

ESTIMATIVAS DE ANÁLISE DE TRILHA PARA OS COMPONENTES DE RENDIMENTO EM ARROZ IRRIGADO

Eduardo Anibele Streck¹; Gabriel Almeida Aguiar²; Ariano Martins de Magalhães Jr.³; Paulo Ricardo Reis Fagundes⁴; Matheus Huber⁵; Tuisse Kuhn Krüger⁶

Palavras-chave: melhoramento genético, produtividade, correlação.

INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento genético de plantas, a correlação entre variáveis é de extrema importância para realizar-se seleção simultânea entre características ou quando o caráter de interesse apresenta baixa herdabilidade ou difícil mensuração e identificação. Assim, um mecanismo utilizado é a seleção de plantas com base em características que estão correlacionadas com a variável principal. Logo, conhecendo-se a magnitude de correlação de uma variável explicativa em relação à principal, pode-se avaliar a influência sobre a mesma. Porém, podem ocorrer alguns equívocos nas estratégias de seleção das características avaliadas a partir da quantificação da magnitude das correlações entre as variáveis. A alta correlação entre dois caracteres pode ser resultado do efeito de um terceiro sobre eles, ou de um grupo de caracteres (CRUZ et al., 2012).

A correlação permite prever as alterações em um determinado caráter provocadas pela pressão de seleção exercida sobre outro caráter (COIMBRA et al., 1999). Contudo, essa é apenas uma medida de associação, que não permite conclusões sobre causa e efeito, não possibilitando inferências sobre o tipo de associação que governa um par de caracteres Y/X (COIMBRA et al., 2005).

Visando compreender melhor associações entre diferentes caracteres, WRIGHT (1921) propôs um método de desdobramento das correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre uma variável principal. Este método foi denominado de análise de trilha ("Path analysis"). DEWEY e LU (1959) foram os primeiros pesquisadores a utilizar a metodologia em plantas. Os mesmos autores destacaram que os métodos de correlação linear e regressão múltipla foram os primeiros métodos a serem utilizados nas análises de componentes de rendimento, no entanto, a análise de trilha pode detectar alguns efeitos diretos ou indiretos que atuam sobre o rendimento, que produzem associações particulares sobre esse efeito.

Neste contexto, o trabalho objetiva evidenciar as associações diretas e indiretas dos principais componentes relacionados à produtividade da cultura do arroz irrigado via análise de trilha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Estação de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado em Capão do Leão no estado do Rio Grande do Sul, na safra 2014/2015. A experimentação foi implementada sob delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, sendo as parcelas compostas por 9 fileiras de 5 m de comprimento com espaçamento de 0,17 m entre linhas. A área útil da parcela foi constituída por 4 m centrais das quatro fileiras internas, de modo a, excluir algum efeito incidente sobre a bordadura. A densidade de semeadura utilizada foi de 100 kg ha⁻¹, utilizando-se uma semeadora mecânica de parcelas, sob sistema de plantio direto. A adubação de base foi de 300 kg ha⁻¹ de NPK (fórmula 5-20-20) e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado

^{1,2} Doutorando em Fitomelhoramento, Pós-graduação em Agronomia – UFPel/Embrapa Clima Temperado, endereço, streck.eduardo@gmail.com.

^{3,4} Pesquisador – Embrapa Clima Temperado

^{5,6} Estagiário – Embrapa Clima Temperado

50% da dose no estádio V4 e o restante no estádio R0 (diferenciação do primórdio floral). O controle de plantas daninhas do experimento foi realizado através aplicação de herbicidas recomendados para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2014). Utilizou-se o sistema de irrigação por inundação permanente até o estádio de final de maturação dos genótipos.

Foram avaliadas dez plantas por unidade experimental de sete genótipos de arroz irrigado, sendo quatro cultivares (BRS Pampa, BR IRGA 409, BRS 7 'Taim' e BRS Sinuelo CL) e duas linhagens (BRA 051108 e AB 10101) da Embrapa, recomendados para cultivo no Rio Grande do Sul. Sendo avaliados sob dez caracteres: produtividade de grãos por unidade de área em kg ha⁻¹ (Prod), altura de plantas (Alt)(cm), dias até a floração (DAF), comprimento de panícula (CP)(cm), peso de panícula (PP)(g), número de espiguetas férteis por panícula (NEF); número panículas por metro quadrado (NPMQ), peso mil grãos (PMG)(g), número de perfilhos por planta (NPP) e número de espiguetas estéreis por panícula (NEE). A partir do dados obtidos à campo, determinou-se as correlações fenotípicas, via método de *bootstrap* com 10000 simulações e, posteriormente, verificou-se a análise dos coeficientes da análise de trilha.

Os procedimentos estatísticos foram processados através do aplicativo computacional em genética e estatística, GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância univariada (Tabela 1) demonstrou haver diferença significativa pelo teste F para todas as dez variáveis quantitativas analisadas, apresentando coeficientes de variação entre 1,64% para a variável altura de plantas e 17,6% para a variável número de espiguetas estéreis. Sendo que, a variável que foi mais influenciada pelo ambiente foi número de perfilhos por plantas (Herdabilidade=73,9%), ou seja, 26,1 % da variação fenotípica existente é de ordem ambiental e não em decorrência da constituição genética.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos do experimento. Embrapa Clima Temperado, 2015.

