

DESEMPENHO PRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE ARROZ ORIUNDOS DE HIBRIDAÇÃO INTERESPECÍFICA ENTRE *ORYZA SATIVA* E *ORYZA GLUMAEPATULA*, EM VÁRZEA DE RORAIMA

Antonio Carlos Centeno Cordeiro*

Roberto Dantas de Medeiros**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* x *Oryza glumaepatula*, nas condições de Roraima, visando indicar os de melhor performance para participar na formação de novas populações segregantes. Foram avaliados, no período de dezembro de 2007 e abril de 2008, 114 linhagens $F_{2:8}$ RC2 oriundas do cruzamento interespecífico entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula* e sete cultivares testemunhas CICA-8, Metica 1, SCS BRS Tio Taka, BR IRGA 409, BRS Fronteira, BRS Alvorada e a linhagem CNAi 9930, no delineamento experimental de látice triplo 11 x 11. As características mensuradas foram floração média (50%), altura de planta (cm), acamamento e doenças e produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Análises de variância individuais realizadas para todas as características, com exceção de doenças, cuja incidência foi muito baixa, e obtidas estimativas de herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genética (CVg), razão CVg/Cve, variâncias genotípica e fenotípica e ganho genético esperado com a seleção (GS) das melhores famílias, utilizando-se uma intensidade de seleção de 28%. Foram selecionados 32 genótipos que apresentaram alta produtividade média (9347 kg ha^{-1}) e outras características agrônômicas de interesse.

Palavras-chave: Espécie Silvestre. Melhoramento Genético. Arroz Irrigado.

* Eng. Agr., Doutor em Genética e Melhoramento, Pesquisador da Embrapa Roraima. Caixa Postal: 133. CEP 69301-970, Boa Vista, RR. E-mail: acarlos@cpafrr.embrapa.br

** Eng. Agr., Doutor em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Roraima. Caixa Postal: 133. CEP 69301-970, Boa Vista, RR. E-mail: roberto@cpafrr.embrapa.br

PRODUCTIVE PERFORMANCE OF RICE GENOTYPES RESULTING FROM INTERSPECIFIC HIBRIDIZATION BETWEEN *ORYZA SATIVA* E *ORYZA GLUMAEPATULA*, IN LOWLAND OF RORAIMA

ABSTRACT

The objective of this study was to assess genotypes derived from interspecific hybridization between *Oryza sativa* and *Oryza glumaepatula*, under conditions of Roraima, as to indicate the best performed to take place in formation of new segregant populations. During the period of December 2007 to April 2008, were assessed 114 lines $F_{2:8}$ RC2 derived from interspecific crossing between *Oryza sativa* and *Oryza glumaepatula* and seven controls cultivars CICA-8, Metica 1, SCS BRS Tio Taka, BR IRGA 409, BRS Fronteira, BRS Alvorada and line CNAi 9930 under triple lattice experimental design 11x11. The measured characteristics were average flowering (50%), plant height (cm), lodging and diseases and grain productivity (kg ha^{-1}). Individual variance analysis were performed for all characteristics, except for diseases, whose incidence was very low, and obtained heritability estimates (h^2), genetic variation coefficient (CVg), ratio CVg/Cve, genotypic and phenotypic variances and expected genetic gain with selection (GS) of the best families, making use of a selection intensity of 28%. 32 genotypes were selected which showed high average productivity (9347 kg ha^{-1}) and other agronomic characteristics of interest.

Keywords: Wild Species. Genetics Breeding, Irrigated Rice.

1 INTRODUÇÃO

Um dos objetivos dos programas de melhoramento genético é o aumento do potencial de produtividade das culturas. É provável que a reduzida base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento de arroz no Brasil represente um dos fatores os quais contribuem para o estabelecimento de patamares de produtividade (RANGEL et al., 1996; BRESEGHELLO et al., 1999; RANGEL et al., 2005), resultado do melhoramento intensivo das cultivares modernas, que reduziram o conjunto gênico utilizado. De acordo com Rangel et al. (2005), foram identificados apenas sete ancestrais como responsáveis por 70% da composição gênica das cultivares de arroz irrigado mais semeadas no país.

