ou práticas que reduzam os riscos de incidência destes dois fatores restritivos. Produz grãos com excelente qualidade culinária, todavia exige colheita com umidade dos grãos entre 20 a 24%, para que se tenha uma boa porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento.

BRS Talento – Cultivar semiprecoce, de porte baixo, perfilhadora, resistente ao acamamento, de grãos da classe longo-fino. É uma cultivar de ampla adaptação, de ótimo potencial de produção e responsiva ao uso de tecnologia. Pode ser considerada uma opção para plantio em várzeas úmidas. De grãos translúcidos e boa qualidade de panela, pode ser disponibilizada para o consumo logo após a colheita.

BRSMG Conai – Cultivar superprecoce, de porte baixo, produtiva e resistente ao acamamento, lançada em 2004. Os grãos com casca são dourados e glabros. Apresentam baixa intensidade de manchas



brancas após o beneficiamento e se classificam como agulhinhas, com boa qualidade após o cozimento, quando se mostram soltos, enxutos e macios.

BRSMG Curinga – Cultivar semiprecoce, de porte baixo e resistente ao acamamento, com dupla aptidão para cultivo em terras altas e várzeas úmidas. Seus grãos são glabros de cor amarelo palha e de classe longo-fino. Apresenta boa qualidade culinária, com textura solta, enxuta e macia, após a cocção. Tem-se mostrado pouco suscetível às principais doenças que incidem sobre o arroz de terras altas.

Caia pó – Seu grão, embora não se enquadre na classe longo-fino, tem ótima aceitação no mercado, devido ao alto rendimento de inteiros e à boa qualidade culinária. É recomendada para solos novos ou velhos, em níveis moderados de fertilidade, para evitar acamamento. Deve ser plantada o mais cedo possível, em plantio pouco denso, planejando-se medidas de controle de brusone, em situações de risco, principalmente nas áreas de Cerrados e em regiões de maior altitude.

Canastra – Apresenta boa produtividade nas mais diversas situações de plantio, adaptando-se a diferentes níveis de fertilidade. Em condições muito favorecidas tende a apresentar alta incidência de escaldadura e mancha-dos-grãos. Tem boa resistência ao acamamento e pode alcançar alta produtividade. Seus grãos são da classe longo-fino, e a qualidade de panela é regular.

Carajás – De ciclo curto, é indicada para áreas de fertilidade média ou alta, apresentando bom potencial de produção e pouco acamamento. Seus grãos são do tipo tradicional, ou seja da classe longo, o que pode levar a um preço inferior ao praticado para as cultivares de grão agulhinha nos mercados em que este padrão é o preferido.

Carisma – Cultivar semiprecoce, de porte baixo, resistente ao acamamento, de grãos da classe longo-fino. Pode ser cultivada em terras altas, sob pivô central, ou em várzeas úmidas, sem irrigação, apresentando alto potencial de produção. Necessita medidas de controle de brusone, quando cultivada em situações de risco desta doença. Tem grão longo-fino e de boa qualidade culinária.

Cirad 141 – Cultivar de ciclo médio, de ampla adaptação. Seus grãos são agulhinhas de boa aparência e de alto rendimento industrial. Entre as cultivares de arroz de terras altas atualmente disponíveis, a Cirad 141 parece ser a que melhor se adapta ao sistema de plantio direto.



IAC 165 – Cultivar precoce, com boa resistência à seca e com grãos de classe longo. É produtiva e de ampla adaptação, mas atualmente sua utilização continua restrita apenas ao Estado de São Paulo.

IAC 201 – Foi a primeira cultivar de arroz de terras altas com grãos de classe agulhinha lançada no Brasil. É precoce, com arquitetura de planta tradicional, podendo acamar em áreas de alta fertilidade.

IAC 202 – Como a IAC 201, produz grãos de excelente qualidade, de classe agulhinha. Caracteriza-se por apresentar panículas longas com alto número de espiguetas. É mais resistente ao acamamento que a IAC 201, podendo ser utilizada também em áreas férteis.

Maravilha – Recomendada para regiões com baixo risco de veranico, ou com disponibilidade de irrigação suplementar por aspersão ou, ainda, em várzeas úmidas. Seus grãos são da classe longo-fino. É moderadamente resistente à brusone e à escaldadura, e moderadamente suscetível à mancha-dos-grãos. Por ser resistente ao acamamento e responsiva à fertilidade, é recomendada para cultivo com alta tecnologia, inclusive sob pivô central. Seu crescimento inicial é lento, o que, somado à sua arquitetura de folhas eretas, torna-a pouco competitiva com plantas daninhas, exigindo, portanto, um controle eficiente (Embrapa, 1997).

