

PROGRESSOS DA GENÉTICA DO ARROZ IRRIGADO DA EMBRAPA PARA REGIÃO SUBTROPICAL

José Manoel Colombari Filho¹; Ariano Martins de Magalhães Júnior²; Paulo Ricardo Reis Fagundes³; Rubens Marschaleck⁴; Péricles Ferreira de Carvalho Neves⁵; Paula Pereira Torga⁶; Francisco Pereira Moura Neto⁷

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; avaliação precoce; ganhos genéticos.

INTRODUÇÃO

Um importante parâmetro para mensurar o sucesso e as contribuições dos programas de melhoramento genético é o acompanhamento da sua eficiência ao longo do tempo, por meio da estimativa de progresso genético alcançado, que permite identificar quais fatores podem ter contribuído para os resultados observados. O programa de melhoramento de arroz irrigado da Embrapa, com seus parceiros, vem adotando a estratégia de seleção precoce de caracteres quantitativos, de baixa herdabilidade, seguida de cruzamentos das progênies superiores com linhagens elite e cultivares, bem como de recombinação entre elas. Para isto, anualmente ensaios de avaliação precoce com progênies $F_{2,4}$ são conduzidos em diferentes ambientes alvo para análise conjunta dos dados de caracteres relevantes como produção de grãos, altura de plantas, ciclo de maturação, resistência a *Magnaporthe oryzae* e qualidade de grãos (MORAIS et al., 2013).

Este trabalho teve como objetivo estimar o progresso genético de progênies $F_{2,4}$ de arroz irrigado para a região subtropical brasileira, durante os últimos onze anos agrícolas, para produção de grãos (PG), altura de plantas (AP) e dias para o florescimento (DF).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados dos caracteres PG (kg ha^{-1}), AP (cm) e DF (DAS, "dias após a semeadura") provenientes dos ensaios de rendimento de progênies $F_{2,4}$, durante o período entre 2005/06 e 2015/16, exceto para 2006/07, quando não houveram ensaios. Os locais de condução dos ensaios foram: Alegrete/RS, Capão do Leão/RS, Santa Maria/RS, São Vicente do Sul/RS, Uruguaiana/RS, Itajaí/SC e Goianira/GO. Foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados, com até três repetições por local. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,17 m.

O conjunto de dados, desbalanceado, foi composto por um total de cinco testemunhas (BR-IRGA 409, BRS 6 Chuí, BRS 7 Taim, BRS Pampa, IRGA 417 e IRGA 424), em que pelo menos duas destas ocorreram como tratamentos comuns entre os anos agrícolas. Também, nos últimos três anos, pelo menos três progênies, identificadas como as melhores para PG no ano agrícola anterior, foram repetidas como tratamentos comuns no ano subsequente. No total, 1.348 de progênies $F_{2,4}$ foram avaliadas entre 2005/06 e 2015/16, distribuídas, respectivamente, da seguinte forma: 153, 144, 183, 199, 90, 196, 113, 100, 98 e 72.

Os dados foram submetidos à análise estatística, via *proc mixed* do aplicativo estatístico SAS[®] 9.3, conforme o seguinte modelo misto: $y_{ijkmn} = \mu + l_k + a_m + b_{j/km} + t_n + g_{i/n} + g_{l_{ik}} + g_{a_{im}} + g_{l_{aikm}} + \varepsilon_{ijkmn}$, em que: y_{ijkmn} é a observação do genótipo i , no

¹ Doutor, Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, CP 179, Santo Antônio de Goiás, GO, jose.colombari@embrapa.br (autor correspondente)

² Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, 96010-971, CP 403, Pelotas, RS

³ Doutor, Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, 96010-971, CP 403, Pelotas, RS

⁴ Doutor, Pesquisador da Epagri, 88301-970, CP 277, Itajaí, SC

⁵ Doutor, Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, CP 179, Santo Antônio de Goiás, GO

⁶ Doutor, Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, CP 179, Santo Antônio de Goiás, GO