Isto leva a dois problemas: o primeiro é a alta vulnerabilidade das cultivares a estresses abióticos por serem geneticamente relacionadas (RANGEL et al., 2005; CORDEIRO, 2001), e o segundo é a redução de ganhos adicionais nos programas de seleção, em especial, para características quantitativas, como a produtividade de grãos. Neste sentido, trabalhos como os de Santos et al. (1999), Breseghello et al. (1999) e Rangel et al. (2000), mostraram que os ganhos genéticos para produtividade de grãos em arroz irrigado, quando obtidos, foram de pequena magnitude.

Destarte, o enriquecimento genético de coleções de germoplasma é fundamental, pois sem variabilidade genética não há avanços nos programas de melhoramento. Uma das opções, no caso do arroz, é a utilização de espécies silvestres que ocorrem no Brasil como é o caso da *Oryza glumaepatula*, a qual é entre as espécies conhecidas, a mais promissora para uso em hibridações interespecíficas, por ser autógama,

diploide e possuir genoma semelhante ao da espécie cultivada *Oryza sativa* L (BUSO et al., 2001; RANGEL et al., 2001; BRONDANI et al., 2002).

Essa espécie apresenta ampla distribuição geográfica, sendo encontrada nas áreas de várzeas de três dos principais biomas brasileiros: Amazônia, Pantanal e Cerrado. Como exemplo das expedições já realizadas para mapeamento e coleta, cita-se a realizada no estado de Roraima no ano de 2005. Várias populações de *Oryza glumaepatula* foram encontradas em áreas de cerrado próximas de buritizais no município de Bonfim e em áreas de várzeas do Parque Nacional do Viruá, no município de Caracaraí (RR). Essas passaram, então, a integrar a coleção de germoplasma de arroz silvestre mantida na Embrapa Arroz e Feijão, para avaliação e posterior uso nos programas de melhoramento (RANGEL, 2007).

Por outro lado, trabalhos de incorporação de genes de populações de *Oryza glumaepatula*, coletadas em outras regiões brasileiras já foram realizados como os de Brondani et al. (2002) que realizaram o cruzamento entre BG 90-2 (linhagem de *Oryza sativa*) x RS -16 (acesso de *Oryza glumaepatula*) e o de Rangel (2005), utilizando o cruzamento CICA-8 (*O. sativa*) x RS-16. O objetivo de ambos foi transferir genes úteis para um ambiente genético onde possam ser utilizados mais facilmente nos programas de melhoramento. A estratégia utilizada foi a técnica introgressão de genes desenvolvida por Tanksley e Nelson (1996), conhecida como Método Avançado de Retrocruzamento para *Quantitative Trait Loci* (QTL) o qual faz uso de mapas de ligação molecular e técnicas convencionais de melhoramento, permitindo

que um grupo de genes de uma planta exótica ou silvestre possa ser examinado em um conjunto gênico de uma cultivar ou linhagem elite.

Todo esse trabalho é realizado em rede de pesquisa coordenada pela Embrapa Arroz e Feijão com a colaboração de várias outras unidades da Empresa, como é o caso da Embrapa Roraima que participa na avaliação de famílias segregantes obtidas pelos cruzamentos interespecíficos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados no ano agrícola 2007/2008 (dez. 2007 a abr. 2008), em solo de várzea do rio Branco, no município do Cantá (RR), 121 genótipos de arroz irrigado (114 linhagens $F_{2:8}$ RC2 oriundas do cruzamento interespecífico entre *Oryza sativa* (Cultivar CICA-8) e *Oryza glumaepatula* (Linhagem RS-16) e sete testemunhas, cultivares CICA-8, Metica 1, SCS BRS Tio Taka, BR IRGA 409, BRS Fronteira, BRS Alvorada e a linhagem CNAi 9930.

As coordenadas geográficas locais de referência são 2° 48'29" N de latitude e 60° 39'19" W de longitude e 61 m de altitude. O clima da região é classificado por Köppen como Aw, com precipitação média anual de 1.600 mm e com os meses mais secos concentrados entre dezembro e março com 10% da precipitação anual. A vegetação primária ocorrente na região é de savana.

