

CORRELAÇÃO E ANÁLISE DE TRILHA DE PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E SEUS COMPONENTES E CARACTERES DE PLANTA EM MILHO

CORRELATION AND PATH ANALYSIS OF YIELD AND ITS COMPONENTS AND PLANT TRAITS IN CORN

¹NOGUEIRA, P. A. G.; ²ZOZ, T.; ³NUNES, J. G. S.; ⁴FILHO, P.R.R.; ⁵VENTURINI, G.C.

^{1,2,3,4 e 5}Curso de Agronomia – Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM

RESUMO

O rendimento de grãos de determinada cultura e resultado da combinação dos seus componentes de rendimento e caracteres de planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de rendimento de grãos e os caracteres de planta que estão relacionados com a rendimento de grãos em híbridos de milho, identificando por meio da análise de trilha características que possam ser utilizadas na seleção indireta de genótipos com maior produtividade de grãos. O experimento foi implantado a campo na fazenda experimental pertencente as Faculdades Integradas de Ourinhos - FIO, na safra de verão. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por 15 híbridos de milho. Para compor o modelo da análise de trilha foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro do colmo, número de grãos por espiga, comprimento de espiga, massa de 100 grãos e rendimento de grãos. Para a seleção de híbridos de milho visando obter maior rendimento de grãos deve-se realizar a seleção simultânea e indireta de plantas com maior altura de planta, altura de inserção de espiga e número de grãos por espiga.

Palavras-chave: Híbridos. Rendimento de Grãos. Seleção indireta. *Zea mays*.

ABSTRACT

The grain yield of the culture is results from the combination of its yield components and plant traits. The aim of this study was to evaluate the components of grain yield and plant traits that are related to grain yield in corn hybrids, identifying through path analysis traits that can be used for indirect selection of genotypes with high grain yield. The experiment was carried in the field at the experimental farm of Faculdades Integradas de Ourinhos - FIO, on the summer harvest. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments consisted of 15 corn hybrids. To compose the path analysis model were evaluated the following characteristics: plant height, spike insertion height, stem diameter, number of grains per spike, spike length, weight of 100 grains and grain yield. For the selection of corn hybrids in order to obtain higher grain yield should be performed simultaneously and indirect selection of plants with higher plant height, spike insertion height and number of grains per spike.

Keywords: Indirect Selection. Grain Yield. Hybrids. *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e pela China. A cultura ocupou em 2009/2010 uma área de 12,9 milhões de hectares, sendo responsável por uma produção de 56,1 milhões de toneladas de grãos, apresentando um rendimento médio de 4.340 kg ha⁻¹ (4.412 kg ha⁻¹ na safra e 4.233 kg ha⁻¹ na safrinha), inferior à média mundial que é de 4.750 kg ha⁻¹. (CONAB, 2011).

O conhecimento da correlação entre dois caracteres é de grande importância no melhoramento, principalmente quando se trabalha com caracteres de baixa herdabilidade ou de difícil mensuração. Apesar da sua grande utilidade na quantificação da magnitude as correlações podem resultar em equívocos na relação entre duas variáveis, podendo não ser uma medida real de causa e efeito. Assim, uma alta correlação entre dois caracteres pode ser consequência do efeito indireto de outros caracteres. (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Furtado et al. (2002) ressaltam que a correlação quantifica a associação entre duas variáveis quaisquer e portanto, não permite inferências sobre causa e efeito, impossibilitando o conhecimento de qual tipo de associação governa o par de caracteres.

A análise de trilha, proposta por Wright (1921), permite particionar o coeficiente de correlação em efeitos diretos e indiretos (coeficiente de trilha). Para Cruz e Carneiro (2003) esta análise pode ser definida como um coeficiente de regressão padronizado, sendo uma expansão da análise de regressão múltipla, quando estão envolvidos inter-relacionamentos complexos.

