

AVALIAÇÃO DE PRODUTIVIDADE DE GRÃOS NO DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO PARA A REGIÃO SUBTROPICAL BRASILEIRA

Bruna Carla Fagundes Crispim¹, Orlando Peixoto de Moraes², Ariano Martins de Magalhães Jr³, Francisco Pereira de Moura Neto², Paulo Ricardo Reis Fagundes³, Péricles de Carvalho Ferreira Neves², Paulo Hideo Nakano Rangel²

Palavras-chave: melhoramento genético, resposta à seleção, variação genética

INTRODUÇÃO

A maior parcela da produção de arroz do país é proveniente do ecossistema várzeas, onde a orizicultura irrigada é responsável por 77,0% da produção nacional deste cereal (www.cnpaf.embrapa.br), sendo considerada um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas, como no caso dos cultivos de terras altas (GUIMARÃES et al., 2006). Uma significativa parcela da produção de arroz no ecossistema 'várzeas', no Brasil, é procedente do Rio Grande do Sul, que, em 2008/09, contribuiu com 61,5% do total de arroz produzido no país (SANTOS, 2009).

O uso de cultivares melhoradas, juntamente com boas práticas culturais, tem garantido alta produtividade à lavoura de arroz irrigado da região Sul. Segundo LOPES (2002), o potencial produtivo das cultivares utilizadas no Rio Grande do Sul encontra-se na faixa de 10 a 12 t ha⁻¹, portanto, bem acima das médias obtidas pelos produtores de arroz em suas lavouras. Esta constatação mostra que, mantido o atual estágio de manejo, o impacto de novas cultivares mais produtivas será menor do que ocorreu no passado.

Os programas de melhoramento de plantas têm sempre, como um dos principais objetivos, o aumento da produtividade. No caso do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, isto não tem se mostrado muito evidente e uma das possíveis causas para o reduzido ganho genético foi atribuído por RANGEL et al. (1996) à estreita base genética das populações utilizadas nos programas de melhoramento. A principal consequência da diminuição da diversidade genética é a redução das possibilidades de ganhos adicionais devido à seleção, uma vez que os melhoristas passam a manejar um conjunto gênico de tamanho limitado, conforme reconhecido por HANSON (1959), há cerca de meio século. Não é suficiente, contudo, aumentar a diversidade genética das populações sob melhoramento. É fundamental empregar, adicionalmente, estratégias que privilegiem a seleção direta para produtividade de grãos (MORAIS, 1995). No Brasil, os programas atuais de melhoramento de arroz vêm explorando procedimentos alternativos visando diversificar as populações de trabalho e obter respostas mais significativas das práticas de seleção. Uma das práticas introduzidas na implementação do programa de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa é avaliação precoce para produtividade de famílias derivadas de plantas selecionadas nas fases iniciais do processo de segregação, F₂ ou F₃ (CASTRO et al, 2007). As famílias de melhor desempenho quanto à produtividade de grãos e que contenham pelo menos parte de seus indivíduos-membro portando as demais características de interesse ao programa são utilizadas como população-base para a extração de linhagens.

O objetivo do trabalho foi quantificar os efeitos desse procedimento no desempenho das linhagens selecionadas em gerações avançadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de um ensaio de rendimento de famílias (ERF), conduzido em Alegrete, RS, em 2002/03 e de dois ensaios preliminares de rendimento de linhagens (EP), sendo um deles também conduzido em Alegrete e o outro, em Capão do Leão, no sul do Estado, em 2004/05. As

¹ Aluna do curso de mestrado em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. E-mail: bcrispim@cnpaf.embrapa.br

² Embrapa Arroz e Feijão

³ Embrapa Clima Temperado

famílias do ERF, em número de 186, eram derivadas de plantas selecionadas em F_2 e se encontravam na geração F_4 tendo sido conduzidas por bulk dentro de F_3 (famílias $F_{2,4}$). As linhagens do EP correspondiam a 343 famílias $F_{5,7}$ (consideradas fixadas e homogêneas, por derivarem de plantas na geração F_5) e pertenciam a dois grupos, sendo 195 delas selecionadas em 24 famílias ($F_{2,5}$) de melhor desempenho produtivo no ERF de 2002/03 e 148 outras linhagens derivadas também de plantas F_5 pertencentes, contudo, à famílias selecionadas sem informações de produtividade de grãos.