Os resultados da análise química e granulométrica das amostras de solo, classificado como Gleissolo Háptico Tb Distrófico, coletadas na área experimental, na camada de 0,0 a 0,20 m de profundidade, revelaram as seguintes características: pH = 5,2; MO = 11,9g kg⁻¹;

Assim, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar famílias (genótipos) oriundas de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* (cultivar CICA-8) x *Oryza glumaepatula* (RS-16), nas condições de Roraima, visando indicar as de melhor performance para participar na formação de novas populações segregantes de arroz irrigado portadoras de características agronômicas favoráveis e de alta produtividade e, conseqüentemente, fortalecer os programas de desenvolvimento de cultivares para uso nos principais sistemas de produção praticados no Brasil.

P = 2,16mg dm⁻³; K = 0,07cmolc dm⁻³; Ca = 0,64cmolc dm⁻³; Mg = 0,28cmolc dm⁻³; Al = 1,83cmolc dm⁻³; argila = 43%; silte = 50%; areia = 7%.

O delineamento experimental utilizado foi o de látice triplo 11x11. As parcelas formadas de quatro linhas de cinco metros de comprimento, com a área útil constituída das duas linhas centrais, eliminando-se 0,50 m de cada uma das extremidades. O espaçamento entre linhas foi de 0,30m e a densidade de 100 sementes por metro linear.

O preparo realizado com o solo seco e constou de uma aração com grade aradora, duas gradagens niveladoras e construção das taipas. A adubação de base foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula 04-28-20+ 0,5% de Zinco (Zn). Na semeadura em linhas as operações de abertura de sulcos, distribuição das sementes e fechamento dos sulcos realizados manualmente. Após, utilizou-se o rolo compactador para melhorar o contato da semente com o solo. A semeadura realizada em 15/12/2007 e a emergência das plântulas ocorreu em 20/12/2007. A adubação em cobertura foi com 300 kg ha⁻¹ de uréia (45% de N) aplicada em duas

doses de 150 kg ha⁻¹ no início do perfilhamento (15 dias após a emergência) e na diferenciação do primórdio floral (45 dias após a emergência).

O experimento foi irrigado através de banhos intermitentes no período compreendido entre a semeadura e o início do perfilhamento. A partir daí utilizada a irrigação por inundação contínua mantendo-se uma lâmina de água, variando de 5 a 15 cm de profundidade até os 20 dias após o completo florescimento dos genótipos.

Para o controle de plantas daninhas foi aplicado em pré-emergência, 1,0 kg de i.a ha⁻¹ de oxadiazon na forma de pulverização no solo com umidade próxima à saturação. O controle de pragas foi efetuado de acordo com o recomendado para a cultura por Cordeiro et al. (2007). Não houve controle de doenças.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância para as características floração, altura da planta, acamamento e produtividade de grãos, são apresentados na Tabela 1. Verifica-se que os coeficientes de variação (CV) obtidos foram baixos, mostrando boa precisão na condução e na obtenção das estimativas dos parâmetros de interesse. Mesmo para a característica de acamamento, à qual foram atribuídas notas e o CV considerado alto quando comparado aos obtidos para as outras características, foi possível

A coleta de dados referentes à floração média (50%), altura de planta (cm), acamamento e doenças (escalas visuais de notas) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) foi realizada conforme a metodologia preconizada por Standard *Evaluation System For Rice* (IRRI, 1996).

Realizadas análises de variância individuais para todas as características, com exceção de doenças, cuja incidência foi muito baixa, e obtidas estimativas de herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genética (CVg), razão CVg/Cve e variâncias genotípica e fenotípica. estimado, ainda, o ganho genético esperado com a seleção (GS) das melhores famílias, utilizando-se uma intensidade de seleção de 28%. Todas as análises foram efetuadas com o auxílio do software GENES (CRUZ, 2001).

obter diferenças altamente significativas entre os genótipos avaliados. No entanto, quando se trata de dados com distribuição descontínua (contagem, notas etc.) é comum a obtenção de CVs mais altos do que os observados para características com distribuição contínua. A eficiência do delineamento látice em relação ao delineamento de blocos ao acaso observada para todas as características avaliadas, mostrando que o uso do látice foi adequado aos tratamentos avaliados.

