

Avaliação Precoce de Rendimento de Grãos no Melhoramento de Arroz de Terras Altas

Orlando Peixoto de Morais¹; Adriano Pereira de Castro²; Flávio Breseghello³; José Manoel Colombari Filho²; Flávio de Jesus Wruck⁴; Altevir de Matos Lopes⁵; Roni Azevedo⁶; Reginaldo Aparecido Bastos⁷

Resumo

Em arroz, a Embrapa e seus parceiros enfatizam a seleção recorrente tanto no melhoramento das populações-base, como no melhoramento das populações-elite. Nessa segunda fase, famílias derivadas de plantas F_2 são selecionadas não só para se colocar o material básico de extração de linhagens em um patamar de produtividade mais elevado como também para uso na reconstituição das novas populações de melhoramento. Nesse trabalho relata-se um caso de como a avaliação de famílias $F_{2:4}$ para produtividade de grãos em arroz permite a identificação precoce de genitores de alto desempenho, para a recombinação genética das populações, e o aumento dos ganhos devidos à seleção no melhoramento genético da cultura

Introdução

Entre as vertentes de atuação das organizações de pesquisa brasileiras na promoção da sustentabilidade da produção de arroz de terras altas, sobressai a do melhoramento genético, que vem apresentando resultados importantes para o aumento da capacidade produtiva das cultivares, tolerância aos estresses bióticos e abióticos, e qualidade de grãos (Breseghello et al. 2011). Visando ganhos crescentes da produtividade, a Embrapa e seus parceiros adotam a seguinte estratégia no melhoramento genético do arroz: (1) ampliação da variabilidade genética das populações-base; (2) melhoramento das populações-base, preservando tamanhos efetivos elevados, para contínua oferta de genitores novos para os cruzamentos de populações-elite; e melhoramento dessas populações-elite, objetivando resultados de curto prazo; (3) exploração de famílias recombinantes como material básico para o desenvolvimento de cultivares superiores. No melhoramento das populações-elite, famílias $F_{2:4}$ são avaliadas nos ambientes alvos e aquelas de melhor desempenho são utilizadas com duas finalidades: como genitores para reconstituição de nova população do ciclo de melhoramento subsequente; e como material básico para a extração de linhagens, visando o desenvolvimento de novas cultivares.

O presente trabalho foi desenvolvido visando quantificar, para produtividade de grãos, os benefícios da seleção entre famílias $F_{2:4}$ no desempenho do conjunto de linhagens derivadas de plantas selecionadas em $F_{2:5}$.

Material e Métodos

Foram avaliados dois tipos de experimentos: Ensaio de Rendimento de Famílias $F_{2:4}$ (ERF), ano 2006/07, do melhoramento das populações-elite e Ensaio Preliminares de Rendimentos (EP), ano 2009/10, composto de linhagens derivadas de famílias selecionadas no primeiro ensaio. O ERF, 248 famílias, foi instalado em Santo Antônio de Goiás (SAG), GO, Sinop, MT, e Paragominas, PA, utilizando delineamento de blocos aumentados de Federer (BAF) e quatro testemunhas como tratamentos comuns aos blocos. Do ERF, 40 famílias foram selecionadas e submetidas à seleção de apenas 238 plantas em SAG, 2007/08, cujas progênies foram avaliadas em um ensaio de observação de linhagens (EOL), também em SAG, 2008/09. Baseando-se em reação a doenças e aceitação fenotípica geral, 39 linhagens foram selecionadas para o EP de 2009/10, que foi instalado nos mesmos locais do ERF, com exceção de Sinop, substituído pelo município vizinho de Santa Carmem. O delineamento foi um BAF duplicado (duas repetições), utilizando as mesmas testemunhas do ERF. Tanto no EP como no ERF, foram avaliados produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e dias para a floração média (Flo), além de outras características não consideradas nesse estudo. Dos EPs, foram selecionadas 20 linhagens para reavaliação em ensaios de categoria mais elevada do programa. Ao avaliar os dados, os tratamentos foram agrupados em: TEST (testemunhas); ERF (famílias do ERF) e EP (linhagens do EP). Na análise, utilizou-se um modelo de efeitos mistos, em que ano, local, repetição, blocos e grupos de tratamentos foram considerados de efeitos fixos; e tratamentos dentro de grupo, como de efeitos

¹Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão. Rodovia GO 462, km 12, Zona Rural, C.P. 179. CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: Peixoto@cnpaf.embrapa.br.

²Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão.

³PhD em Genética e Melhoramento de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão.

⁴Mestre em Fitotecnia, Embrapa Arroz e Feijão.

⁵Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas (Aposentado).

⁶Doutor em Fitossanidade, Embrapa Amazônia Oriental.

⁷Técnico Agrícola, Embrapa Arroz e Feijão.

aleatórios, permitindo estimar as médias dos primeiro e predizer os valores genotípicos das famílias, linhagens e testemunhas. Utilizou-se o SAS (SAS Institute 2004). Em uma segunda análise, subdividiram-se os grupos ERF em ERFS (famílias selecionadas) e ERFD (famílias descartadas); e o EP em EPS (linhagens selecionadas) e EPD (linhagens do EP). Com essa re-análise, foram estimadas as médias ajustadas de cada um dos cinco grupos resultantes e a correspondente matriz de covariâncias. Foram também estimados a resposta esperada à seleção (RS) e coeficientes de herdabilidade (h^2) para produção de grãos. RS foi estimada pela média dos valores genotípicos dos tratamentos selecionados e h^2 , pela razão entre RS e respectivo diferencial de seleção (DS). Foram também estimados coeficiente de variação genética (CVg), coeficiente de variação relativa (CVr) e, novamente, h^2 pelas suas expressões convencionais (Resende e Duarte 2007).

Resultados e Discussão

A produção média do ERF foi de 3.767 Kg.ha⁻¹, similar à média de TEST (Tabela 1), evidenciando que a população de onde se derivaram as famílias era produtiva. O coeficiente de variação genética do ERF foi de 12,18% (Tabela 3), de magnitude moderada, mas razoável para a situação de um coeficiente de variação experimental (CVe) de 23,62% (Resende e Duarte 2007). Apesar da baixa intensidade de seleção ($p=16,12\%$), a média do ERFS atingiu 4.307 Kg.ha⁻¹, superando a média de TEST e gerando um DS de 540 Kg.ha⁻¹ (14,34% da média de ERF), altamente significativo. Sabe-se, contudo, que a produção de grãos é altamente influenciada pelo ambiente, e que a sua RS é sempre bem menor do que o DS. Observou-se que o contraste entre EP e ERF corresponde a menos da metade do DS. Apesar da alta variação não genética associada a esse contraste (EP e ERF avaliados em experimentos diferentes), dificilmente o seu verdadeiro valor seria nulo, em função da alta significância de DS. A menor magnitude desse contraste em relação a DS já era esperado, pois isso só não ocorreria se a herdabilidade da variação entre as famílias do ERF fosse elevada e se fossem efetivas as seleções visuais para produtividade de grãos em nível de planta, ocorridas em F_{2.5} e entre linhagens do EOL, o que, na prática, quase sempre não se verifica, principalmente em populações-elite (CUTRIM et al. 1997). Apesar de uma pressão de seleção ($p=51,3\%$) ainda menor que a utilizada no ERF, a média de EPS foi de 3.970 Kg.ha⁻¹, 3,8% superior ao valor médio das testemunhas, mas ainda não suficiente para rejeitar a hipótese de nulidade

Tabela 1. Médias de produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e dias para a floração média (Flo) dos grupos ERF, ERFD, ERFS, EP, EPD, EPS e TEST); e contrastes entre médias de grupos.

Grupos Genéticos	Prod (Kg.ha ⁻¹)	Flo (dias)	Alt (cm)
ERF	3767	83,6	96,6
ERFD	3400	84,6	95,4
ERFS	4307	82,2	98,2
EP	3970	80,6	96,6
EPD	3667	80,9	95,9
EPS	4260	80,4	97,3
Testemunhas (TEST)	3823	78,7	99,9
ERF versus ERFS	-540,3±66,9	1,4±1,4	-1,7±0,9
ERF versus EP	-202,6±236,8	3,0±1,4	-0,0 ±2,2
ERF versus EPS	-493,6 ±254,0	3,2±1, 2	-0,7±2,5
ERF versus TEST	-56,2 ±118,9	4,9±1, 9	-3,3±3,1
ERFS versus EP	337,7 ±245,8	1,6±0,7	1,6±2,4
ERFS versus TEST	484,1±136,1	3,5± 1,0	-1,6 ±3,2
EP versus EPS	-291,0±92,9	0,2±0,2	-0,7±1,2
EP versus TEST	146,4±232,8	2,1±0,9	-3,3±3,6
EPS versus TEST	437,4±250,4	1,7±0,4	-2,6±3,8
CVe(%)	23,62	4,31	8,21

*Significativo a 5% de probabilidade ou menos (El-Roubi et al, 1973).

do contraste entre esses dois grupos ($p < 0,05$). O DS, nesse caso, foi de 291 Kg.ha⁻¹ que, apesar de corresponder a apenas 7,48% da média de EP, é também altamente significativo ($p < 0,01$).

