

Progresso Genético Para Produtividade E Peso De 100 Grãos Em 14 Anos Do Programa De Melhoramento De Arroz Irrigado De Minas Gerais

Gabriel Gonçalves dos Reis¹, Roberto Fritsche-Neto², Plínio César Soares³, Vanda Maria de Oliveira Cornelio⁴, Moisés de Sousa Reis⁵, Orlando Peixoto de Moraes⁶, Tiago da Silva Marques⁷

Resumo

O objetivo deste estudo foi estimar o progresso genético e ambiental da produtividade e peso de 100 grãos do programa de melhoramento de arroz irrigado do estado de Minas Gerais no período de 1998 a 2012. Para isso utilizou-se os dados dos ensaios de competição avançados (ECA's) de quatro locais diferentes de Minas Gerais, porém nem todos os locais foram contemplados em todos os anos agrícolas. Para a obtenção de estimativas com maior acurácia foi utilizada a metodologia de modelos mistos. O ganho genético da produtividade foi de 44,73 kg.ha⁻¹, um aumento de 3,20 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Já o peso de 100 grãos obteve um progresso genético de 1,06 g em oito anos (2003 a 2012). Embora satisfatórios, ganhos maiores na produtividade podem ser alcançados se forem inseridos mais locais na rede de ensaios, aumentar a intensidade de seleção, e utilizar-se delineamentos experimentais mais precisos.

Introdução

Em Minas Gerais o melhoramento de arroz irrigado é conduzido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em parceria com Embrapa Arroz e Feijão e a Universidade Federal de Lavras. A fase final do programa é constituída pelos Ensaios Comparativos Preliminares (ECP's) e os Ensaios Comparativos Avançados (ECA's). Esse último comumente chamado como ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU's). Ocasionalmente, deve-se verificar a contribuição efetiva do melhoramento genético na elevação das médias dos cultivares disponibilizados ao produtor no decorrer dos anos de um programa de melhoramento (Borges et al. 2009). Essa estimativa indica a eficácia da seleção e a necessidade do emprego de novos métodos e estratégias de seleção (Soares et al. 2005).

Trabalhos desta natureza já foram realizados objetivando a estimação dos ganhos anuais em arroz (Rangel et al. 2000; Souza et al. 2007). Entretanto, na grande maioria destes estudos, as análises são realizadas com valores fenotípicos por metodologia de quadrados mínimos, e, devido aos elevados graus de desbalanceamentos (locais, repetições, anos, genótipos, etc.) e da dinâmica dos programas com a inserção e exclusão de genótipos, inviabiliza-se desta forma, a obtenção de estimativas fiéis do verdadeiro valor genético dos materiais avaliados (Do Vale et al. 2010).

Outro fator que deve ser considerado é a acurácia na seleção. O coeficiente de variação experimental (CVe) não é totalmente confiável para este tipo de análise pois ele depende apenas da variação residual como proporção da média do experimento (Resende and Duarte 2007). Uma forma de agregar as variações de naturezas genéticas, proporcionalmente às variações residuais associadas ao caráter em avaliação é através da acurácia seletiva proposta por Resende and Duarte 2007.

Diante do exposto, objetivo foi estimar o progresso genético para produtividade e peso de 100 grãos em 14 anos do programa de arroz irrigado de Minas Gerais.

Material e métodos

Os dados utilizados nesse estudo são referentes aos Ensaios Comparativos Avançados (ECA's) do