Tabela 1 - Resumo das análises de variância para as características floração (FLOR), altura de planta (ALT), acamamento (ACA) e produtividade de grãos (PRODT) referentes à avaliação de 121 genótipos de arroz oriundos de cruzamento entre *Oryza sativa* x *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima, ano agrícola 2007/08.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		FLOR	ALT	ACA	PRODT
Repetição	2	95,529	2182,779	252,528	532249,953
Bloco/Repetição (aj.)	30	41,691	435,830	12,787	24970,744
Tratamento (aj.)	120	18,621*	183,212*	7,905*	34606,414*
Erro Efetivo	210	12,580	18,636	5,654	44700,454
Total	362	-	-	-	-
Média Geral	-	68	94	4,3 ¹	8208
CV (%)	-	5,21	4,58	55,22	8,14
Efeito do látice	-	121,67	370,44	109,78	149,02

Fonte: dados da pesquisa.

Notas: (1) Escala de notas visuais variando de 1 a 9, sendo os menores valores os mais desejados. (*) significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Pelos resultados das análises de variância (Tabela 1) foi detectada a significância para a fonte de variação tratamento, indicando que os genótipos apresentaram comportamento

diferenciado às características avaliadas. Assim, procurou-se avaliar a variabilidade genética disponível para a seleção por meio de parâmetros genéticos, cujos dados estão na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros obtidos na avaliação e seleção de famílias F_{2,8} RC2 oriundas de cruzamento entre *Oryza sativa* x *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima, ano agrícola 2007/08.

Parâmetros	Características			
	FLOR	ALT	ACA	PRODT
Cultivares testemunhas	7	7	7	7
Famílias avaliadas (n)	114	114	114	114
Famílias selecionadas (n)	32	32	32	32
Intensidade de seleção (%)	28	28	28	28
Limites inferior e superior	60 a 74 dias	79 a 122 cm	1 a 9	3914-10542 kg ha ⁻¹
Média das famílias	67,86 dias	94,16 cm	4,30	8181 kg ha ⁻¹
Média das testemunhas	66,57 dias	93,71 cm	4,34	8652 kg ha ⁻¹
Média das famílias selecionadas	68,18 dias	93,37 cm	3,86	9347 kg ha ⁻¹
Diferencial de seleção (ds)*	0,33 dias	-0,79 cm	-0,44	1166 kg ha ⁻¹
h ² (%)	32,44	89,82	28,48	87,08
CVg (%)	2,09	7,86	20,12	12,21
Razão CVg/CVe	0,40	1,71	0,36	1,49
σ ² g	2,01	54,86	0,75	1004549,32
σ ² f	6,20	61,07	2,63	1153546,80
GS**	0,10 dias	-0,70 cm	-0,12	1015 kg ha ⁻¹ (12,4%)

Fonte: dados da pesquisa.

Notas: (*) ds = (média das famílias selecionadas) - (média de todas as famílias). (**) GS = ds x h².

A principal função da herdabilidade, segundo Ramalho et al. (1993), é seu papel preditivo, que expressa a confiabilidade do valor fenotípico como estimador do valor genotípico, de tal forma que quanto maior a herdabilidade, maior o ganho genético por seleção. Para as características altura de planta e produtividade de grãos as estimativas de herdabilidade de 89,82% e 87,08%, respectivamente, o que evidencia uma situação altamente favorável à seleção. Por outro lado, pouca variabilidade foi observada para as características de floração e acamamento (Tabela 2). Valores semelhantes a esses relatados por Rodriguez et al. (1998), Santos (2000) e Cordeiro et al. (2003).

Outro parâmetro que possibilita a comparação da variabilidade liberada entre as famílias provenientes do cruzamento entre *Oryza sativa* x *Oryza glumaepatula* é a estimativa do coeficiente de variação genética (CVg), ou seja, a medida do desvio genético em relação à média. Pelos dados da Tabela 2, verifica-se que as características acamamento, produtividade de grãos e altura de planta obtiveram valores altos, confirmando situação favorável à seleção, muito embora, no caso de acamamento a herdabilidade tenha sido baixa, ou seja, a interação genótipo x ambiente foi expressiva, o que dificulta uma seleção mais ampla. Por outro lado, pouca variabilidade foi obtida para floração, o que é favorável, pois permite seleção de famílias com altas produtividades, mas com ciclo compatível com as cultivares testemunhas, não sendo assim, fator restritivo na seleção. Cordeiro et al. (2003)

4 CONCLUSÃO

A utilização da espécie silvestre de arroz *Oryza glumaepatula* em hibridações com a espécie cultivada *Oryza sativa* foi procedimento eficiente para obtenção e seleção de 32 genótipos com alta produtividade e características

avaliando famílias de arroz irrigado oriundas de inter cruzamentos obtiveram CVgs variando de 6,63 a 16,29% (altura de planta), 3,50 a 15,47% (floração) e 12,00% a 41,00% (produtividade de grãos), ou seja, valores semelhantes com os obtidos neste trabalho.

