



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

ISSN 1678-9601

Dezembro, 2008

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 31***

## **Progressos em Dois Ciclos de Seleção Recorrente na População CG3 de Arroz de Terras Altas**

Orlando Peixoto de Moraes  
Flávio Breseghello  
Emílio da Maia de Castro  
Antônio Alves Soares  
José Almeida Pereira  
Marley Marico Utumi  
Anne Sitarama Prabhu  
Priscila Zackzuk Bassinello

Santo Antônio de Goiás, GO  
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Arroz e Feijão**

Rodovia GO 462 - Km 12 - Zona Rural - Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 3533 2123

Fax: (62) 3533 2100

www.cnpaf.embrapa.br

sac@cnpaf.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Luís Fernando Stone*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Supervisor editorial: *Camilla Souza de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Revisão de texto: *Camilla Souza de Oliveira*

Capa: *Sebastião José Araújo*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

**1ª edição**

1ª impressão (2008): 500 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**

Progressos em dois ciclos de seleção recorrente na população CG3

de arroz de terras altas / Orlando Peixoto de Morais ...[et al.]. -

Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2008.

27 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 31)

1. Arroz - Seleção recorrente. 2. Arroz - Melhoramento genético vegetal. I. Morais, Orlando Peixoto de. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 633.182 (21. ed.)

© Embrapa 2008

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Introdução .....	9
Material e Métodos .....	11
Resultados e Discussão .....	14
Conclusões .....	23
Referências .....	23



# Progressos em Dois Ciclos de Seleção Recorrente na População CG3 de Arroz de Terras Altas

*Orlando Peixoto de Morais<sup>1</sup>, Flávio Breseghello<sup>2</sup>,  
Emílio da Maia de Castro<sup>3</sup>, Antônio Alves Soares<sup>4</sup>,  
José Almeida Pereira<sup>5</sup>, Marley Marico Utumi<sup>6</sup>, Anne  
Sitarama Prabhu<sup>7</sup>, Priscila Zackzuk Bassinello<sup>8</sup>*

## Resumo

Os ganhos observados nos dois primeiros ciclos de seleção recorrente na população de arroz de terras altas CG3 foram estimados utilizando dados dos ensaios de avaliação de famílias  $S_{0.2}$  conduzidos em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Rondônia e Piauí, durante os anos agrícolas 1999/2000, 2002/2003 e 2005/2006. Os experimentos foram conduzidos em blocos aumentados de Federer, usando como tratamentos comuns aos blocos quatro cultivares-testemunhas. Entre ensaios de ciclos consecutivos havia pelo menos três testemunhas comuns, repetidas várias vezes, o que permitiu a correção das médias das famílias dos diferentes ciclos de seleção, quanto aos efeitos de anos e de locais dentro de ano, e a estimação dos ganhos genéticos nos dois primeiros ciclos de seleção. As estimativas de ganho nos dois ciclos foram similares, com média ponderada de 309,6 kg/ha por ciclo de seleção. Considerando que o ciclo de seleção teve duração de três anos, o ganho ,[edop amiaç foi de 3,6%,

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO 462, Km 12, 75375-000 Santo Antônio de Goiás-GO, peixoto@cnpaf.embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, flavio@cnpaf.embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, emilio@cnpaf.embrapa.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Universidade Federal de Lavras, aasoares@ufla.br

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre, Embrapa Meio Norte, almeida@cpamn.embrapa.br.

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Rondônia, marleyutumi@netview.com.br.

<sup>7</sup> Biólogo, Ph.D. em Fitopatologia, Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, prabhu@cnpaf.embrapa.br

<sup>8</sup> Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência de Alimentos, Pesquisadora, Embrapa Arroz e Feijão, pzbassin@cnpaf.embrapa.br

em relação à média das famílias avaliadas no primeiro ano, aproximadamente o triplo do que tem sido observado no melhoramento do arroz de terras altas pelo método genealógico. Em relação à resistência à brusone (*Pyricularia grisea*) na panícula (BP), também se observaram resultados positivos. Em média, o ganho observado entre o primeiro e o terceiro ciclo de seleção representou 3,4% ao ano em relação ao nível de incidência de BP observada nas famílias  $S_{0.2}$  do primeiro ciclo. Além da eficiência demonstrada no melhoramento para maior produtividade de grãos e para maior resistência à brusone, aumentando a frequência de indivíduos de melhor desempenho quanto a estas características, as atividades de seleção recorrente na população CG3 permitiram a identificação de genitores alternativos, fontes de alelos novos para o melhoramento da população-elite do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, melhoramento de arroz de terras altas, seleção recorrente, ganhos devido à seleção.

# Advances in two cycles of recurrent selection in the CG3 upland rice population

---

## Abstract

The genetic gains observed in the first two cycles of recurrent selection in the upland rice population CG3 were estimated using data from  $S_{0.2}$  field trials conducted in the states of Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Rondônia e Piauí, in the seasons 1999/2000, 2002/2003 e 2005/2006. The experiments were conducted in augmented blocks, using four cultivars as replicated checks between blocks. Three of the checks were common between consecutive cycles. Those checks were used to adjust family means for effects of years and locations within years, enabling the estimation of genetic gains in two selection cycles. Genetic gain estimates were similar between cycles, with a weighted mean of 309.6 kg/ha per selection cycle. Considering that each cycle took three year, this gain corresponds to 3.6% per year, on the family means in the first cycle, and represents approximately three times the gain normally achieved with pedigree breeding in upland rice. Positive results were observed also for neck blast (*Pyricularia grisea*) resistance. On average, the genetic gain observed represented 3.4% per year, on the initial mean incidence. Additionally to the gains observed for grain yield and blast resistance, increasing the frequency of good genotypes in those aspects, the recurrent selection of CG3 resulted in novel parents, source of novel alleles, for the elite breeding program of upland rice at Embrapa.

*Index terms:* *Oryza sativa*, upland rice breeding, recurrent selection, genetic gain by selection.