1 Aluno de Mestrado em Fitotecnica na UFV. Departamento de Fitotecnica. Viçosa, MG. E-mail: gabriel.reis@ufv.br

2 Professor da UFV. Departamento de Fitotecnica. Viçosa, MG. E-mail: roberto.neto@ufv.br.

3 Pesquisador da EPAMIG. Villa Gianetti. Viçosa, MG. E-mail: plinioc12@gmail.com

4 Pesquisadora da EPAMIG/Lavras. E-mail: vanda.cornelio@epamig.ufla.br

5 Pesquisador da EPAMIG/Lavras. E-mail: moizes@epamig.ufla.br

6 Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: orlando@embrapa.br

7 Bolsista de Iniciação Científica FAPEMIG/EPAMIG. Viçosa, MG. E-mail: tiago.marques@ufv.br

programa de melhoramento de arroz irrigado de Minas Gerais. Esses ensaios foram conduzidos em quatro locais: Leopoldina, Lambari, Prudente de Morais e Janaúba. Foram avaliados 108 genótipos para produtividade e 61 para peso de 100 grãos, nos períodos de 1997/98 a 2011/12 e 2002/03 a 2011/12, respectivamente. Com exceção do ano agrícola 1998/99, em que foram avaliados 26 genótipos, cada ensaio foi conduzido com 25 genótipos. O ano agrícola 2008/09 foi desconsiderado para análise devido a forte nebulosidade naquele ano agrícola, reduzindo significativamente a produtividade e o peso de 100 grãos, o que inviabilizou a seleção.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições até o ano 2001/02. Desde então, foram utilizados três blocos. A casualização dos genótipos, em cada bloco, foi feita uma única vez a cada ano, repetindo-se a mesma em todos os locais. Assim, em cada bloco, os genótipos tiveram os mesmos vizinhos em todos os locais dentro de cada ano.

As parcelas experimentais nos anos 1998, 1999 e 2008 a 2012 foram constituídas por 5 fileiras de plantas com 5 metros de comprimento, espaçadas de 30 cm ($5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 7,50 \text{ m}^2$). A área útil considerada foram os 4 m centrais das três fileiras internas ($4 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 3,60 \text{ m}^2$). Já nos anos 2001 a 2007 as parcelas foram compostas por 6 fileiras de plantas, e considerou-se os 4 m centrais das 5 fileiras internas, totalizando uma área útil de $4,8 \text{ m}^2$. Os tratos culturais foram realizados de acordo com o recomendado para a cultura para as regiões (Soares et al. 2005).

Primeiramente, utilizou-se para a estimativa da acurácia seletiva a seguinte equação:

, em que h^2 é a acurácia seletiva; b é o número de blocos, e , CV_r é o coeficiente de variação relativo, dado pela razão entre coeficiente de variação genético (CV_g) sobre coeficiente de variação residual (CV_e). Considerou-se para análise apenas os locais que obtiveram valores altos de acurácia seletiva, ou seja, maiores que 0,70, conforme proposto por (Resende and Duarte, 2007).

Para a obtenção dos componentes de variância e das estimativas dos parâmetros genéticos, os dados foram analisados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita/ Melhor Preditor Linear Não Viesado (REML/BLUP), conforme descrito por Resende (2002). Inicialmente, procederam-se as análises de deviance para locais dentro de cada ano, considerando o seguinte modelo:

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

em que, y é o vetor das médias fenotípicas dos genótipos; r é o vetor dos efeitos de repetição dentro de local (assumidos como fixos) somados à média geral; g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), em que, $g \sim N(0, G)$, no qual G é a matriz de covariância e variância genotípicas dada por $G = I\sigma_g^2$; i é o vetor da interação genótipo x local (assumidos como aleatórios), em que, $i \sim N(0, I_{gl})$, sendo que I_{gl} é a matriz de covariância e variância da interação genótipo x ambiente dada por $I_{gl} = I\sigma_{gl}^2$; e é o vetor de erros, sendo que $e \sim N(0, R)$ no qual R é a matriz de covariância e variância residual dada por $R = I\sigma_e^2$. X , Z e W são matrizes de incidência que relacionam, respectivamente, os efeitos de r , g e i ao vetor y .

Posteriormente foi realizada a análise de deviance global, ou seja, considerando todos os locais e anos:

$$y = Xa + Zg + Wi + e$$

em que: y é o vetor das médias fenotípicas dos genótipos; a é o vetor dos efeitos de repetição (locais) dentro de cada ano (assumidos como fixos) somados à média geral. Os demais efeitos equivalem ao modelo da análise de deviance para local dentro de cada ano.