Os ensaios foram conduzidos em blocos aumentados de Federer (FEDERER, 1956), utilizando cinco testemunhas como tratamentos comuns entre os blocos: BR-IRGA 409, IRGA 417 e BRS 7 Taim, nos dois anos agrícolas; BRS Bojuru em 2002/03 (ERF) e BRS 6 Chuí em 2004/05 (EP). As parcelas constituíam de quatro fileiras de cinco metros, semeadas no espaçamento de 25 cm, com cerca de 80 sementes por metro de sulco. Nesse trabalho, foram utilizados dados apenas de produção de grãos, mas outras características foram também avaliadas, como duração do ciclo, altura de planta, intensidade de acamamento, incidência de doenças e qualidade de grãos. As análises conjuntas das duas gerações de ensaios foram implementadas utilizando sistema computacional SAS (Statistical Analysis System), por meio de seu procedimento GLM (SAS INSTITUTE 2002). Os tratamentos foram classificados em cinco grupos: testemunhas (excluindo a BRS Bojuru), famílias selecionadas no ERF (FS_ERF), famílias eliminadas no ERF (FE_ERF), linhagens do EP originadas das famílias selecionadas no ERF (ERF/EP); linhagens do EP selecionadas em outras populações não avaliadas no ERF (EP/N_ERF); e BRS Bojuru, que foi considerada como um sexto grupo, incluída na análise estatística apenas para imprimir maior robustez no ajuste devido aos efeitos de blocos no ERF.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na, Tabela 1, que as 24 famílias selecionadas no ERF produziram quase 1.600 kg/ha (22,9%) a mais que o grupo eliminado e que, pelo menos aparentemente, quase toda a variabilidade genética existente entre as famílias correspondia à variação presente entre os dois grupos, pois não há evidências de variação significativa dentro de cada um desses dois grupos. O grupo de famílias selecionadas, FS_ERF, em média foram tão produtivas quanto às cultivares testemunhas elites. Apesar da pouca ou nenhuma variância genética entre os representantes desse grupo, havia variação não explorada dentro de cada unidade de seleção (família selecionada) e que deveria aumentar-se ainda mais ao passar de $F_{2,4}$ para $F_{2,5}$, na geração seguinte. De fato, considerando uma população biparental, estima-se que dentro de uma $F_{2,5}$, há 46,7% de toda a variação genética aditiva possível entre plantas F_5 de uma população conduzida sem seleção em F_2 e em gerações intermediárias (SOUZA Jr, 1989).

Em F_5 , praticou-se a seleção de plantas individuais em um viveiro de seleção (VS), cujas progênes foram avaliadas em um ensaio de observação de linhagens $F_{5,6}$ (EOL). Tanto no VS como no EOL, as avaliações foram, como usualmente é feito, baseadas apenas em julgamentos visuais, ou seja, na aceitação fenotípica geral, que inclui características relacionadas com a produtividade de grãos, sanidade, resistência ao acamamento, classe de grão etc. De uma fase para outra, mudou-se apenas a unidade de seleção, que, no VS, é representada pela planta e no EOL, por uma parcela (quatro linhas de três metros, espaçadas de 25 cm). Já se esperava que as seleções realizadas nessas duas fases não iriam repercutir na produtividade das linhagens nos ensaios de rendimento futuros, pois a seleção baseada em avaliação visual é considerada efetiva apenas para características de alta herdabilidade (CUTRIM, 1997). Os resultados da Tabela 1 confirmam essas expectativas, pois, em média, as linhagens do EP oriundas do grupo FS_ERF (ou linhagens EP/ERF) não foram significativamente mais produtivas que esse grupo. As linhagens não derivadas do grupo FS_ERF também não diferiram, em conjunto, do grupo testemunha, mas comportaram-se como significativamente menos produtivas que o grupo FS_ERF. Se não houvesse separado as 186 famílias avaliadas do ERF em dois grupos, pelo critério produtividade de grãos, provavelmente a média das linhagens que seriam delas obtidas não diferiria da média geral dessas famílias, que foi de 7.175 kg/ha. Nesse caso, dificilmente obter-se-ia um grupo de linhagens tão produtivas quanto ao grupo EP/ERF. Assim, a grande vantagem do ERF foi identificar um grupo de famílias que constituiu uma população-base elite para a extração das linhagens EP-ERF.