⁷ Mestre, Analista da Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, CP 179, Santo Antônio de Goiás, GO

bloco j , no local k , no ano m , pertencente ao tipo n ; μ é a média geral; l_k é o efeito fixo de local k ($K = 2$); a_m é o efeito aleatório de ano m ($M = 4$); $b_{j/km}$ é o efeito aleatório de bloco j dentro do local k e ano m ($J = 2$); t_n é o efeito fixo de tipo n ($N = 11$, com dez grupos de progênies de cada ano agrícola e um grupo de testemunhas); $g_{i/n}$ é o efeito aleatório de genótipo i dentro do tipo n ($i = 1, 2, \dots, P_n, P_n + 1, P_n + 2, L_n + C$, em que P_n é o número de progênies dentro do ano agrícola m , $m = 1, 2, \dots, 4$, e C é o número de testemunhas), assumindo $g_{i/n} \sim \text{NID}(0, \sigma_g^2)$; gl_{ik} é o efeito aleatório da interação genótipo x local, assumindo $gl_{ik} \sim \text{NID}(0, \sigma_{gl}^2)$; ga_{im} é o efeito aleatório da interação genótipo x ano, assumindo $ga_{im} \sim \text{NID}(0, \sigma_{ga}^2)$; gla_{ikm} é o efeito aleatório da interação genótipo x local x ano, assumindo $gla_{ikm} \sim \text{NID}(0, \sigma_{gla}^2)$; e ε_{ijkmn} é o efeito aleatório do erro experimental associado à $ijkmn$ -ésima parcela, assumindo $\text{NID}(0, \sigma^2)$.

Os progressos genéticos médio e acumulado para os caracteres PG, AP e DF foram estimados por meio da regressão linear generalizada obtida com os BLUE's (*best linear unbiased estimator*) dos grupos de progênies $F_{2,4}$ de cada ano agrícola (efeito de tipos). E, a distribuição das médias BLUP's (*best linear unbiased predictor*) das progênies de cada ano agrícola foram analisadas por meio de gráficos tipo *boxplot*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios de avaliação precoce revelavam diferenças marcantes entre os grupos de progênies $F_{2,4}$ avaliadas em cada ano agrícola, para os três caracteres (Figuras 1, 2 e 3). A estimativa de progresso genético médio para PG foi altamente significativa, com $145 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que representou um expressivo ganho médio para a cultura de 2,15% ao ano. Isto representou, para todo o período, um ganho acumulado estimado de 23,65%, que equivale ao incremento em produtividade de 1.627 kg ha^{-1} em relação à média do primeiro grupo de progênies em 2005/06 (Figuras 1).

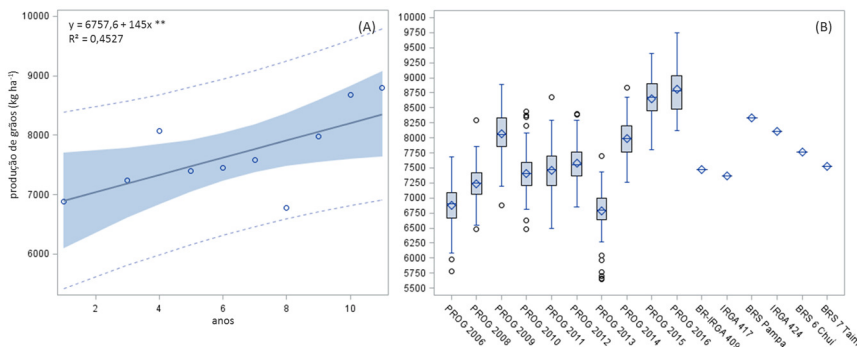


Figura 1. (A) Progresso genético para produção de grãos (kg ha^{-1}), observado nos ensaios de rendimento de progênies $F_{2,4}$, entre 2005/06 (1) a 2015/16 (11). Os pontos referem-se as médias dos grupos de progênies (BLUE) de cada ano agrícola, a região sombreada representa o intervalo de confiança a 95% e as linhas tracejadas os limites de predição a 95% para a regressão linear generalizada; (B) *Boxplots* das médias (BLUP) das progênies de cada ano agrícola, e médias das testemunhas.