Para se obter as estimativas do progresso genético, foram usados os valores genotípicos ($\hat{u} + \hat{g}$) obtidos em cada ano de avaliação. Esses valores consistem na previsão dos valores genéticos (\hat{g}) de cada genótipo, considerados como aleatórios, ajustando-os simultaneamente aos efeitos fixos (\hat{u}), para um número desigual de informações de genótipos ao longo dos anos agrícolas (Resende 2002).

Finalmente, foi estimado o progresso genético no programa Genes – aplicativo computacional em genética e estatística (Cruz 2006) através da metodologia descrita por Vencovsky et al. (1988).

Resultados e discussão

Considerando as estimativas de acurácia seletiva, foram considerados para as análises de progresso

genético e ambiental 30 ensaios para produtividade e 23 para peso de 100 grãos (Tabela 1).

O progresso total obtido para produtividade de grãos, ou seja, o ganho genético e o ambiental no período de 1998 a 2012, foi $-761,28 \text{ kg.ha}^{-1}$ (Tabela 2). Deste valor, o ganho genético **médio** representa $44,73 \text{ kg.ha}^{-1}$, ou seja, $3,20 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Os resultados foram inferiores aos observados por Souza (2007) e Santos et al (1999), cujos valores foram $21,1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (média da cultivares tardias e precoces) e $33 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente.

O progresso total obtido para o peso de 100 grãos no período de 2003 a 2012 foi 1,10 g sendo que 95,99% deste valor são devido a causas genéticas (Tabela 2). Representativamente, isto equivale a 33,13% do peso de 100 grãos da cultivar IAC 165 já disponível para os orizicultores (Bastos 2000). O elevado ganho deste caractere comprova os esforços recentes dos melhoristas na busca de avanços na qualidade dos grãos, como o conteúdo de amilose, uma vez que os grãos longos e finos de baixo teor desta substância perderam espaço para os grãos de intermediárias a altas quantidades de amilose (Borges et al. 2009).

A dinâmica de um programa de melhoramento é quantificada pela taxa média de substituição genotípica, composta pelas taxas de inclusão, exclusão, manutenção e renovação, mensurada entre um ano de avaliação e outro (Cruz and Carneiro 2003). A taxa média de manutenção de genótipos no período considerado foi de 63% e 72% para produtividade e peso de 100 grãos, respectivamente (Tabela 1). Nesse sentido, taxas altas de manutenção, como as observadas nesse estudo, limitam os ganhos de produtividade devido a pouca exploração da variabilidade genética. Assim, é indicado que se aumente o número de genótipos avaliados por ano e reduza sensivelmente o número de linhagens mantidas nos ensaios para avaliação nos anos seguintes.

Como os ambientes contribuíram de forma negativa para o progresso genético total da produtividade (Tabela 2), **é indicado** que novos locais representativos sejam inseridos para a avaliação das linhagens do programa de melhoramento de arroz irrigado de Minas Gerais. Além disso, devido ao baixo número de locais que pode ser considerado para as análises (apenas 30 de 56 para produtividade de grãos), devido à baixa acurácia, recomenda-se aumentar o número de repetições por local e, ou, o uso de delineamentos mais precisos, como o látice.

Por fim, apesar do programa de melhoramento de arroz irrigado desenvolvido em Minas Gerais ter apresentado ganhos genéticos satisfatórios para produtividade e peso de 100 grãos, novas metodologias e estratégias podem ser empregadas visando o aumento dos ganhos genéticos por unidade de tempo.

Agradecimentos

Ao auxílio dos órgãos de apoio à pesquisa FAPEMIG, CNPq e CAPES que deram suporte para o desenvolvimento deste estudo.