O teste F e, com menor evidência, a estimativa de coeficiente de variação genética da Tabela 1 sinalizam razoável nível de variação entre as linhagens dentro do grupo FS_ERF (Tabela 1),

certamente em função da variação genética entre plantas dentro das famílias F_{2:5}, explorada no VS. Das 195 linhagens do EP/ERF (derivadas de FS_ERF), oito produziram significativamente menos que

Tabela 1. Produtividade de grãos (prod) de grupos genéticos avaliados e probabilidade da estimativa de F (P>F) para variação entre tratamentos dentro dos grupos e coeficiente de variação genética dentro dos grupos (CVg.).

Grupos Genéticos	Prod (kg/ha) ¹	P>F	CVg (%)
FS_ERF (famílias selecionadas no ERF 2002/03)	8564 ab	1,00	*
FE_ERF (famílias eliminadas no ERF 2002/03)	6969 c	0,99	*
Lin EP/ERF (Linhagens do EP derivadas de FS-ERF)	8798 a	<0,01	7,01
Lin EP/N_ERF (Linhagens do EP de outras origens)	8234 b	<0,01	7,30
Testemunhas (BR-IRGA 409, IRGA 417, BRS 7 Taim e BRS 6 Chuí)	8589 ab	<0,01	5,24
CV(%)	18,17%	-	-

*Estimativa negativa da variância genética.

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

as testemunhas, mas nove superaram, também significativamente, esse mesmo grupo de cultivares. Na tabela 2 é apresentado a relação das linhagens do EP que se mostraram mais produtivas que as testemunhas BR-IRGA 409, IRGA 417, BRS 7 Taim e BRS 6 Chuí, consideradas em conjunto. Todas são derivadas do grupo FS_ERF. Verifica-se que cinco delas apresentaram médias de produtividade elevadas, acima de 11 t ha⁻¹, e significativamente distintas da média do grupo FS_ERF. Quatro dessas

Tabela 2. Relação de nove linhagens do EP/ERF mais produtivas que as cultivares-testemunha.

Linhagens	Identificação genealógica	CRUZAMENTO	Produtividade (kg/ha) ¹
BRA 040081	CNAx8148-B-14-B-B-35-B	IRGA 417/CNA7830	12984 a
BRA 040079	CNAx8172-B-1-B-B-9-B	IRGA 417/CNA7830	11994 ab
BRA 040311	CNAx8108-B-13-B-B-30-B	Javaé/CNAi9039	11793 a
BRA 040257	CNAx8148-B-14-B-B-20-B	Diamante/CNA8642	11583 a
BRA 040075	CNAx8148-B-14-B-B-31-B	IRGA 417/CNA7830	11320 ab
BRA 040286	CNAx8206-B-11-B-B-12-B	IRGA 417/CNA7830	11235 a
BRA 040308	CNAx8206-B-11-B-B-11-B	BRS 7 Taim/CNAi9050	11208 a
BRA 040307	CNAx8133-B-7-B-B-9-B	BRS 7 Taim/CNAi9050	10918 ab
BRA 040272	CNAx8148-B-14-B-B-35-B	IR22/CNA8502	10917 ab
Famílias selecionadas no ERF 2002/03	-	-	8564 bc
Testemunhas	-	-	8589 c
CV(%)			18,17

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Número de dias para a floração média (FLO), altura de planta e incidência de acamamento (ACA) e produtividade de grãos de cinco linhagens derivadas das famílias selecionadas no ERF 2002/03 (FS_ERF). Média de seis ensaios, ano agrícola 2007/08.