Finalmente, o mais importante na verificação da eficiência de cruzamentos interespecíficos é a estimativa de ganhos genéticos esperados com a seleção. Neste sentido foram estimados para as características avaliadas o ganho genético obtido com a seleção direta das famílias mais produtivas, aplicando-se uma intensidade de seleção de 28%, resultando na seleção de 32 famílias do total de 114 avaliadas. De acordo com os resultados obtidos (Tabela 2), o ganho genético para produtividade de grãos foi expressivo com 1015 kg ha⁻¹, o que representa um acréscimo esperado de 12,4% com a seleção das famílias mais produtivas. Por outro lado, como ganhos genéticos indiretos, houve redução na altura de plantas e no acamamento, evidenciando que as famílias selecionadas foram mais baixas e conseqüentemente acamaram menos, ou seja, a intensidade de seleção aplicada adequada para a obtenção de genótipos superiores que deverão ser utilizados como fonte de variabilidade genética em programas de melhoramento do arroz irrigado visando a obtenção de cultivares de alta produtividade média. Ressalta-se, ainda, que a produtividade média das famílias selecionadas foi superior em 8,03% a obtida pelas cultivares testemunhas.

agronômicas de interesse para serem utilizados como genitores potenciais em programas de melhoramento genético, visando ampliar a base genética do arroz irrigado.

REFERÊNCIAS

- BRESEGHELLO, F; RANGEL, P. H. N; MORAIS, O. P. 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, 1999.
- 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**, Nova York, v. 104, p.1192-1203, 2002.
- BUSO, G. S. C; RANGEL, P. H. N; FERREIRA, M. E. Analysis of random and specific sequences of nuclear and cytoplasmic DNA in diploid and tetraploid American wild rice species (*Oryza* spp.). **Genome**, Ottawa, v. 44, p.476-494, 2001.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de; NECHET, K. L.; MASSARO, A. L **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz de terras altas em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. 25 p. (Embrapa Roraima. Circular Técnica, 07).
- _____; **Número de intercruzamentos na eficiência da seleção recorrente na cultura do arroz**. 149 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas): UFLA, Lavras, 2001.
- _____; 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**, Nova York, p. 79-86, 2003.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows, aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 2001. 648 p.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard evaluation system for rice**. Manila: INGER / Genetic Resources Center, 1996. 52 p.
- RAMALHO, M.A. P; SANTOS, J. B dos; ZIMMERMANN, M. J. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- RANGEL, P. H. N. **Avaliação de linhagens com introgressão de genes da espécie silvestre *Oryza glumaepatula***. Relatório técnico, Boa Vista: EMBRAPA / IRGA / EPAGRI 2005/2006 e 2006/2007. 26 p.
- _____; BRONDANI, C.; ZIMMERMANN, F. J. P.; CORDEIRO, A. C. C.; FERREIRA, M. E. Obtenção de linhagens sativas vetoras de genes de *Oryza glumaepatula*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz, 2001. p.18-20
- _____; BUSO, G. S. C.; BRONDANI, C; GUIMARÃES, E. P; FERREIRA, M. E. Coleta, caracterização e uso de germoplasma silvestre de arroz diplóide e tetraplóide (*Oryza* spp) nativo do Brasil no melhoramento genético. In: WALTER, B. M. T.; CAVALCANTI, T. B. (Ed.) **Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. Cap. 20, p. 586-631.

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. 340 - 347, 1996.

_____; 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. 2000.

RODRIGUEZ, R. E. S; RANGEL, P. H. N; MORAIS, O. P. 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.

SANTOS, P. G. **Escolha de populações segregantes para o programa de seleção de arroz de terras altas**. 106 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas): UFLA, Lavras, 2000

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

TANKSLEY, S. D.; NELSON, J. C. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germoplasm into elite breeding lines. **Theoretical and applied genetics**, Nova York, v. 92, p.191 - 203, 1996.