REFERÊNCIAS

ABADIE, T. E.; CORDEIRO, C. M. T.; FONSECA, J. R.; FREIRE, M. S.; ALVES, R. B. N.; BURLE, M. L.; BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; CASTRO, E. da M. de; SILVA, H. T. Desenvolvendo uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 259-261. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).

AVILA, A. F. D. **Evaluation de la recherche agronomique au Bresil**: le cas de la recherche rizicole de l'IRGA au Rio Grande do Sul. 1981. 217 f. These (Docteur en Economie Rurale) - Universite de Montpellier, Montpellier.

BANZATTO, N. V.; CARMONA, P. S. Melhoramento genético do arroz no Brasil. In: REUNIÃO DO COMITÉ DE ARROZ PARA AS AMÉRICAS DA COMISSÃO INTERNACIONAL DE ARROZ, 2., 1971, Pelotas. **Contribuições técnicas da Delegação Brasileira à ...** Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1972. p. 121-131.

BOLLICH, C. N.; TURNER, F. T. Commercial ratoon rice production in Texas, USA. In: IRR. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p. 257-263.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Legislação brasileira sobre proteção de cultivares**. Brasília, DF, 1998. 115 p.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. Cultivares de arroz. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998a. p. 41-53.



- BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P. de; RANGEL, P. H. N. A new method to estimate genetic gain in annual crops. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 551-555, Dec. 1998b.
- BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de. Ganho de produtividade pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 399-407, mar. 1999.
- BRONDANI, C.; BRONDANI, R. P. V.; RANGEL, P. H. N.; FERREIRA, M. E. Development and mapping of *Oryza glumaepatula*-derived microsatellite markers in the interspecific cross *O. glumaepatula* x *O. sativa*. **Hereditas**, Lund, v. 134, n. 1, p. 59-71, 2001.
- BRONDANI, C.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; FERREIRA, M. E. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 104, n. 6/7, p. 1192-1203, May 2002.
- CARMONA, P. S.; TERRES, A. L.; SCHIOCCHET, M. Avaliação crítica dos projetos do PNP-Arroz na área de melhoramento genético, no período de 1980 à 1990: Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 4., 1990, Goiânia. **A pesquisa de arroz no Brasil nos anos 80**: avaliação crítica dos principais resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1994. p. 269-275. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 40).
- CASTRO, E. da M. de; FERREIRA, C. M.; COSTA, J. G. C. da; DELALIBERA, A. L. Embrapa Arroz e Feijão em Goiás. In: PEREIRA A. A. (Org.). **Agricultura de Goiás**: análise & dinâmica. Brasília, DF: UCG, 2004. p. 279-301.
- CASTRO, E. da M.; BRESEGHELLO, F.; RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de. Melhoramento do arroz. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 95-130.
- CHATEL, M.; GUIMARÃES, E. P. **Selección recurrente com androesterilidad en arroz**. Cali: CIAT: CIRAD, 1995. 70 p. (CIAT. Publicacion, 246).
- CHEN, D. H.; ZEIGLER, R. S.; LEUNG, H.; NELSON, R. J. Population structure of *Pyricularia grisea* at two screening sites in the Philippines, **Phytopathology**, St Paul, v. 85, n. 9, p. 1011-1020, Sept. 1995.
- COBUCCI, T. Plantas daninhas. In: STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. (Ed.). **Arroz**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 171-192.
- CORDEIRO, A. C. C.; SOARES, A. A.; RAMALHO, M. A. P.; RANGEL, P. H. N. Effect of the number of intercrosses on grain yield in basic rice synthetic populations. **Euphytica**, Wageningen, v. 132, n. 1, p. 79-86, Jan. 2003.
- CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S. Pathogenic variability in *Pyricularia grisea* at a rice blast "hot-spot" breeding site in Eastern Colombia. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 11, p.1029-1035, Nov. 1993.
- CORREA-VICTORIA, F. J.; ZEIGLER, R. S.; LEVY, M. Virulence characteristics of genetic families of *Pyricularia grisea* in Colombia. In: ZEIGLER, R. S.; LEONG, S. A.; TENG, P. S. (Ed.). **Rice blast disease**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 211-230.
- CUTRIM, V. dos A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 6, p. 601-606, jun. 1997.



DE DATTA, S. K.; BERNASOR, P. C. Agronomic principles and practices of rice ratooning. In: IRRI. **Rice ratooning**. Los Baños, 1988. p.163-176.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manejo da cultivar Maravilha**. Goiânia, 1997. 38 p. (EMBRAPA-CNPAF. Informe Técnico, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Programa nacional de avaliação de linhagens**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1994. 19 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Programa Nacional de Pesquisa do Arroz: safra 1975/1976**. Goiânia, 1975. 55 p.

EMBRAPA. **Política de P&D**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 39 p.

