

Metodologias Não Paramétricas na Inferência da Estabilidade de Genótipos de Arroz Irrigado

Plínio César Soares¹, Júlio César DoVale², Vanda Maria Oliveira Cornélio³, Orlando Peixoto de Moraes⁴

Resumo

Objetivou-se com esse estudo avaliar a estabilidade de genótipos de arroz irrigado. Para isso, foram usados os dados de ensaios de competição de cultivares e linhagens conduzidos em três locais de Minas Gerais nas safras de 2007/08 a 2009/10, perfazendo seis ambientes. Usou-se o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. As estimativas de estabilidade foram obtidas pela combinação dos métodos não paramétricos propostos por Huehn (1990) e Fox et al (1990). Foram discriminados como produtivos e estáveis somente a testemunha comercial Predileta e a linhagem BRA 031018. No entanto, foi possível identificar os genótipos com certas limitações em produtividade, mas que podem ser usados como genitores em programas de melhoramento. Foi possível também identificar aqueles genótipos indesejáveis que devem ser descartados, possibilitando com isso concentrar os recursos e esforços nos potencialmente úteis. A metodologia não paramétrica se mostrou bastante prática e interessante para obtenção de estimativas de estabilidade de genótipos de arroz irrigado.

Introdução

Todos os anos, inúmeras hibridações são realizadas pelo programa de melhoramento genético de arroz irrigado de Minas Gerais, resultando em um grande número de populações segregantes. Depois disso, um elevado número de linhas puras é selecionado nos ensaios comparativos preliminares e testado para uma região específica nos chamados ensaios de valor de cultivo e Uso (VCU's).

O maior desafio dos melhoristas é, portanto, a identificação de genótipos com um desempenho satisfatório em produtividade e estabilidade em diferentes condições ambientais, o que é particularmente difícil devido à interação genótipo-ambiente (Cruz and Carneiro 2003). Para superar esta dificuldade, são realizadas as análises de adaptabilidade e estabilidade e por meio dos resultados torna-se possível a identificação de genótipos interessantes (Silva et al. 2013).

Estimativas de estabilidade obtidas por métodos não paramétricos como a proposta por Huehn (1990) e Fox et al. (1990) baseadas em média e variância, parecem ser bem práticas e rápidas de serem obtidas e interpretadas, tornando-se atrativas aos melhoristas.

Pelo exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar essas metodologias não paramétricas para inferir acerca da estabilidade de genótipos de arroz irrigado.

Material e Métodos

Foram usados os dados dos ensaios comparativos avançados do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado de Minas Gerais, estabelecido por meio de uma parceria entre a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA – Centro de Pesquisa de Arroz e Feijão). Dezenove genótipos foram avaliados, sendo 15 linhagens experimentais (BRA 031001, BRA 041099, MGI 0503-2, BRA 02691, BRA 02697, MGI 0508-23, BRA 02706, BRA 02708, BRA 031006, BRA 01330, MGI 0517-25, CNAi 9091, BRA 041230, BRA 041236 e BRA 031018) e quatro testemunhas comerciais (Seleta, Ourominas, Predileta e Rio Grande). Os ensaios foram conduzidos com o delineamento em blocos ao acaso com três repetições. Cada unidade experimental (parcela) consistiu de seis linhas de 5 m por 0,30 m. Como área útil foi considerada as quatro linhas

1 Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional Epamig Zona da Mata – UREZM, Vila Gianetti, Casas 46 e 47, *Campus* UFV, 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brazil. plinio@epamig.br.

2 Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, *Campus* do Pici, Avenida Mister Hull, 2977, Bloco 805, 60356-000, Fortaleza, Ceará, Brazil. juliodovale@ufc.br.

3 Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Unidade Regional Epamig Sul de Minas – URESM, Rodovia Lavras/ IJACI, km 02, *Campus* UFLA, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brazil. vanda.cornelio@epamig.br.