FV	GL	Quadrados Médios									
		Prod	DAF	Alt	NEF	PP	CP	NPP	NPMQ	NEE	PMG
Blocos	3	157811.7491	7.7083	0.49	22.1128	0.0622	0.2376	0.6238	565	31.8228	0.4917
Genótipos	5	4089355.8594**	114.075**	156.8337**	692.8267**	0.5569**	11.6029**	4.7304*	18746.4667**	257.6777**	1.8754**
Resíduo	15	290598.4308	3.1417	2.057	107.9271	0.0697	0.5027	1.2344	630.8	8.8334	0.3699
Média	.	8899.54	90.88	87.27	116.71	3.54	23.1	7.42	384.17	16.89	26.66
CV(%)	.	6.06	1.95	1.64	8.9	7.45	3.07	14.97	6.54	17.6	2.28
Mínimo	.	7162.36	84	76.3	93.9	2.91	19.05	5	290	3.7	24.75
Máximo	.	10734.94	100	98.1	148.3	4.31	25.25	10.6	537	34	27.96
S² genética	.	949689.3571	27.7333	38.6942	146.2249	0.1218	2.775	0.874	4528.9167	62.2111	0.3764
S² ambiental	.	290598.4308	3.1417	2.057	107.9271	0.0697	0.5027	1.2344	630.8	8.8334	0.3699
H (%)	.	92.89	97.25	98.69	84.42	87.48	95.67	73.9	96.64	96.57	80.28

** : * significativo a 1% e 5% de probabilidade; respectivamente; pelo teste F

As correlações fenotípicas entre os pares de características analisadas demonstraram correlações com diferentes magnitudes, possibilitando identificar pares de características com correlações significativas e não significativas. No melhoramento de plantas, por questões de seleção de caracteres mais importantes, de modo a facilitar e otimizar o trabalho, são verificados mais amplamente o sinal (positivo ou negativo) e a magnitude dos valores na interpretação das correlações.

Observou-se correlações fenotípicas significativas (1 e 5% de probabilidade) entre as variáveis explicativas e a variável principal produtividade de grãos (Tabela 2), sendo que, a maior magnitude de correlação positiva significativa foi observada para a variável número de espiguetas férteis (NEF) (0,9826), ou seja, tem grande efeito sobre a variável principal. Logo, a busca por maior número de espiguetas férteis, quer seja pelo maior número de panículas por metro quadrado ou pelo maior comprimento de panículas, tende a elevar o

índice de colheita. Já a maior e única magnitude de correlação negativa significativa foi encontrada para a variável número de espiguetas estéreis (NEE)(-0,557).

As estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável resposta principal produtividade (Tabela 2), evidenciou que as variáveis peso de panícula, número de panículas por metro quadrado e peso de mil grãos, evidenciaram magnitudes positivas do efeito direto pronunciados sobre a produtividade, logo, a correlação existente explica grande parte da verdadeira associação. De acordo com AKITA (1995), a menor participação de fotoassimilados para o crescimento de órgãos vegetativos em cultivares semi-anãs resultou em maior acúmulo de carboidratos não estruturais nos caules e nas bainhas antes do florescimento, sendo prontamente translocados para as panículas e utilizados no enchimento de grãos. Além dessas variáveis, também detectou-se uma influência da altura na produtividade, no entanto, podendo ser explicada pela variação inerente com o tamanho de panícula e/ou por ter-se uma baixa representatividade do caráter diante dos genótipos utilizados. O comprimento de panícula, bem como número de espiguetas férteis, demonstraram alta correlação significativa, no entanto, tem efeito indireto sobre a produtividade via peso de panícula e peso de mil grãos.

O alto coeficiente de determinação (r^2) total, associado ao efeito da variável residual, indicam que os efeitos dessas variáveis primárias explicam de forma concisa as variações na variável resposta principal de produtividade de grãos.

Tabela 2 – Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos coeficientes de trilha, estimados a partir da correlação fenotípica, sobre produtividade de grãos nos genótipos de arroz. Embrapa Clima Temperado, 2015.