Para AP e DF, apesar dos interceptos da regressão linear terem sido altamente significativos, os coeficientes de determinação (R^2) observados foram baixos devido a elevada variação das médias dos grupos de progênies (BLUE) entre os anos. Com isto, o aumento acumulado para AP foi de apenas 3,11% (2,86 cm) e, para DF, a redução acumulada foi de apenas 2,32 DAS (2,57%) em relação à média do primeiro grupo de progênies em 2005/06 (Figuras 2 e 3). Assim, pode-se inferir que o progresso genético

observado para PG foi obtido com a manutenção, ao longo desse período, de progênes com altura de plantas em níveis altamente desejáveis para a cultura, entre 85 e 95 cm, e com ciclos de maturação predominantemente entre precoce e médio (Figuras 1, 2 e 3).

Contudo, vale destacar que o deslocamento da média genotípica do caráter no sentido da seleção não é suficiente para garantir ganhos factíveis se a variabilidade disponível para seleção de linhagens transgressivas for reduzida ao longo do tempo. Nesse sentido, ao analisar os *boxplots* das médias (BLUP) das progênes de cada ano agrícola, observou-se que a magnitude da variabilidade entre médias de progênes foi mantida ao longo dos anos para os três caracteres. Além disto, estas foram satisfatoriamente amplas para PG, com amplitude média de aproximadamente 1.820 kg ha⁻¹, bem como, para DF, com amplitude média próxima de 23 dias de diferença entre as progênes mais precoces e as mais tardias. Porém, para AP, a amplitude média foi estreita e próxima de 10 cm, o que, portanto, tem favorecido a identificação e seleção de linhagens de alto potencial produtivo, para diferentes ciclos de maturação, porém não propensas ao acamamento decorrente de altura de plantas excessiva.

Entre as cinco cultivares utilizadas como testemunhas, destacou-se a BRS Pampa pela elevada produtividade de grãos associada com precocidade de maturação. Essa cultivar, além destes, possui outros atributos importantes para a lavoura de arroz como excelência em qualidade de grãos e resistência às doenças, principalmente a brusone, como descritas por Magalhães Jr. et al. (2011).

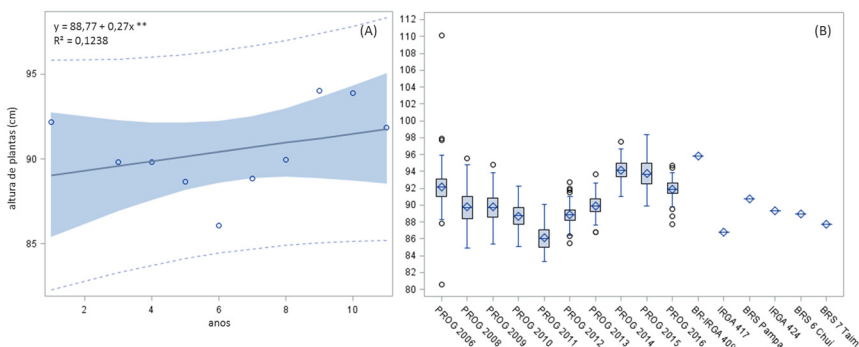


Figura 2. (A) Progresso genético para altura de plantas (cm), observado nos ensaios de rendimento de progênes F_{2:4}, entre 2005/06 (1) a 2015/16 (11). Os pontos referem-se as médias dos grupos de progênes (BLUE) de cada ano agrícola, a região sombreada representa o intervalo de confiança a 95% e as linhas tracejadas os limites de predição a 95% para a regressão linear generalizada; (B) *Boxplots* das médias (BLUP) das progênes de cada ano agrícola, e médias das testemunhas.