## Introdução

Baseando-se na média dos anos de 2003 a 2005, o arroz de terras altas, no Brasil, foi semeado em cerca de 2,2 milhões de hectares e contribuiu com aproximadamente 36% da produção nacional deste cereal (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2005). Sua produtividade tem crescido sistematicamente nos últimos 25 anos, a uma taxa maior na última década (1991-2000), quando atingiu 4,5% ao ano (FERREIRA; MENDEZ DEL VILLAR, 2004). Apesar desse crescimento, ainda se situa em torno de 2,0 t/ha, correspondendo a cerca de apenas 35% da produtividade do arroz irrigado no país. Em função disso, nas atividades de melhoramento genético da cultura do arroz de terras altas, especial ênfase tem sido dada à produtividade de grãos, além de maior resistência à doenças, particularmente a brusone (*Pyricularia grisea*), melhor qualidade de grãos e resistência à seca e a pragas (MORAIS et al., 2005).

O programa de melhoramento de arroz da Embrapa é organizado em torno de um esquema baseado no conceito de seleção recorrente. A população-elite do programa de melhoramento origina-se da recombinação dos indivíduos de maior valor genético e é manejada visando resultados a curto prazo, sob forte pressão de seleção. Os melhores indivíduos, geralmente famílias F3:5 selecionadas baseando-se em resultados de ensaios multilocais, são recombinados para compor um novo ciclo de melhoramento. A perda de alelos, causada pela seleção intensa, é compensada pela migração de indivíduos superiores identificados principalmente em outras populações, sintetizadas a partir de genitores selecionados no germoplasma disponibilizado ao programa e submetidas a procedimentos de seleção recorrente com objetivos a longo prazo, e priorizando as características de maior interesse ao programa (MORAIS, 2005). No caso específico do arroz de terras altas, seis populações (três precoces e três de ciclo médio), sintetizadas no início da década de 1990, encontram-se em contínuo melhoramento sob um rigoroso cronograma que permite concluir cada ciclo de seleção em três anos e evitar que mais de duas populações estejam na fase de avaliação em ensaios multilocais em um mesmo ano agrícola (MORAIS, 1997; BRESEGHELLO et al., 2006). Uma dessas seis populações de arroz de terras altas é a CG3 e que já foi submetida a três ciclos de seleção com ênfase em produtividade de grãos, resistência à doenças e ao acamamento e qualidade de grãos.

Para a constituição da população CG3, inicialmente 263 linhagens precoces foram selecionadas em todas as gerações do programa de melhoramento de

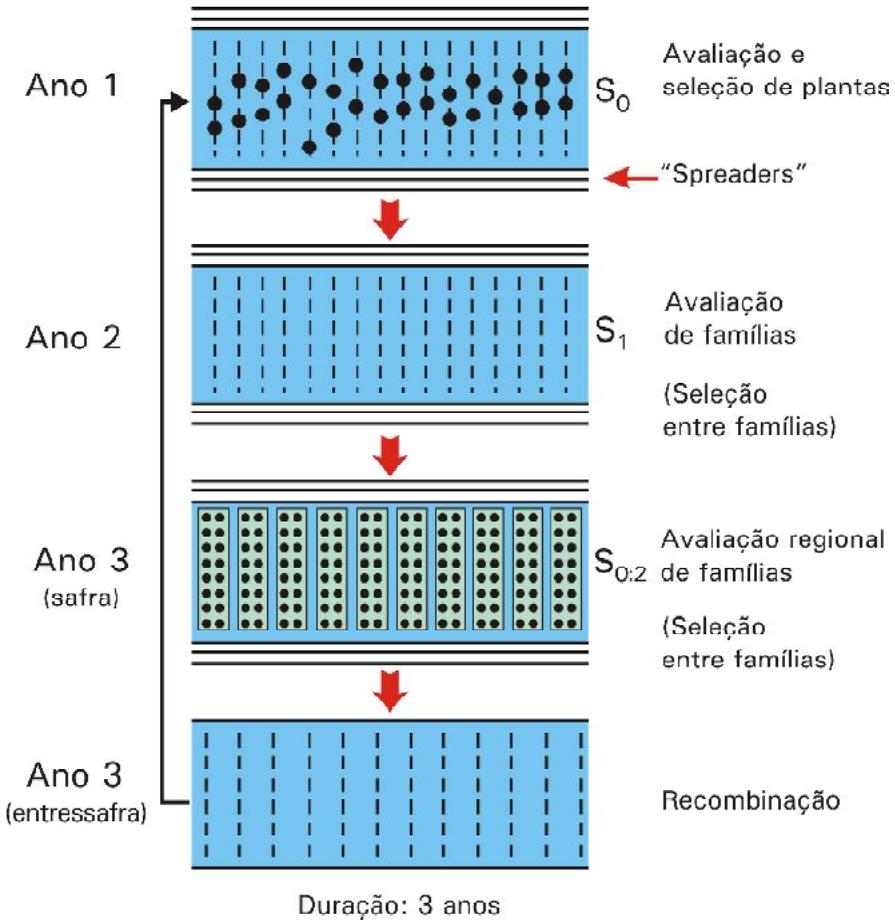
arroz de terras altas da Embrapa, em Santo Antônio de Goiás, durante os anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96. Dessas linhagens, 11 eram consideradas fixadas e 252 eram famílias derivadas de plantas F1 ou F2 de 153 cruzamentos envolvendo dois ou mais genitores. Para a definição dos parentais definitivos da população CG3, todo esse material genético pré-selecionado foi avaliado em quatro ensaios instalados em Santo Antônio de Goiás (GO), Lavras (MG), Rondonópolis (MT) e Teresina (PI), durante o ano agrícola 1996/97, utilizando o delineamento de blocos aumentados de Federer, BAF (FEDERER, 1956). Baseando-se nos resultados dessa rede de ensaios, 59 genitores foram identificados e recombinados para constituir a população CG3, seguindo-se um esquema de dialelo incompleto onde cada genitor participava de apenas quatro cruzamentos, duas vezes como pai e duas vezes como mãe e de tal sorte a evitar combinações de genitores igualmente deficientes em relação a uma mesma característica, exemplo "acamador versus acamador", "susceptível versus susceptível" a doenças etc.

Conforme expõe A. van Schoonhoven, ex-diretor do Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Colômbia, no prefácio do livro "Selección Recurrente em Arroz" (GUIMARÃES, 1997), apenas recentemente a seleção recorrente passou a ser efetivamente empregada no melhoramento de arroz, com amplas possibilidades de sucesso. Atualmente, esta estratégia de melhoramento (populacional) encontra-se amplamente difundida particularmente na América Latina, apesar de encontrar-se na maior parte dos casos nos estádios iniciais do processo (GUIMARÃES, 2000). No Brasil, em arroz irrigado, já foram divulgados resultados convincentes de sua eficiência (RANGEL et al., 2002, 2007), utilizando um esquema intensivo de manejo das populações com duas gerações por ano, o que permite completar um ciclo de seleção, baseada em informações de famílias  $S_{0,2}$ , em dois anos. Em arroz de terras altas, cujo programa se consolidou cerca de dois anos após o de arroz irrigado, preferiu-se, em nível de pré-melhoramento, envolver-se com maior número de populações (seis) e implementar ciclos de seleção de duração de três anos.