FEDERER, W. T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record**, Hawaii, v. 55, n. 2, p. 191-208, 1956.

FERREIRA, W. D. **Implicação do número de famílias no processo seletivo na cultura do feijoeiro**. 1998. 66 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, C. M.; MENDEZ DEL VILLAR, P. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 11-18, abr. 2004.

FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. evolução e padronização. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 118 p.

FERREIRA, E. Insetos-pragas. In: STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; RABELO, R. R.; BIAVA, M. (Ed.). **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 157-169.

FERREIRA, E.; BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; BARIGOSSO, J. A. F. **Broca-do-colmo nos agroecossistemas de arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 42 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 114).

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S. Phenotypic virulence analysis of *Pyricularia grisea* isolates from Brazilian upland rice cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.1, p.27-35, jan. 2001.

FILIPPI, M. C.; PRABHU, A. S.; ARAÚJO, L. G. de; FARIA, J. C. de. Genetic diversity and virulence pattern in field populations of *Pyricularia grisea* from rice cultivar Metica-1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1681-1688, dez. 2002.

FOIULLOUX, G.; BANNEROT, H. Selection methods in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) In: GEPTS, P. (Ed.). **Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization**. Netherlands: Kluwer, 1988. p. 503-542.

FRANKEL, O. H. Genetic perspectives of germplasm conservation. In: ARBER, W. K.; LLIMENSEE, K.; PEACOCK, W. J.; STARLINGER, P. (Ed.). **Genetic manipulation: impact on man and society**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. p. 161-170.

FREY, K. J. The use of F2 lines in predicting the performance of F3 selections in two barley crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, Dec. 1954.



GERALDI, I. O.; SOUZA JÚNIOR, C. L. de. Muestreo genético para programas de mejoramiento poblacional. In: Guimarães, E. P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 9-19.

GRIST, D. H. **Rice**. 5. ed. Londres: Longman, 1978. 601 p.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. **Rice improvement**. Lôs Baños: IRRI, 1979. 186 p.

LEVY, M.; CORREA, F. J.; ZEIGLER, R. S.; XU, S.; HAMER, J. E. Genetic diversity of the rice blast fungus in a disease nursery in Colombia. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 12, p. 1427-1433, Dec. 1993.

LEVY, M.; ROMÃO, J.; MARCHETTI, M. A.; HAMER, J. E. DNA fingerprinting with a dispersed repeated sequence resolves pathotype diversity in the rice blast fungus. **Plant Cell**, Rockville, v. 3, n. 1, p. 95-102, Jan. 1991.

LOPES, S. I. G. **Avaliação dos parâmetros genéticos da população de arroz irrigado CNA 11 e da divergência genética entre os genitores**. 2002. 101 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MALAVOLTA, V. M. A.; SOUZA, T. M. W. Variabilidade de *Pyricularia grisea* no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 18, n. 3/4, p. 287-290, jul./dez. 1992.

MORAIS, O. P. de. Tamaño efectivo de la población. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 25-44.

MORAIS, O. P. de; CASTRO, E. da M. de; PRABHU, A. S.; BRESEGHELLO, F.; VANDERLEI, J. C.; SOUZA, N. R. G. de; SOUZA, N. S.; FONSECA, J. R.; BASSINELLO, P. Z.; RABELO, R. R. **Extensão de recomendação da cultivar de arroz de terras altas "BRS Soberana" para Goiás**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 73).

MORAIS, O. P. de; ZIMMERMANN, F. J. P.; RANGEL, P. H. N. Evaluación de ganancias observadas en selección recurrente. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 21-35.

OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L. C. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 87 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).

OU, S. H. **Rice disease**. 2. ed. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1985. 380 p.

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

PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Graus de resistência a brusone e produtividade de cultivares melhoradas de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 12, p. 1453-1459, dez. 2001.



- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ARAÚJO, L. G. de. Pathotype diversity of *Pyricularia grisea* from improved upland rice cultivars in experimental plots. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 5, p. 468-473, set./out. 2002a.
- PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C.; ARAÚJO, L. G. de; FARIA, J. C. Genetic and phenotypic characterization of isolates of *Pyricularia grisea* from the rice cultivars Epagri 108 and 109 in the state of Tocantins. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 6, p. 566-573, nov./dez. 2002b.
- PRABHU, A. S.; CASTRO, E. da M. de; ARAÚJO, L.G. de; BERNI, R. F. Resistance spectra of six elite breeding lines of upland rice to *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 203-210, fev. 2003.
- RANGEL, P. H. N. La selección recurrente mejora el arroz brasileño. **Arroz en Las Américas**, Cali, v. 13, n. 1, p. 4-5, abr. 1992.
- RANGEL, P. H. N.; NEVES, P. C. F. Selección recurrente aplicada al arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 79-97.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P. Ganhos de produtividade de grãos no melhoramento populacional do arroz de várzea. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Resumos expandidos...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. v. 1, p. 174-177. (EMBRAPA-CNPAP Documentos, 85).
- RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E. P.; NEVES, P. C. F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 5, p. 349-357, maio 1996.
- RANGEL, P. H. N.; MORAIS, O. P. de; ZIMMERMANN, F. J. P. Grain yield gains in three recurrent selection cycles in the CNA-IRAT 4 irrigated rice population. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 3, p. 369-373, Sept. 2002.
- RANGEL, P. H. N.; PEREIRA, J. A.; MORAIS, O. P. de; GUIMARÃES, E. P.; YOKOKURA, T. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Meio-Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1595-1604, ago. 2000a.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; FAGUNDES, P. R. R. Mejoramiento poblacional del arroz de riego en Brasil. In: GUIMARÃES, E.P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000b. p. 65-85.
- RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; NEVES, P. C. F. Estimativas de parâmetros genéticos e resposta à seleção nas populações de arroz irrigado CNA-IRAT 4PR e CNA-IRAT 4ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 905-912, jun. 1998.
- RIBEIRO, A. S.; TERRES, A. L. S. Variabilidade do fungo *Pyricularia oryzae* e sua relação com cultivares resistentes à brusone. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 12, n. 4, p. 316-321, dez. 1987.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio. **Melhoramentos da rizicultura no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1946. 425 p.
- SANTOS, A. B. dos. Aproveitamento da soca. In: VIEIRA, N.R. de A.; SANTOS, A. B. dos; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 463-492.



SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A. A.; MORAIS, O. P. de; CORNÉLIO, V.M. de O. Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento do arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1889-1896, out. 1999.

SERVELLÓN RODRIGUEZ, R. E.; RANGEL, P.H. N.; MORAIS, O. P. de. Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas à seleção na população de arroz irrigado CNA 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 5, p. 685-691, maio 1998.

SINGH, R. J.; IKEHASHI, H. Monogenic male-sterility in rice: induction, identification and inheritance. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 2, p. 286-289, Mar./Apr. 1981.

SOARES, A. A.; SANTOS, P.G.; MORAIS, O. P. de; SOARES, P.C.; REIS, M. de S.; SOUZA, M. A. de. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 415-424, mar. 1999.

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 92, n. 2, p. 191-203, Feb. 1996.

TOLEDO, J. F. F. de; ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; MENOSSO, O. G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 89-94, jan. 1990.

URASHIMA, A. S.; ISOGAWA, Y. Identification of races of *Pyricularia oryzae* causing blast disease in cultivar IAC 4440 in Paraíba Valley - SP. **Summa Phytopatologica**, Piracicaba, v. 16, n. 3/4, p. 243-247, jul./dez. 1990.

XIA, J. Q.; CORRELL, J. C.; LEE, F. N.; MARCHETTI, M. A.; RHOADS, D. D. DNA fingerprinting to examine micrographic variation in the *Magnaporthea grisea* (*Pyricularia grisea*) population in two rice fields in Arkansas. **Phytopathology**, St Paul, v. 83, n. 10, p. 1029-1035, Oct. 1993.

XIA, J. Q.; CORRELL, J. C.; LEE, F. N.; ROSS, W. J.; RHOADS, D. D. Regional population diversity of *Pyricularia grisea* in Arkansas and the influence of host selection. **Plant Disease**, St Paul, v. 84, n. 8, p. 877-884, Aug. 2000.

ZEIGLER, R. S.; CUOC, L. X.; SCOTT, R. P.; BERNARDO, M. A.; CHEN, D. H.; VALENT, B.; NELSON, R. J. The relationship between lineage and virulence in *Pyricularia grisea* in the Philippines. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 4, p. 443-451, Apr. 1995.

ZEIGLER, R. S.; SCOTT, R. P.; LEUNG, H.; BORDEOS, A. A.; KUMAR, J.; NELSON, R. J. Evidence of parasexual exchange of DNA in the rice blast fungus challenges its exclusive clonality. **Phytopathology**, St. Paul, v. 87, n. 3, p. 284-294, Mar. 1997.

ZHU, Y. Y.; CHEN, H. R.; FAN, J. H.; WANG, Y. Y.; LI, Y.; CHEN, J. B.; FAN, J. X.; YANG, S. S.; HU, L. P.; LEUNG, H.; MEW, T. W.; TENG, P. S.; WANG, Z. H.; MUNDT, C. C. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**, London, v. 406, n. 6797, p. 718-722, Aug. 2000.

ZIMMERMANN, F. J. P. Estadística aplicada a la selección recurrente. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 67-75.