VARIÁVEL	DAF	VARIÁVEL	PP	VARIÁVEL	NPMQ
EFEITO DIRETO SOBRE	Prod 0.1516948	EFEITO DIRETO SOBRE	Prod 0.53089803	EFEITO DIRETO SOBRE	Prod 0.538696
EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.17835235	EFEITO INDIRETO VIA	DAF 0.06689741	EFEITO INDIRETO VIA	DAF 0.0054
EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.06904151	EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.40026907	EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.34061
EFEITO INDIRETO VIA	PP 0.23412603	EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.28415638	EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.30151
EFEITO INDIRETO VIA	CP -0.09433031	EFEITO INDIRETO VIA	CP -0.22751297	EFEITO INDIRETO VIA	CP 0.429709
EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.22675105	EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.21068576	EFEITO INDIRETO VIA	PP -0.16297
EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.01917757	EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.43602032	EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.17355
EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.00270522	EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.00655775	EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.008254
EFEITO INDIRETO VIA	PMG -0.0260331	EFEITO INDIRETO VIA	PMG 0.19853848	EFEITO INDIRETO VIA	PMG 0.275578
TOTAL	0.1699ns	TOTAL	0.9168++	TOTAL	0.9602++

VARIÁVEL	Alt	VARIÁVEL	CP	VARIÁVEL	NEE
EFEITO DIRETO SOBRE	Prod 0.56872559	EFEITO DIRETO SOBRE	Prod -0.29635661	EFEITO DIRETO SOBRE	Prod -0.0119
EFEITO INDIRETO VIA	DAF 0.04757149	EFEITO INDIRETO VIA	DAF 0.04828445	EFEITO INDIRETO VIA	DAF -0.03448
EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.22444733	EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.52851669	EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.006938
EFEITO INDIRETO VIA	PP 0.37364603	EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.22357339	EFEITO INDIRETO VIA	NEF 0.204066
EFEITO INDIRETO VIA	CP -0.2754042	EFEITO INDIRETO VIA	PP 0.40750742	EFEITO INDIRETO VIA	CP -0.29252
EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.20643531	EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.12603684	EFEITO INDIRETO VIA	PP 0.012832
EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.32262487	EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.29622278	EFEITO INDIRETO VIA	NPP 0.086126
EFEITO INDIRETO VIA	NEE -0.0001452	EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.00051534	EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ -0.37359
EFEITO INDIRETO VIA	PMG 0.14759578	EFEITO INDIRETO VIA	PMG 0.08939849	EFEITO INDIRETO VIA	PMG -0.15447
TOTAL	0.7537++	TOTAL	0.7246+	TOTAL	-0.557+

VARIÁVEL	NEF	VARIÁVEL	NPP	VARIÁVEL	PMG
EFEITO DIRETO SOBRE	Prod -0.31212256	EFEITO DIRETO SOBRE	Prod -0.36020818	EFEITO DIRETO SOBRE	Prod 0.321
EFEITO INDIRETO VIA	DAF 0.03355489	EFEITO INDIRETO VIA	DAF 0.09549188	EFEITO INDIRETO VIA	DAF -0.0123
EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.40897057	EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.32593664	EFEITO INDIRETO VIA	Alt 0.2615
EFEITO INDIRETO VIA	PP 0.48332956	EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.1622101	EFEITO INDIRETO VIA	NEF -0.23365
EFEITO INDIRETO VIA	CP -0.21228024	EFEITO INDIRETO VIA	PP 0.31052226	EFEITO INDIRETO VIA	CP 0.32836
EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.18720019	EFEITO INDIRETO VIA	CP -0.10369518	EFEITO INDIRETO VIA	PP -0.08254
EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.52038008	EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.2595436	EFEITO INDIRETO VIA	NPP -0.23075
EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.00778123	EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.00284566	EFEITO INDIRETO VIA	NPMQ 0.46247
EFEITO INDIRETO VIA	PMG 0.24030057	EFEITO INDIRETO VIA	PMG 0.20563258	EFEITO INDIRETO VIA	NEE 0.005727
TOTAL	0.9826++	TOTAL	0.5739+	TOTAL	0.8198++

COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO ==> 1.0000

EFEITO DA VARIÁVEL RESIDUAL: 0.000

ns - não significativo a 1% e 5% respectivamente pelo método de bootstrap com 10000 simulações

++ ; + Significativo a 1% e 5% respectivamente pelo método de bootstrap com 10000 simulações

CONCLUSÃO

O número de panículas por metro quadrado (NPMQ), peso de panícula e peso de mil grãos são os fatores que mais contribuíram para a produtividade, tanto via correlação fenotípica quanto via efeitos diretos. Comprimento de panícula e número de espiguetas férteis mostraram potencial de uso na seleção indireta para o caráter produtividade de grãos.

AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA pela disponibilidade da base física e à CAPES pela concessão de apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKITA, S. Aspectos ecofisiológicos relacionados ao aumento do potencial de rendimento biológico e comercial da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.). In: **CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA AMÉRICA LATINA E O CARIBE**, 9.; RENAPA, 9., 1994, Goiânia. Arroz na América Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1995. v.1, p.57-76. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 60).
- COIMBRA, J. L. M., GUIDOLIN, A. F., CARVALHO, F. D., COIMBRA, S. M. M., MARCHIORO, V. S. Análise de trilha: análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 213-218, 1999.
- COIMBRA, J. L. M. et al. Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, v. 35, n. 02, p. 347-352, 2005.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Editora UFV. 2012, v. 1, cap. 9, p. 392-451.
- DEWEY, D.R.; LU, K.H. A correlation path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal, Madison**, v.51, p.515-518, 1959.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Bento Gonçalves: SOSBAI, 2014. 189p.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v.20, p.557-585, 1921.