No presente trabalho será apresentado um exemplo da eficiência da seleção recorrente em arroz de terras altas por meio da comparação dos ganhos observados nos dois primeiros ciclos de seleção na população CG3, com os ganhos dos programas convencionais de melhoramento de arroz de terras altas já estimados.

## Material e Métodos

No período de 1997 a 2006, três ciclos de seleção foram implementados na CG3. Cada ciclo tinha caracteristicamente quatro fases, conforme mostra a Fig. 1: avaliação e seleção de plantas  $S_0$ ; avaliação das progênes das plantas selecionadas (famílias  $S_1$ ); avaliação multilocal das famílias  $S_{0,2}$ , oriundas da colheita das famílias  $S_1$  selecionadas; recombinação das famílias de melhor desempenho nos ensaios multilocais.



**Fig. 1.** Diferentes fases de um ciclo de seleção recorrente a que foi submetida a população CG3.

Após a recombinação, a população  $S_{0,1}$  ou conjunto de plantas F1 estratificadas em cruzamentos conhecidos, foi semeada em baixa densidade (12 a 15 plantas por metro de sulco), em espaçamento de 30 cm entre sulcos. Após a germinação, desbastes foram realizados, de tal forma a deixar plantas totalmente individualizadas para facilitar a seleção. A avaliação visual e seleção de plantas foram realizadas na fase de colheita, quando sempre se preferiam plantas de menor altura, ciclo curto, sadias, com grãos lisos e de classe longo-fino (VIEIRA, 2004) e com panículas mais densas e longas. O tamanho da população  $S_{0,1}$  era de cerca de 20.000 plantas (duas fileiras de 5 m de comprimento/cruzamento, dez plantas por metro de fileira, e aproximadamente 200 cruzamentos por ciclo de seleção) e geralmente se selecionava entre 800 a 1.000 plantas (quatro a cinco plantas por cruzamento).

No ano agrícola seguinte, as progênies das plantas selecionadas (famílias  $S_1$ ) eram semeadas em parcela de quatro fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 30 cm, em densidade moderada (25 a 30 sementes por metro), em função da escassez de sementes para utilização de densidade normal. Paralelamente, uma pequena fileira de 0,5 m de comprimento, era semeada (50 sementes/ 0,5 m) em canteiro de brusone, conforme Moraes et al. (2006), para avaliação de resistência das famílias à incidência de *Pyricularia grisea*, a doença mais importante da cultura de arroz (PRABHU et al., 2006). Baseando-se nas características de arquitetura, resistência ao acamamento e a doenças, principalmente de brusone foliar (informações oriundas do canteiro de brusone) e de panículas, além de características relacionadas à produtividade de grãos, como capacidade de perfilhamento, comprimento de panícula e densidade de grãos na panícula, geralmente se praticava uma pré-seleção de 300 a 400 famílias  $S_1$ , que eram submetidas à análise indireta de qualidade de grãos, pela avaliação da temperatura de gelatinização dos grãos. Conforme Vieira (2004), essa característica relaciona-se com a temperatura de cozimento, na qual a água é absorvida e os grânulos de amido aumentam irreversivelmente de tamanho. Após essa avaliação, as famílias com temperatura de gelatinização classificada como alta eram eliminadas.

As famílias  $S_{0,2}$ , oriundas da colheita das famílias  $S_1$ , foram submetidas a avaliação de produtividade de grãos em ensaios instalados em Santo Antônio de Goiás-GO (ciclos 2 e 3), Goianira-GO (ciclos 2 e 3), Lavras-MG (ciclos 1 e 3), Primavera do Leste-MT (ciclo 1), Sinop-MT (ciclos 2 e 3), Vilhena-RO (ciclo 1) e Teresina-PI (ciclos 1, 2 e 3), sempre utilizando o delineamento

BAF, sem repetição por local, com parcelas de quatro fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 30 cm e semeadas com 60 sementes por metro linear de sulco. Foram utilizadas as seguintes cultivares testemunhas (tratamentos comuns aos blocos): Carajás, Primavera e Guarani (em todos os ciclos), linhagem CNA8097 (ciclo 1) e BRS Bonança (ciclos 2 e 3). O número de famílias  $S_{0.2}$  avaliadas e selecionadas por ciclo de seleção foi variável: respectivamente 131 e 48, no ciclo 1; 269 e 48, no ciclo 2; 244 e 50, no ciclo 3. As características avaliadas nos ensaios de famílias  $S_{0.2}$  foram: produtividade de grãos, número de dias para a floração média, altura de planta da base do colmo à extremidade da panícula, intensidade de acamamento e incidência de brusone nas panículas, mancha parda, escaldadura foliar e de mancha de grãos. Todas as avaliações foram feitas de acordo com as recomendações do manual de pesquisa em arroz (EMBRAPA, 1977).

Em todos os ensaios de campo, as práticas de manejo referentes a preparo do solo e adubação, bem como controle de plantas daninhas e de pragas foram feitas de acordo com as recomendações técnicas para o cultivo de arroz de terras altas (SANTOS et al., 2006).

Em todas as análises estatísticas foi utilizado o procedimento "PROC GLM" do módulo STAT do Sistema SAS (SAS INSTITUTE, 1985). Os fatores ano, local e blocos foram considerados aleatórios e as interações tratamento\*ano e tratamento\*local (ano) foram considerados componentes adicionais do erro experimental, pois apenas três das cinco testemunhas utilizadas foram comuns a todos os ciclos e mesmo dentro de cada ciclo nem todas as famílias avaliadas foram colhidas em todos os locais. Nesta situação, as médias de tratamentos se tornam funções não estimáveis se as referidas interações forem consideradas componentes do modelo estatístico (SEARLE, 1971).

Os ganhos observados entre os ciclos 1 e 2 e entre este e o 3, bem como o ganho médio ponderado foram estimados pelo método das médias ajustadas (BRESEGHELLO et al., 1998), adaptado por Morais et al. (2000) para a situação em que os tratamentos comuns entre os diferentes ciclos são apenas cultivares-testemunha. Esta adaptação foi empregada por Rangel et al. (2002), em avaliação de ganhos observados em população de arroz irrigado, também melhorada por seleção recorrente.

## Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontram-se relacionadas as médias das testemunhas e das famílias  $S_{0,2}$  avaliadas em cada ciclo de seleção bem como as respectivas médias ajustadas para efeito de ano de avaliação de cada conjunto de famílias. As médias de produtividade de grãos das testemunhas em cada ciclo de seleção refletem as condições ambientais médias em que as plantas se desenvolveram e, por isto, pode-se considerar que o primeiro ciclo foi submetido a condições mais favoráveis que o segundo e este mais que o terceiro, mas em todas as situações os níveis de precisão experimental foram similares e, considerando as características da cultura, bastante sensível à variação ambiente, podem ser consideradas como de magnitude média (COSTA et al., 2002).

As características avaliadas por nota (1 a 9) mostraram coeficientes de variação mais altos, devido à natureza intrínseca da característica, mais sujeita a influência do ambiente. De acordo, com a classificação de Costa et al. (2002), os coeficientes de variação de brusone no pescoço, mancha parda, escaldadura e mancha de grãos podem ser considerados médios, e os de acamamento, de médio, no primeiro ciclo, a muito alto, no último ciclo.

A Tabela 1 já indica a presença de ganhos relevantes para produtividade de grãos com os sucessivos ciclos de seleção. No primeiro ciclo, as famílias avaliadas se revelaram significativamente menos produtivas que as cultivares-elites utilizadas como testemunhas. No segundo ciclo, os dois grupos de tratamentos já se mostraram igualmente produtivos, mas no terceiro ciclo já é nítida a superioridade média das famílias avaliadas em relação às testemunhas.

Em nenhum dos ciclos de seleção se praticou, em nível de famílias  $S_{0,2}$ , seleção baseando-se em informações de número de dias para o florescimento, altura de planta e incidência de mancha parda, escaldadura foliar e mancha de grãos. Estas características foram avaliadas unicamente para monitorar o comportamento da população em relação às mesmas no decorrer do processo seletivo. Tem-se observado uma tendência de aumento de duração do ciclo vegetativo da população e nenhuma variação relevante quanto à resistência a estas enfermidades mencionadas, em relação às quais a população é tão boa quanto às testemunhas. Devido a importância do menor ciclo para o arroz de terras altas, não se deverá permitir nos futuros ciclos de seleção, nenhum aumento no número de dias para o florescimento.

**Tabela 1.** Médias de produtividade de grãos, PROD; número de dias para a floração média, FLO; altura de planta, ALT; acamamento, ACA; incidência de brusone no pescoço da panícula, BP; mancha parda, MP; escaldadura foliar, ESC; e de mancha de grãos, MG, nos três primeiros ciclos de seleção da CG3. Anos agrícolas 1999/00, 2002/03 e 2005/06.

Característica	Grupo genético	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Médias ajustadas	
					Estimativa	%
Produtividade (Kg/ha)- PROD	Testemunhas	3773 a	3126 a	2752 b	3181 b	110,7
	Famílias C1	3462 b	-	-	2873 c	100,0
	Famílias C2	-	3130 a	-	3186 b	110,9
	Famílias C3	-	-	3067 a	3493 a	121,6
CV (%)		19,52	20,02	20,18	20,06	-
Número de dias para a floração média - FLO	Testemunhas	76,4 a	75,0 a	78,4 a	76,9 a	107,8
	Famílias C1	70,8 b	-	-	71,3 d	100,0
	Famílias C2	-	71,4 b	-	73,3 c	102,8
	Famílias C3	-	-	76,4 b	74,7 b	104,8
CV (%)		4,03	3,72	3,18	3,53	-
Altura de planta (cm) – ALT	Testemunhas	102,7 a	104,1 a	103,9 a	103,6 b	98,8
	Famílias C1	103,9 a	-	-	104,8 ab	100,0
	Famílias C2	-	106,2 a	-	105,7 a	102,0
	Famílias C3	-	-	105,2 a	104,9 a	100,1
CV (%)		5,59	6,45	7,34	6,69	-
Acamamento (1-9) - ACA	Testemunhas	3,2 a	3,2 a	2,4 a	2,9 a	111,5
	Famílias C1	2,9 a	-	-	2,6 ab	100,0
	Famílias C2	-	1,9 b	-	1,6 c	55,2
	Famílias C3	-	-	1,6 b	2,1 bc	80,8
CV (%)		60,90	85,25	87,63	81,02	-
Brusone no pescoço (1-9) - BP	Testemunhas	1,7 b	3,7 a	4,7 a	3,3 b	86,8
	Famílias C1	2,2 a	-	-	3,8 a	100,0
	Famílias C2	-	3,4 a	-	3,1 c	81,6
	Famílias C3	-	-	4,4 b	3,0 c	78,9
CV (%)		37,51	34,85	34,34	36,24	-
Mancha parda (1-9) – MP	Testemunhas	2,2 a	3,0 a	2,2 b	2,5 b	104,2
	Famílias C1	2,2 a	-	-	2,4 ab	100,0
	Famílias C2	-	3,1 a	-	2,5 ab	104,2
	Famílias C3	-	-	2,4 a	2,6 a	108,3
CV (%)		34,41	24,83	22,57	26,06	-
Escaldadura (1-9) - ESC	Testemunhas	2,8 a	3,0 a	2,8 a	2,8 a	100,0
	Famílias C1	2,7 a	-	-	2,8 a	100,0
	Famílias C2	-	3,0 a	-	2,9 a	103,6
	Famílias C3	-	-	2,7 a	2,7 a	96,4
CV (%)		27,60	22,75	30,78	27,47	-
Mancha de grãos (1-9) - MG	Testemunhas	2,4 b	2,8 a	2,7 b	2,6 b	81,2
	Famílias C1	3,0 a	-	-	3,2 a	100,0
	Famílias C2	-	2,7 a	-	2,5 b	78,1
	Famílias C3	-	-	3,0 a	3,0 a	94,0
CV (%)		34,54	32,76	30,97	32,50	-

OBS: Em cada coluna e para cada característica, a variância do contraste entre duas médias seguidas pela mesma letra não é significativa pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

Mesmo sem esforço de redução da altura de planta, tem-se evitado selecionar famílias que se revelam acamadoras, o que deve ser a causa de as famílias dos dois últimos ciclos revelarem uma incidência média de acamamento menor do que as testemunhas, o que não ocorrera no primeiro ciclo. Quanto à incidência de brusone no pescoço, as médias da Tabela 1 são mais reveladoras de algum progresso. No primeiro ciclo, as famílias avaliadas eram, em média, mais sensíveis, enquanto no último ciclo, as famílias da população já se mostraram mais resistentes.