4 Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Rodovia Goiânia Nova Veneza, km 12, Zona Rural, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brazil. orlando@embrapa.br.

centrais, excluindo 0,5 m de bordadura. Neste sentido, cada parcela apresentou uma área de 4,8 m². Os ensaios foram conduzidos em três localidades do estado de Minas Gerais, o que totalizou seis ambientes: Janaúba (15°48'S, 43°18'O e 516 m de altitude) nos anos agrícolas de 2007/08 e 2009/10; Leopoldina (12°31'S, 42°38'O e 225 m de altitude) nos anos agrícolas de 2007/08, 2008/09 e 2009/10 e Lambari (45°23'S, 21°50'O e 885m de altitude) no ano agrícola de 2009/10. Os experimentos foram conduzidos em solos de várzea e com irrigação por inundação.

Avaliou-se a produtividade de grãos (em kg ha⁻¹) de todos os genótipos. Posteriormente, realizaram-se as análises de variância individuais para cada ambiente. As homogeneidades dos quadrados médios do resíduo foram analisadas pelo teste de Hartley (Ramalho, Ferreira and Oliveira 2005). Após verificação dessa condição, procedeu-se com as análises de variância conjunta.

Na classificação das produtividades medias dentro de um mesmo ambiente, foi atribuído o posto 1 ao genótipo de maior produtividade média e o posto p ao de menor. Nos casos de empate nos postos, atribuiu-se a média aritmética dos postos aos genótipos envolvidos, conforme Livorenti and Matsuoka (2001).

Huehn (1990) apresentou a média mais simples de estabilidade no campo não paramétrico, a qual se baseia na variância dos postos para um determinado genótipo, ao longo de todos os ambientes, por meio da seguinte expressão:

$$s_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - \bar{r}_i)^2}{(n-1)}$$

em que,

s_i^2 é a variância do genótipo i baseada nos postos de todos os ambientes;

r_{ij} é o posto (classificação) do genótipo i no ambiente j e,

\bar{r}_i é a média dos postos do genótipo i em n ambientes.

Por essa metodologia, os genótipos que apresentam menor variância nos postos, são considerados mais estáveis. Fox et al. (1990) propuseram uma estratificação destes postos para a definição de estabilidade de um determinado genótipo. Esses autores sugeriram, intuitivamente, que os genótipos cujas produtividades ocupassem consistentemente o terço superior dos postos (menores valores = maiores produtividades) seriam estáveis e teriam características favoráveis a seleção, ao passo que aqueles que ocupassem o terço inferior dos postos (maiores valores = menores produtividades) seriam igualmente estáveis, mas não deveriam ser selecionados devido a baixa produtividade.

Todas as análises foram realizadas por meio do aplicativo computacional em Genética e Estatística GENES (Cruz 2008).

Resultados e Discussão

A produtividade média de grãos dos ensaios conduzidos nos seis ambientes foi de aproximadamente 5500 kg ha⁻¹ (Tabela 1). No entanto, Janaúba no ano agrícola de 2007/08 apresentou uma produtividade muito maior que as observadas nos outros ensaios. Janaúba é localizada no norte de Minas Gerais e, geralmente apresenta altas temperaturas e radiação fotossintética de ótima qualidade, condições ideais para elevar a produtividade do arroz. Prova disto é o que ocorreu no agrícola de 2009/10, quando as condições desse ambiente foram bem atípicas, com excesso de chuvas e redução de insolação, o que reduziu drasticamente à produtividade dos genótipos.

Embora a produtividade de grãos seja um caráter quantitativo e, portanto, bastante influenciado pelo ambiente, observou-se nesse estudo coeficientes de variação experimental (CVs) variando abaixo dos 20%. (Tabela 1). Isso mostra que 80% da variação observada foi regulada por fatores controlados. Cargnelutti Filho et al. (2012) avaliaram estatísticas responsáveis pela precisão experimental em ensaios de arroz irrigado e concluíram que CVs abaixo de 32,24% devem gerar estimativas confiáveis. No presente estudo o maior CV observado foi em Lambari no ano agrícola 2008/09 (19,45%), o que demonstra boa precisão experimental e confiabilidade nas estimativas obtidas.

Tabela 1 Produtividade média de grãos ($\bar{Y}_{.j}$), quadrado médio do resíduo (QMR) e coeficiente de variação experimental (CV %) dos ensaios de competição de 19 genótipos de arroz irrigado (15 linhagens experimentais e quatro testemunhas comerciais), avaliados em seis ambientes nos anos agrícolas de 2007/08, 2008/09 e 2009/10, em Minas Gerais, Brasil.