As médias genotípicas das linhagens do EPS (Tabela 2) correspondem à média do grupo acrescida dos desvios do valor genotípico (VG) preditos para cada linhagem. Os valores de acurácia seletiva obtidos para produção de grãos, abaixo de 0,60, evidenciaram moderada precisão dos VGs (Rezende, 2002). As estimativas menores de acurácia estão certamente associadas com o baixo número de repetições dos ensaios. Eram apenas duas repetições por local no caso de EP. Para as testemunhas, que participavam de todos os blocos em todos os ensaios, as estimativas de acurácia foram superiores a 0,80, indicando que os seus VGs preditos estão próximos dos respectivos valores verdadeiros (Resende e Duarte 2007). Nenhum desvio de VG para produção de grãos, relativo às linhagens selecionadas no EP, foi considerado significativo ($p < 0,05$). O P valor do teste de t para desvio de VG da linhagem AB092017 foi de 0,06, muito próximo, portando, do valor que levaria à rejeição da hipótese de sua nulidade. Com a necessária reserva, pode ser considerada, por conseguinte, a linhagem mais produtiva, dentre as selecionadas. No caso de Flo e Alt, características de coeficientes de herdabilidade mais elevados, as estimativas de acurácia foram de 0,85 e de 0,78, respectivamente. Deve ter contribuído para isso, a maior precisão com que foram avaliadas, revelada pelos seus menores coeficientes de CVr (Tabela 1).

Considerando as seleções realizadas no ERF e no EP, o ganho total previsto foi de 307 Kg.ha⁻¹ (Tabela3),

Tabela 2. Médias preditas de produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e dias para a floração média (Flo), com as respectivas estimativas de acurácia relativas às linhagens do EPS.

Linhagem	Prod (Kg.ha ⁻¹)		Flo (dia)		Alt (cm)	
	Média	Acurácia	Média	Acurácia	Média	Acurácia
AB092002	3799	0,58	78,3	0,85	94,1	0,78
AB092003	4026	0,58	89,6*	0,85	104,2*	0,78
AB092007	3860	0,58	82,3	0,85	99,9	0,78
AB092008	4218	0,58	79,6	0,85	96,5	0,78
AB092010	3856	0,58	81,0	0,85	92,2	0,78
AB092011	4124	0,58	73,4*	0,85	86,7*	0,78
AB092014	4336	0,58	77,3	0,85	99,1	0,78
AB092016	4335	0,58	76,8*	0,85	101,6	0,78
AB092017	4604	0,58	78,0	0,85	101,4	0,78
AB092018	3957	0,58	78,3	0,85	102,2	0,78
AB092020	4200	0,58	76,4*	0,85	100,5	0,78
AB092022	4164	0,58	82,9	0,85	98,4	0,78
AB092023	3980	0,58	84,0	0,85	98,5	0,78
AB092025	3929	0,58	84,4*	0,85	90,2	0,78
AB092026	3886	0,58	84,8*	0,85	91,8	0,78
AB092027	4025	0,58	80,7	0,85	95,1	0,78
AB092028	3942	0,58	80,6	0,85	96,9	0,78
AB092029	3848	0,58	81,0	0,85	97,5	0,78
AB092031	4205	0,58	80,7	0,85	98,5	0,78
AB092032	4153	0,58	78,8	0,85	94,9	0,78
BRS Bonança	3855	0,82	77,9	0,86	91,1*	0,85
BRSMG Curinga	3978	0,83	82,3*	0,86	94,6*	0,85
BRS Primavera	3568	0,82	73,7*	0,86	107,5*	0,85
BRS Sertaneja	3893	0,82	80,8	0,86	106,2*	0,85

* Valor genotípico significativo ao nível de 5% de probabilidade, ou menos, pelo teste t.