Na Tabela 2 encontram-se relacionadas as estimativas de alguns parâmetros da população relativos à produção de grãos e à resistência à brusone nos três ciclos de seleção. As estimativas de médias, ajustadas para efeitos de anos de condução dos ensaios, são as mesmas alistadas na penúltima coluna da Tabela 1. Como há uma certa variação nos locais de avaliação em cada ciclo, aos efeitos de anos encontram-se também associados os efeitos da variação de local de um ciclo de seleção para outro. No caso da produtividade de grãos, a Fig. 2 mostra a evolução das famílias avaliadas, dos grupos selecionados e a magnitude do diferencial de seleção em cada ciclo. Observa-se que a despeito de uma certa redução na variação genotípica, conforme revelam as estimativas de herdabilidade no sentido amplo,  $h^2_a$ , os diferenciais de seleção crescem do ciclo 1 para os ciclos 2 e 3, certamente em função da maior intensidade de seleção praticada nestes dois últimos ciclos. O tamanho do grupo selecionado nos ciclos 2 e 3 representam 18,22 e 20,49%, respectivamente, do número de famílias avaliadas, enquanto no primeiro ciclo este percentual era de 36,64%. Isto evidencia que o desempenho do melhoramento é função direta, entre outros fatores, da sua capacidade de avaliação, conforme comentam Morais et al. (2000).

Era prevista a redução das estimativas dos parâmetros de variabilidade genética do ciclo 1 para os subsequentes (MORAIS, 2005), mas surpreende a forte redução do coeficiente de variação genética, CVg, e de  $h^2$  observada entre os ciclos 1 e 2, principalmente por ter-se tido a preocupação de se selecionar uma amostra de elevado tamanho efetivo, que, conforme exposto por Morais (1997), deve situar acima de 40, apesar de haver algum nível de relacionamento genético entre as 48 famílias selecionadas, no ciclo 1. Tamanhos efetivos desta magnitude são bastante conservadores (PEREIRA, 1980; HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1981). Convém considerar, contudo, que não se trata de uma população que passara por uma fase intensa de recombinação e que sua frequência gênica jamais estaria em equilíbrio de Hardy-Weinberg, quando o processo de melhoramento se iniciou. E, portanto,

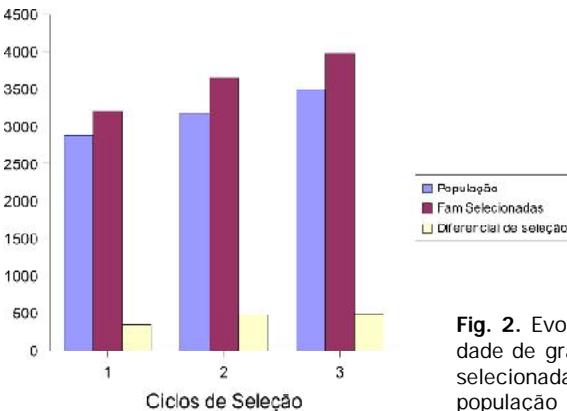
possível que na recombinação ocorrida no ciclo 2 (a terceira recombinação da CG3) tenham surgido recombinantes transgressivos (STRICKBERGER, 1985) capazes de provocar um aumento da variação genética da população no ciclo subsequente, como sugere a recuperação de maiores estimativas de CVg e de  $h^2$  no ciclo 3.

**Tabela 2.** Estimativas de alguns parâmetros da população CG3 e resposta à seleção nos três primeiros ciclos de seleção para produtividade de grãos e para para incidência de brusone no pescoço.

Característica	Parâmetros da população	Ciclo de seleção		
		1	2	3
Produtividade de Grãos Kg/ha	Média <sup>1</sup> da população	2872,8 ± 75,5	3186,0 ± 59,4	3493,2 ± 52,8
	CVg(%)	10,95	5,45	6,76
	$h^2$ (sentido amplo)	0,4944 ± 0,0639	0,2280 ± 0,0700	0,3791 ± 0,0589
	Média <sup>1</sup> das famílias selecionadas	3209,3 ± 85,8	3656,7 ± 73,12	3986,4 ± 66,1
	Diferencial de seleção	336,4 ± 40,7	470,7 ± 42,4	493,3 ± 39,5
	Ganho observado	313,1 ± 117,0	307,3 ± 89,2	-
	Ganho médio/ciclo: 309,6 ± 54,6 (3,6%/ano, em relação à média da população no ciclo 1)			
BP <sup>2</sup> de 1 a 9	Média <sup>1</sup> da população	3,84 ± 0,14	3,08 ± 0,14	2,96 ± 0,12
	CVg(%)	5,34	9,58	21,82
	$h^2$ (sentido amplo)	0,2054 ± 0,1367	0,1569 ± 0,0863	0,4212 ± 0,0591
	Média <sup>1</sup> das famílias selecionadas	3,60 ± 0,17	2,87 ± 0,17	2,37 ± 0,15
	Diferencial de seleção	-0,24 ± 0,08	-0,20 ± 0,10	-0,59 ± 0,08
	Ganho observado	-0,76 ± 0,25	-0,12 ± 0,20	-
	Ganho médio/ciclo: -0,39 ± 0,11 (-3,4%/ano, em relação à média da população no ciclo 1)			

<sup>1</sup> Médias ajustadas para efeito de ano de realização dos ensaios

<sup>2</sup> Menor nota implica em maior resistência



**Fig. 2.** Evolução das médias de produtividade de grãos da população e das famílias selecionadas nos três primeiros ciclos da população CG3.