Tabela 1. Ganhos genéticos anuais e taxa de substituição de genótipos do programa de avaliação e seleção de linhagens do programa de melhoramento de arroz irrigado de Minas Gerais, Brasil, no período de 1998 a 2012

Anos	Produtividade							Peso de 100 grãos						
	DA ¹	DG ²	I ³	E ⁴	M ⁵	R ⁶	NE ⁷	DA ¹	DG ²	I ³	E ⁴	M ⁵	R ⁶	NE ⁷
1998/97	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-
1999/98	183,41	84,67	31	28	42	42	4	-	-	-	-	-	-	-
2000/99	-499,26	-222,37	38	40	21	64	4	-	-	-	-	-	-	-
2001/00	-296,18	144,85	38	38	25	60	1	-	-	-	-	-	-	-
2002/01	3587,56	0,00	0	0	100	0	1	-	-	-	-	-	-	-
2003/02	-2139,58	76,54	19	19	61	24	2	-	-	-	-	-	-	-
2004/03	-1300,88	52,11	29	29	43	40	3	0,13	-0,02	29	29	43	40	3
2005/04	1104,81	56,49	22	22	56	28	1	0,13	0,01	22	22	56	28	1
2006/05	483,87	76,00	11	11	79	12	1	-0,22	-0,02	11	11	79	12	1
2007/06	-699,53	28,50	11	11	79	12	3	0,12	0,01	11	11	79	12	3

2008/07	1325,13	26,67	17	17	67	20	2	-0,12	0,02	17	17	67	20	2
2010/09	-2527,93	49,55	22	22	56	28	1	0,01	0,05	22	22	56	28	1
2011/10	823,82	-8,06	4	4	92	4	2	-0,07	0,00	4	4	92	4	2
2012/11	-373,03	0,00	0	0	100	0	2	0,06	0,00	0	0	100	0	2
Total							30							23
Média			19	19	63	26				15	15	72	18	

¹DA: diferença ambiental em kg.ha⁻¹, ²DG: diferença genética (ganho genético em kg.ha⁻¹), ³I: taxa de inclusão de genótipos (%), ⁴E: taxa de exclusão de genótipos (%), ⁵M: taxa de manutenção de genótipos; ⁶R: taxa de renovação de genótipos, ⁷NE: Número de ensaios.

Tabela 2. Balanço do ganho genético do programa de melhoramento de arroz irrigado de Minas Gerais, Brasil, entre os anos de 1998 a 2012

Ganhos	Produtividade			Peso de 100 grãos		
	Média do período (kg. ha ⁻¹)	Proporção (%)	Média por ano (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Média do período (g)	Proporção (%)	Média por ano (g)
Genético	44,73	-5,88	3,20	1,06	95,99	0,12
Ambiental	-806,01	105,88	-57,57	0,04	4,01	0,00
Total	-761,28	100	-54,37	1,10	100	0,12

Referências

- Bastos CR. 2000. IAC 202: arroz de alta produtividade e qualidade para a cultura de sequeiro. Cultivares IAC. **O Agrônomo**. Campinas, 52(1).
- Borges V, Soares AA, Resende MDV, Reis MS, Cornélio VMO, Soares PC (2009) Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas Gerais utilizando modelos mistos. **Revista Brasileira de Biometria**, 27, 478-490.
- Cruz CD (2006) **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p.
- Cruz CD and Carneiro PCS (2003) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético II**. Viçosa: Editora UFV, 2003. 585p.
- DoVale JC, Soares PC, Cornélio VMO, Reis MS, Borges W, Bisi RB, Soares AA, Fritsche-Neto R (2012) Contribuição genética na produtividade do arroz irrigado em Minas Gerais no período de 1998 a 2010. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p.460-466.
- Rangel PHN, Pereira JA, Moraes OP, Guimarães EP, Yokokura T (2000) Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no Meio-Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1595-1604.
- Resende MDV (2002) **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 975 p.
- Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.182-194.
- Santos PG; Soares PC; Soares AA; Moraes OP; Cornélio VMO (1999) Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos No melhoramento do arroz irrigado em minas gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1889-1896.
- Soares PC, Melo PGS, Melo LC and Soares AA (2005) Genetic gain in an improvement program of irrigated rice in Minas Gerais. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 5: 142-148.
- Souza MA de, Moraes OP, Herá REC, Cargnin A, Pimentel AJB (2007) Progresso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3.
- Vencovsky R, Moraes AR, Garcia JC, Teixeira NM (1988) Progresso genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Embrapa CNPMS, Belo Horizonte., p.300-307.