Ambiente	$Y_{.j}$	QMR	CV(%)
Janaúba 2007/08	8562	666782,61	9,54
Leopoldina 2007/08	5006	361235,43	12,01
Lambari 2008/09	4373	715009,63	19,34
Leopoldina 2008/09	4063	548655,64	18,23
Janaúba 2009/10	5354	1022055,87	18,88
Leopoldina 2009/10	5964	808967,62	15,08

O uso da metodologia não paramétrica proposta por Fox et al. (1990) permite a seleção de genótipos com maior estabilidade (terço superior da variância dos índices) e simultaneamente maior produtividade (terço superior da média dos índices). Dessa forma, é possível identificar que os genótipos que se apresentam como mais produtivos e estáveis são a testemunha comercial Predileta e a linhagem experimental BRA 031018 (Tabela 2). Genótipos como CNAi 9091, MGI 0517-25 e BRA 02691 que se mostraram com estabilidade e produtividade razoáveis e BRA 02697 e BRA 02708 com alta estabilidade e produtividade moderada, apresentam alguma limitação mas podem ser empregados em programas de melhoramento como genitores. Analogamente, os genótipos que apresentam sinais negativos mostram-se com baixa estabilidade e produtividade. Assim, é possível descartá-los de imediato e concentrar os recursos físicos e financeiros nos genótipos que apresentam potencial.

Do exposto, depreende-se que a metodologia não paramétrica proposta por Huenh (1990) e Fox et al. (1990) é simples, porém bastante prática para inferir acerca da estabilidade de genótipos de arroz irrigado, possibilitando identificar e descartar genótipos indesejáveis para concentrar os esforços naqueles potencialmente superiores.

Tabela 2 Estimativas da estabilidade de 19 genótipos de arroz irrigado (15 linhagens experimentais e quatro testemunhas comerciais), avaliados em seis ambientes nos anos agrícolas de 2007/08, 2008/09 e 2009/10, em Minas Gerais, Brasil.

Genótipos	Médias dos índices	Variância dos índices	Terço superior	
			Média	Variância
BRA 031001	21,61	744,58	-	-
BRA 041099	16,21	397,85	-	-
MGI 0503-2	14,88	274,05	-	-
BRA 02691	9,17	96,13	0	0
BRA 02697	7,46	39,43	0	+
MGI 0508-23	11,99	196,89	-	-
BRA 02706	18,30	491,57	-	-
BRA 02708	6,55	37,55	0	+
BRA 031006	20,16	621,30	-	-
BRA 01330	17,29	201,74	-	-
Seleta	14,86	286,73	-	-
MGI 0517-25	9,62	85,79	0	0
Ourominas	15,21	295,57	-	-
CNAi 9091	9,16	94,42	0	0
BRA 041230	15,06	351,98	-	-
Predileta	5,69	25,07	+	+

BRA 041236	18,10	484,23	-	-
BRA 031018	5,07	21,16	+	+
Rio Grande	11,78	160,45	-	0

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro a projetos de pesquisa na Epamig por meio do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado, bem como das bolsas de iniciação científica e de produtividade em pesquisa.

Referências

- Cargnelutti Filho A et al. (2012) Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **47**: 336-343.
- Cruz CD (2008) **Programa Genes: Biometria**. Viçosa, Editora UFV. p.94-107.
- Cruz CD and Carneiro PCS (2003) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, Editora UFV. 585p.
- Fox PN et al. (1990) Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. **Euphytica** **47**: 57-64.
- Huehn M (1990) Nonparametric estimation and testing of genotype-by-environment interaction by ranks. In: Kang MS. (Ed.) **Genotype-by-environment interaction and plant breeding**. Baton Rouge, Louisiana State University Agricultural Center, p. 63-93.
- Livorenti NA and Matsuoka S (2001) Combinação de métodos paramétricos e não-paramétricos na análise de estabilidade de cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **36**: 653-658.
- Ramalho MAP, Ferreira DFA and Oliveira AC (2005) **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras, Editora UFLA, 322p.
- Silva GAP et al. (2013) Análise da adaptabilidade e estabilidade de produção em ensaios regionais de feijoeiro para o Estado de São Paulo. **Revista Ceres** **60**: 59-61.