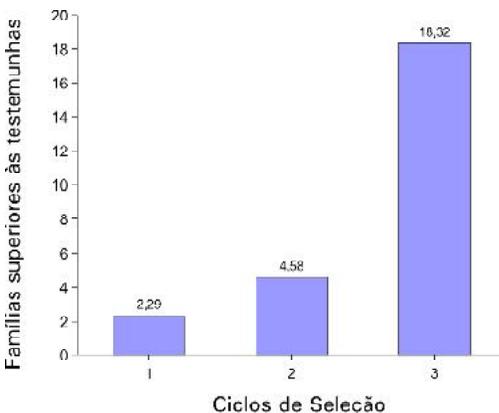
Os ganhos observados com a seleção no ciclo 1 e no ciclo 2 foram similares. A menor variabilidade genética nesse último ciclo foi compensada pela adoção de uma maior intensidade de seleção oriunda não da redução da amostra selecionada, mas da avaliação de uma população maior. A razão entre as estimativas de ganho observado e diferencial de seleção relacionadas na Tabela 2 fornece valores elevados de herdabilidade realizada (RAMALHO et al., 1993), 93,07 e 65,28% para os ciclos 1 e 2 respectivamente. Conforme comentado por Morais et al. (2000), os ganhos observados estimados pela evolução do desempenho das famílias  $S_{0,2}$ , obtidas de acordo com o exposto neste trabalho, capitalizam também os ganhos oriundos da seleção em  $S_0$  e em  $S_1$ . Em  $S_0$ , os ganhos para produtividade de grãos, caso existam, devem ser pequenos, por basear-se na avaliação visual de plantas (CUTRIM et al., 1997), mas em  $S_1$  há chances de se conseguir resultados não desprezíveis, já que se baseia na avaliação de uma unidade de observação representada por parcela (quatro fileiras de cinco metros, espaçadas de 30 cm), cujo desempenho é mais eficientemente julgado por avaliação visual (FREY, 1962).

O ganho médio conseguido com a seleção nos dois primeiros ciclos foi de 309,6 kg/ha por ciclo de seleção (Tabela 2). Como cada ciclo de seleção dura três anos, essa estimativa corresponde a um ganho anual de 3,6% da média das famílias avaliadas no primeiro ano, representando cerca de três vezes ao que se tem observado com o melhoramento convencional de arroz de terras altas, principalmente quando se consideram o grupo de linhagens precoces (ABBUD, 1991; SOARES et al., 1999, 2004; MORAIS et al., 2005; BRESEGHELLO et al., 2006; SOUZA et al., 2007), ciclo característico da população CG3.

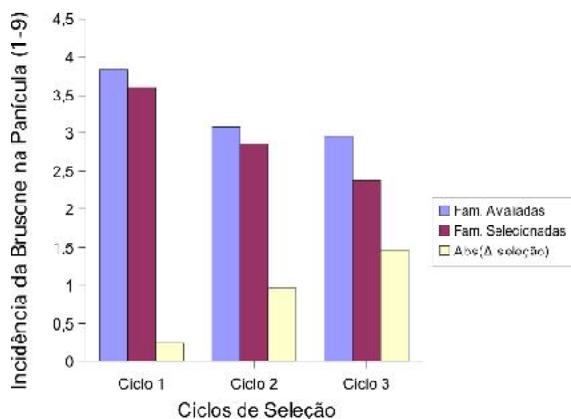
Na Fig. 3 também se visualiza o progresso conseguido. No primeiro ciclo, apenas 2,3% das famílias mais produtivas superavam significativamente ( $p < 0,05$ ) as testemunhas, quanto à produtividade de grãos. No segundo ciclo, esta proporção dobrou de magnitude e no terceiro ciclo chegou a 18,3%.

Em relação à resistência a brusone no pescoço da panícula, a Tabela 2 também mostra resultados positivos e surpreendentemente com evidências de crescimento da herdabilidade e do coeficiente de variação genética, este último certamente também favorecido pelas sucessivas reduções da média das famílias avaliadas resultante da resposta à seleção. O ganho observado entre o ciclo 1 e 2 foi altamente relevante, representando 19,8% da média inicial da população que era significativamente mais suscetível que o conjunto das testemunhas. Entre o ciclo 2 e o ciclo 3, a resposta observada à seleção não foi significativa

( $p > 0,05$ ) porque no segundo ciclo foi dada mais ênfase na seleção para qualidade de grãos além de produtividade. Inicialmente, a população era mais suscetível que as testemunhas, mas no segundo e terceiro ciclo de seleção, as famílias  $S_{0,2}$  avaliadas em ensaios regionais foram significativamente menos acometidas pela doença. A Fig. 4 evidencia a resposta conseguida. Em média, o ganho observado entre o primeiro e o terceiro ciclo de seleção foi de 0,39 pontos na escala de 1 a 9, representado 3,4% ao ano em relação ao nível de incidência observada nas famílias  $S_{0,2}$  do primeiro ciclo, conforme se vê na última linha da Tabela 2. No terceiro ciclo, quando as estimativas dos parâmetros de variação genética se revelaram mais expressivas, se voltou a enfatizar ganho para resistência à brusone e, por isso se esperam resultados mais favoráveis em relação a esta característica entre o terceiro e o quarto ciclo. O fungo *P. grisea*, causador da brusone, apresenta inúmeras raças cuja presença na população do patógeno se altera frequentemente, em função principalmente das cultivares utilizadas nos plantios comerciais (PRABHU et al., 2006). Assim, a resistência das novas cultivares frequentemente liberadas tem apresentado pequena duração (PANTOJA et al., 1997). Além disso, em ensaios multilocais de programas de melhoramento, famílias ou linhagens resistentes em um ambiente pode não o ser em em outro, provocando aumento da interação genótipo *versus* ambiente e reduzindo a herdabilidade (local como fator aleatório), conforme comentam Prabhu e Morais (1993). Assim, já não se esperavam altas estimativas de  $h^2$  e de CVg. Já o aumento das estimativas desses parâmetro no terceiro ciclo pode ser explicado, pelo menos em parte, pelo fato de o conjunto gênico ir se tornando cada vez mais resistente às diferentes variações do patógeno, à medida que se avançam com os sucessivos ciclos de seleção.



**Fig. 3.** Frequência de famílias  $S_{0,2}$  significativamente mais produtivas que o grupo testemunhas ( $p = 0,05$ ), nos três primeiros ciclos de seleção.



**Fig. 4.** Evolução das médias das famílias avaliadas e das famílias selecionadas quanto à incidência de brusone no pescoço, nos três primeiros ciclos de seleção recorrente, na população CG3.