Tabela 3. Diferencial de seleção (DS) utilizado no ERF e no EP; resposta à seleção (RS) e coeficientes de herdabilidade (h^2), variação genética (CVg) e variação relativa (CVr) para produção de grãos (Prod), altura de planta (Alt) e dias para a floração média (Flo).

Parâmetro	Prod (Kg.ha ⁻¹)		Alt (cm)		Flo (dias)	
	ERF	EP	ERF	EP	ERF	EP
DS	540,3±66,9	291,0±92,9	-1,4±1,4	-0,2±0,2	1,7±0,9	0,7±1,2
RS	206,8±31,2	100,5±46,2	1,1±0,7	0,4±1,0	-1,0±0,7	-0,2±0,8
RS (%)	5,49	2,67	-	-	-	-
h^2 ((RS/DS)	0,38	0,39	-	-	-	-
h^2 ($\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_p^2$)	0,47	0,46	0,69	0,73	0,67	0,93
CVg(%)	12,18	9,33	6,30	5,60	3,00	6,39
CVr	0,52	0,40	0,77	0,68	0,70	1,48

*Significativo a 5% de probabilidade ou menos (El-Roubi et al. 1973).

do qual 67,3% foram devido à seleção no ERF e os 32,7% restantes, atribuídos à seleção entre as linhagens do EP. A seleção foi feita para Prod, de modo a não alterar Alt e Flo. Por isso, tanto suas estimativas de DS e, conseqüentemente, de RS se situaram em torno um valor nulo, não sendo possível, inclusive, estimar a herdabilidade desses caracteres pela razão RS/DS. O menor ganho com a seleção no EP deve ser atribuído à baixa pressão de seleção nele empregada, menor que utilizada no ERF. As estimativas de para Prod se situam entre valores conhecidos, tendo sido ligeiramente maiores quando estimada pelo método convencional. No caso de Flo, menos influenciada pelo ambiente, as estimativas de h^2 foram mais altas. Comparando as estimativas de h^2 e CVr (Tabela 3) percebe-se a redundância dos dois parâmetros como indicadores de perspectivas de sucesso com a seleção apontadas por Morais et al. (1997).

A seleção de famílias F_{2:4} para Prod coloca o material básico de extração de linhagens em um patamar de produtividade elevado e reduz o tamanho das populações sob exploração. Há, contudo, outra vantagem mais importante que é a identificação, em um período de tempo bem menor, de famílias recombinantes de alto desempenho e de tamanho efetivo duas vezes superior ao de uma linhagem fixada (Morais 1997), para uso na reconstituição de uma nova população de melhoramento. Essa estratégia é fundamental para se elevar o ganho médio anual dos programas de melhoramento para a característica produção de grãos (Breseghello et al. 2011).

Conclusão

A avaliação de famílias F_{2:4} para produtividade de grãos em arroz permite a identificação precoce de genitores de alto desempenho para a recombinação genética das populações e aumentar os ganhos devidos à seleção no melhoramento genético da cultura.

Referências

Agrianual (2011) **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. Arroz. FNP – Consultoria e Comércio, São Paulo, p.161-167.

Breseghello F, Morais OP, Pinheiro PV, Silva ACS, Castro EM, Guimarães EP, Castro AP, Pereira já, Lopies AM, Utumi MM and Oliveira JP (2011) Results of 25 Years of Upland Rice Breeding in Brazil. **Crop Science** **51**: 914-923,.

Cutrim VA, Ramalho MAP and Carvalho AM (1997) Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.32, 6: 601-606.

El-Roubi MM, Morayem YS and Nawar AA (1973) Estimation of gentic variance and its components in mayze under stress end non-stress environments. I. Planting date. **Egypt. J. Genet. Cytol.** **2**:10-19.

Morais OP (1997) Tamaño efectivo de la población. In: Guimarães EP (ed) **Selección Recurrente en Arroz**. CIAT, Cali, Colombia, p.25-44.

Morais OP, Silva JC, Cruz CD, Regazzi AJ and Neves PCF (1997) Estimación dos parâmetros genéticos da população de arroz irrigado CNA-IRAT 4/0/3. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.32, n.4:421-433.

Resende MDV (2002) **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 975p.

Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesq Agropec Trop** **37(3)**: 182-194.

SAS Institute (2004) **SAS/STAT 9.1 user's guide**. SAS Inst., Cary, NC.