Os resultados demonstram que o programa de melhoramento da Embrapa e parceiros, tem alcançado seus objetivos, bem como corroboram com outros estudos já realizados pela equipe (BRESEGHELLO et al., 2011; COLOMBARI et al., 2013; MORAIS et al., 2013). Estes refletiram as vantagens do emprego de estratégias provenientes do método de seleção recorrente para o desenvolvimento de novas cultivares, que consiste de seleção precoce para caracteres quantitativos, de baixa herdabilidade, seguida do uso de progênes superiores como genitores em cruzamentos elite. O princípio de identificar as progênes promissoras em gerações iniciais de endogamia incide em permitir a concentração de esforços naquelas com maior potencial de gerar linhagens superiores. E, a recombinação de progênes superiores e seu uso como genitores em cruzamentos elite, permite maior eficiência no aumento da frequência dos alelos favoráveis e na ruptura de blocos gênicos, incrementando tanto a frequência de algumas combinações gênicas

quanto a variabilidade genética. Essas vantagens são muito importantes em espécies autógamas, como o arroz, pois a maior parte dos programas de melhoramento objetiva a obtenção de linhagens como cultivares e a probabilidade de reunir em um único genótipo todos os alelos favoráveis relativos a diversos *locos* é baixa e corresponde ao produtório das frequências gênicas da população (GERALDI, 1997).

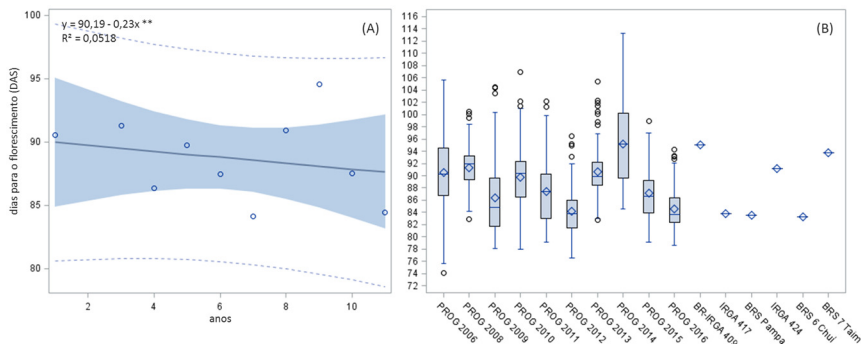


Figura 3. (A) Progresso genético para dias para o florescimento (DAS), observado nos ensaios de rendimento de progênes $F_{2:4}$, entre 2005/06 (1) a 2015/16 (11). Os pontos referem-se as médias dos grupos de progênes (BLUE) de cada ano agrícola, a região sombreada representa o intervalo de confiança a 95% e as linhas tracejadas os limites de predição a 95% para a regressão linear generalizada; (B) *Boxplots* das médias (BLUP) das progênes de cada ano agrícola, e médias das testemunhas.

CONCLUSÃO

A estratégia de melhoramento de arroz irrigado adotada pelo programa da Embrapa, com seus parceiros, foi eficiente em promover o progresso genético para o caráter produção de grãos na ordem de 2,15% ao ano, bem como, manter as médias das progênes $F_{2:4}$ em níveis satisfatórios para altura de plantas e dias para o florescimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos em memória, ao emérito pesquisador Dr. Orlando Peixoto de Moraes, pelo relevante envolvimento na realização deste trabalho, como parte das incontáveis contribuições à genética e melhoramento do arroz da Embrapa e do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRESEGHELLO, F. et al. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science, Madison**, v. 51, n. 3, p. 914-923, Mai. 2011.
- COLOMBARI FILHO, J. M. et al. Upland rice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. **Euphytica**, Dordrecht, v. 192, p. 117-129, Jul. 2013.
- GERALDI, I. O. Selección recurrente en el mejoramiento e plantas. In: E.P. Guimarães (ed). **Selección recurrente en arroz**. Cali, Colombia: CIAT. 1997. pp. 3-12.
- MORAIS, O. P. et al. Ganhos em dez anos de melhoramento da população elite de arroz irrigado da Embrapa na Região Subtropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM; Porto Alegre: Sosbai, 2013. URL: <http://www.cbai2013.com.br/cdonline/docs/trab-2589-319.pdf>