O melhoramento da CG3 e de outras cinco populações, CG1, CG2, CNA6, CNA7 e CNA10, dentro do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa é considerado ação de pré-melhoramento e visa fundamentalmente o desenvolvimento de populações de alto potencial como material genético básico para seleção de linhagens de alto desempenho agrônomico e como fonte adicional de genitores alternativos para o extrato elite do programa que se fundamenta no cruzamento entre genitores de alta performance (MORAIS et al., 2005; BRESEGHELLO et al., 2006). Com o primeiro propósito foram selecionadas nos ciclos 1 e 2, respectivamente, 41 e 54 famílias, que foram incorporadas à geração de endogamia correspondente (F4) do programa elite de desenvolvimento de linhagens. Em três gerações, competindo com seus pares oriundos de cruzamentos entre genitores elites, as linhagens extraídas destas famílias foram todas eliminadas, por vários motivos, sobressaindo os relacionados com características de grãos, suscetibilidade à brusone e ao acamamento, além de menor capacidade produtiva, quando comparadas com as linhagens elites do programa. Em relação às testemunhas utilizadas na avaliação das famílias  $S_{0,2}$ , observa-se pela Tabela 3 que, em termos médios, as famílias selecionadas para esta finalidade eram competitivas, principalmente as do ciclo 2 que mostravam em conjunto maior produtividade de grãos, menor intensidade de acamamento e menor suscetibilidade à brusone e à mancha-de-grãos.

**Tabela 3.** Médias de produtividade de grãos (PROD), número de dias para a floração média (FLOR), Altura de planta (ALT) e incidência de acamamento (ACA), brusone no pescoço (BP), mancha-parda (MP), escaldadura foliar (ESC) e de mancha de grãos (MG) do grupo de cultivares-testemunha e de seis famílias da CG3 selecionadas para o programa de desenvolvimento de linhagens (CG3, terceiro ciclo de recombinação, 2003/04 – 2005/06).

Grupo testemunha ou Famílias	PROD (k/ha)	FLOR (Dias)	ALT (cm)	ACA (1-9)	BP (1-9)	MP (1-9)	ESC (1-9)	MG (1-9)	
Testemunhas	3192	77	104	2,9	3,3	2,5	2,8	2,6	
Fam. Sel. Ciclo 1 (41) <sup>1</sup>	3232	71*	105	2,3	3,6	2,3	2,6	2,8	
Fam. Sel. Ciclo 2 (54)	3590*	73*	106*	1,2*	3,0*	2,5	2,8	2,3*	
Fam. Sel. Ciclo 3 (6)	4248*	74*	103	1,9	1,8*	2,5	2,1	2,4	
Fam. ciclo 3 selecionadas	CNAx12448-3-B	4432*	72	100	2,2	2,0	2,3	2,2	2,5
	CNAx12531-3-B	4168*	72	104	1,3	1,8*	2,4	2,2	2,5
	CNAx12532-1-B	4538*	71*	109	3,7	0,7*	2,7	2,0	2,5
	CNAx12561-2-B	4093*	71*	95*	2,0	2,5	2,7	2,0	2,4
	CNAx12563-3-B	4040*	79	102	1,8	2,0	2,5	2,4	2,1
	CNAx12566-1-B	3860*	78	106	0,8*	1,8	2,5	2,2	2,9

\* A variância do contraste em relação à média do grupo testemunha é significativa pelo teste F ( $p = 0,05$ ).

<sup>1</sup> Entre parênteses o número de famílias selecionadas por ciclo como fonte potencial de linhagem.

Com a experiência dos dois primeiros ciclos de seleção, procurou-se no terceiro aumentar a exigência na seleção de famílias para a finalidade de extração de linhagens. Foram utilizadas apenas seis famílias de alto desempenho produtivos, em média 18,3% mais produtivas que as 54 famílias selecionadas no segundo ciclo, ainda de melhor nível de resistência à brusone no pescoço e com maior nível de resistência à escaldadura foliar (contrastes entre os dois grupos significativos pelo teste F,  $p = 0,05$ ). Há, portanto, maior probabilidade de aproveitamento de linhagens extraídas destas famílias de terceiro ciclo, apesar de que deverão competir com um grupo de linhagens de performance ainda melhor devido à dinâmica natural do programa elite.

Tem-se exercitado também a utilização de famílias das populações sob seleção recorrente como fonte de alelos novos para o programa elite. No caso da CG3, quatro famílias (CNAx8592-2-B, CNAx8601-2-B, CNAx8609-4-B e CNAx8611-1-B) foram cruzadas com representantes do conjunto de genitores da população-elite do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa, em recombinação durante o ano agrícola 2003/04, conforme descrito por Moraes et al. (2005). Em cada cruzamento, cada família foi representada por cinco plantas (MORAIS, 1997). Na geração F2, 2005/06, todos os

cruzamentos (177 ao todo) foram avaliados em ensaios de rendimento, instalados em Santo Antônio de Goiás (GO), Sinop (MT), Vilhena (RO), Paragominas (PA) e Teresina (PI), utilizando o delineamento experimental BAF, sem repetição por local, com quatro testemunhas comuns em todos os blocos. As médias de todos os cruzamentos-teste envolvendo cada família (seis a 11 cruzamentos/família) encontram-se na Tabela 4 e foram comparadas com a média de 146 cruzamentos envolvendo genitores da população-elite. Está se chamando de cruzamento-teste o conjunto de todos os cruzamentos envolvendo uma determinada família  $S_{0,2}$ , com a população-elite. Três destes cruzamentos-teste não apresentaram nenhuma vantagem comparativa em relação ao conjunto de cruzamentos envolvendo exclusivamente pares de genitores da população-elite, a não ser alguma ligeira redução de ciclo vegetativo em dois casos e uma menor intensidade de incidência de mancha-de-grãos em um terceiro. Envolvem as famílias CNAx8601-2-B, CNAx8609-4-B e CNAx8611-1-B que não devem apresentar capacidade geral de combinação positivas e de magnitude relevante com a população-elite, ou seja, não devem conter alelos importantes e complementares que, se incorporados na população alvo, impactariam positivamente o seu desempenho. Não significa, todavia, que não devam apresentar capacidade de combinar bem com algum dos genitores-elite. Isto foi aliás observado. Um dos cruzamentos envolvendo a CNAx8601-2-B (BRA 01593 / CNAx8601-2-B) produziu 4.186kg/ha e difere significativamente da média da população-elite, mas cruzamentos com desempenhos produtivos ainda melhores foram obtidos entre pares de genitores-elite.