Genótipos	FLO (dias)	Altura (cm)	ACA (1-9) ¹	Produtividade (kg/ha) ²
BRA040081	90	89	1	10103 a
BRA040079	89	84	1	9629 a
BRA040076	85	81	1	9421 a
BRA040075	92	85	1	8734 ab
BRA040286	88	87	1	8755 ab
BRS 7 Taim	94	79	1	7913 b
IRGA 417	90	82	1	7557 b
CV(%)	.	.	.	14,62

¹Notas de 1 (sem acamamento) a 9 (mais de 50% das plantas acamadas)

²Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

linhagens foram avaliadas em ensaios mais avançados, inclusive em ensaios de valor de cultivo e uso, VCU (Tabela 3), em que confirmaram o bom desempenho revelado no EP. Nos VCUs de 2007/08, três linhagens, BRA040081, BRA040079 e BRA040076, superaram as melhores testemunhas, significativamente. São linhagens de ciclo precoce a médio, altura baixa e de boa resistência ao acamamento, além de boa qualidade de grãos. Em 2008/09, a primeira delas voltou a superar significativamente todas as testemunhas (BRS Querência, IRGA 417 e BRS 7 Taim; dados não apresentados) e a equipe de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa já está convencida da conveniência do seu lançamento para cultivo no Rio Grande do Sul, o que deverá contribuir para obtenção de novos avanços na produtividade da cultura no Estado.

CONCLUSÃO

A seleção de famílias F_{2:4} de arroz irrigado, baseada em resultados de produtividade de grãos, contribui para a obtenção de linhagens superiores quanto à essa característica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, A. P.; CUTRIM, V. A.; MORAIS, O. P.; NEVES, P. C. F.; CORDEIRO, A. C. C. Seleção precoce em arroz. Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4, Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 27, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas-RS: Orium Agro, 2007, CD-rom,.
- CUTRIM, V. 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, v.32, n.6, p.601-606, 1997.
- GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de M.; STONE, L. F. Sistema de Cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura e arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 53-96.
- FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Records**, Aiea, v. 55, p. 191-208, 1956.
- HANSON, W. D. Theoretical distribution of the initial linkage block lengths intact in the gametes of a population intermated for n-generations. **Genetics**, Baltimore, v. 44, p. 839-490, 1959.
- LOPES, S. I. G. **Avaliação dos parâmetros genéticos da população de arroz irrigado CNA 11 e da divergência genética entre os genitores**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, 2002. 100p (Tese Doutorado)
- MORAIS, O. P. de. Fatores ecofisiológicos e genéticos que afetam o melhoramento do arroz para maior rendimento. In: pinheiro, B. da S.; Guimarães, E. P. (eds.). **Arroz na América Latina: perspectiva para o incremento da produção e do potencial produtivo**. IX Conferência Internacional de Arroz para a América Latina e o Caribe e V Reunião nacional de pesquisa de Arroz, Goiânia, Goiás, Brasil, 21-25 de março de 1994. Documentos, 60. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e feijão. Goiânia: Embrapa-CNPAF. 1995. P. 83-91.
- RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E.P.; NEVES, P.C.F. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.349-357, 1996.
- SANTOS, R. C. G. Cenário do mercado atual. Cachoeira do Sul: Casa Brasil Editores Ltda, **Planeta Arroz**, Ano 10, Edição 30. 2009
- SAS Institute. **SAS/STAT Software: changes and enhancements through release 9.1**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2002.
- SOUZA Jr, C. L. **Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 134p.