**Tabela 4.** Médias de produtividade de grãos (PROD), número de dias para a floração média (FLOR), Altura de planta (ALT) e incidência de acamamento (ACA), brusone no pescoço (BP), mancha-parda (MP), escaldadura foliar (ESC) e de mancha de grãos (MG) dos cruzamentos-teste de quatro famílias do segundo ciclo de seleção da CG3 com representantes da população elite (PE) do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa Arroz e Feijão. Ano agrícola 2005/06.

Grupos Genéricos	PROD (t/ha)	FLOR (Dias)	ALT (cm)	ACA (1-9)	BP (1-9)	MP (1-9)	ESC (1-9)	MG (1-9)
CNAx8592-2-B versus PE (11)	3780*	74	106	1,2	3,5	3,9	3,2	3,3*
CNAx8601-2-B versus PE (6)	3392	74	106	2,8*	4,3	3,6	3,0	3,2*
CNAx8611-1-B versus PE (8)	3327	72*	103	1,2	4,3	3,9	3,1	4,4*
CNAx8609-4-B versus PE (6)	3136	70*	106	1,8	4,2	3,6	3,1	4,0
Cruzamentos (F2) da População-elite	3408	74	104	1,5	4,1	3,6	2,8	3,9
CV (%)	22,03	3,60	7,91	69,92	32,34	27,15	30,57	27,14

\* A variância do contraste em relação à média da população elite é significativa pelo teste F ( $p=0,05$ ).

O cruzamento-teste que tem como genitor comum a CNAs8592-2-B se destacou em relação à média dos cruzamentos da população-elite quanto à produção de grãos e não apresentou desempenho negativo em relação a nenhuma das demais características avaliadas. As médias de produtividade de grãos de todos os seus 11 cruzamentos componentes têm magnitude mais elevada que a média da população elite e todos foram incorporados no elenco de cruzamentos selecionados para o programa de desenvolvimento de linhagens, que seguem os procedimentos descritos por Morais et al. (2005). Em função dos resultados do seu cruzamento-teste, a CNAs8592-2-B deve contribuir com alelos novos para a população elite que nela poderá ser efetivamente incorporada se alguma família derivada desse cruzamento-teste for selecionada como genitor em futura recombinação. A recombinação da população-elite que oferecerá oportunidade a essa provável incorporação de alelos da CNAs8592-2-B deverá ocorrer em 2010, seguindo-se o cronograma padrão do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa, relatado na publicação de Morais et al. (2005).

## Conclusões

1. A seleção recorrente é eficiente no melhoramento para maior produtividade de grãos e para maior resistência à brusone.
2. Com o melhoramento da população, aumenta-se a frequência de indivíduos de melhor desempenho.
3. Com a seleção recorrente na população CG3, obtêm-se genitores alternativos, fontes de alelos novos para o melhoramento da população-elite.

## Referências

ABBUD, N. S. **Melhoramento genético do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) no Estado do Paraná**. 1991. 141 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de. **Progresso genético pelo melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa para os Estados de Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 24 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).

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, 1998.

COSTA, N. H. de A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novos métodos de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

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.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Manual de métodos de pesquisa em arroz**. Goiânia, 1977. 106 p.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais do arroz: Brasil - 1986 a 2005**. Disponível em: < <http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm> > . Acesso em: 7 maio 2005.

FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v. 55, n. 2, p. 191-208, 1956.

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, 2004.

FREY, K. J. Effectiveness of visual selection upon yield in oat crosses. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 102-105, 1962.

GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Avances en el mejoramiento poblacional en arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 311 p.

GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. 239 p.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468 p.

MORAIS, O. P. de. Genetic mean and variability in recurrent selection. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Population improvement: a way of exploiting the rice genetic resources of Latin America**. Rome: FAO, 2005. p. 19-35.

MORAIS, O. P. de. Tamaño efectivo de la población. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. Cali: CIAT, 1997. p. 25-44. (CIAT. Publicación, 267).

MORAIS, O. P. de; PRABHU, A. S.; CASTRO, E. da M. de. Seleção para resistência à brusone no programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 2.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 8., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 96). 1 CD-ROM.

MORAIS, O. P. de; RANGEL, P. H. N.; FAGUNDES, P. R. R.; CASTRO, E. da M. de; NEVES, P. de C. F.; BRONDANI, C.; PRABHU, A. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de. Avanços do melhoramento genético do arroz no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 3., 2005. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2005. 1 CD-ROM.

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.

PANTOJA, A.; FISCHER, A.; CORREA-VICTORIA, F.; SAMINT, L. R.; RAMIREZ, A.; PASCON, E.; GARCIA, E. **MIP em arroz: integrado de pragas: artrópodos, enfermedades y malezas**. Caracas: Fundación Polar: FEDEARROZ: FLAR: CIAT, 1997. 141 p. (CIAT. Publicación, 292).

PEREIRA, M. B. **Progresso imediato e fixação de genes em um método de seleção**. 1980. 125 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PRABHU, A. S.; MORAIS, O. P. de. Resistência estável as doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p. 239-273, 1993.

PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. C. de; RIBEIRO, A. S. Doenças e seu controle. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2 ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 561-631.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, C.; MORAIS, O. P. de; SCHIOCCHET, M. A.; BORBA, T. C. de O.; RANGEL, P. N.; BRONDANI, R. P. V.; YOKOYAMA, S.; BACHA, R. E.; ISHI, T. Establishment of the irrigated rice cultivar SCSBRS Tio Taka by recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 7, n. 1, p. 103-110, mar. 2007.

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. 369-374, Sept. 2002.

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1118 p.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics. 5. ed. Raleigh, 1985. 956 p.

SEARLE, S. R. **Linear models**. New York: J. Wiley, 1971. 532 p.

SOARES, A. A.; SANTOS, P. G.; MORAIS, O. P. de; SOARES, P. C.; REIS, M. D. S.; SOUZA, M. A. 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.

SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; CASTRO, E. da M. de; MORAIS, O. P. de; RANGEL, P. H. N.; REIS, M. de S. Melhoramento genético de arroz em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 20-24, 2004.

SOUZA, M. A de; MORAIS, O. P. de; HERÁN, R. E. C.; CARGNIN, A; PIMENTEL, A. J. B. Progresso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 3, p. 371-376, mar. 2007.

STRICKBERGER, M. W. **Genetics**. New York: Macmillan, 1985. 842 p.

VIEIRA, N. R. de A. Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 94-100, 2004.