Para que a seleção seja realizada de forma eficiente, são necessárias informações sobre a natureza e a magnitude das variações fenotípicas observadas em uma determinada população, bem como sobre as correlações de outras características agrônômicas com a produtividade, ou mesmo entre elas, e sobre a extensão da influência ambiental na expressão das características estudadas. (GOMES et al., 2007).

A análise de trilha permite a obtenção de plantas com maior rendimento por meio de seleção indireta através de caracteres que apresentam maior efeito direto sobre a produtividade.

Este trabalho tem por objetivo avaliar os componentes da produtividade de grãos e os caracteres de planta que estão relacionados com a produtividade de grãos em híbridos de milho, identificando por meio da análise de trilha características que possam ser utilizadas na seleção indireta de genótipos com maior produtividade de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental pertencente às Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO, no município de Ourinhos, situada nas seguintes coordenadas 22°58'44" S e 49°52'14" W, e altitude de 483 metros

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd). As características químicas e físicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo na camada de 0 – 20 cm antes da implantação do experimento

Camada	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	MO	V	Al	P
Cm	----- mmol _c dm ⁻³ -----					-----		g dm ⁻³	----- % -----	mg dm ⁻³	
0-20	23,0	8,0	1,4	0,0	31,0	32,0	63,0	16,0	51,0	0,00	20,0
	Micronutrientes						Granulometria				
Camada	Fe	Mn	Cu	Zn	B	pH (CaCl)	Areia	Silte		Argila	
Cm	----- mg dm ⁻³ -----					-----		g kg ⁻¹ -----		-----	
0-20	55,0	11,1	2,0	1,0	0,37	5,10	640	98		263	

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por 15 híbridos de milho, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos híbridos utilizados no experimento

Híbrido	Tipo de Híbrido	Ciclo	Tipo de grão
2B 587 PW	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
2B 710 PW	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
2B 604 PW	Híbrido Simples	Precoce	Duro
DKB 390 PRO2	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
DKB 310 PRO	Híbrido Simples	Semi-Precoce	Semi-duro
DKB 340 PRO	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
DKB 175 PRO2	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
ADV 9434	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
ADV 9275	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
GNZ 9626 PRO	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
GNZ 9688 PRO	Híbrido Simples	Precoce	Duro
GNZ 9505 Yeldgard	Híbrido Simples	Super-Precoce	Semi-duro
SYN 7316 VIP	Híbrido Simples	Precoce	Semi-duro
SYN 9617 TL	**	**	**
SYN PRÉ-COMERCIAL	**	**	**

**Informações não fornecidas pela empresa detentora do híbrido.

A semeadura foi realizada no dia 15 de novembro de 2012, em sistema de plantio direto, a profundidade de 7,0 cm sendo distribuídas três sementes por

metro. O espaçamento entrelinhas adotado foi de 0,5 m. A parcela foi composta por oito linhas com 5,0 m de comprimento.

A adubação de base foi realizada com aplicação 350 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 06-24-12. A adubação de cobertura foi realizada aos 22 dias após a semeadura aplicando-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de nitrato de amônia. Para o controle de plantas daninhas foi aplicado 3,0 L ha⁻¹ de glyphosate e 75 ml ha⁻¹ de carfentrazona-etílica.

Ao fim do ciclo da cultura as seguintes características foram avaliadas:

- Altura de planta – medida do solo até o ápice da planta;
- Altura de inserção da espiga – medida do solo até a base da espiga;
- Diâmetro do colmo – medido com um paquímetro no primeiro entrenó da planta;
- Comprimento de espiga – medida da base até o ápice da espiga;
- Número de grãos por espiga – obtido através da multiplicação do número de fileiras por espiga pelo número de grãos em uma fileira de grãos;
- Massa de 100 grãos – obtido através da média do peso de quatro amostras de 100 grãos em cada parcela;
- Rendimento de grãos – obtida através da colheita e trilha de todas as plantas da área útil da parcela e posteriormente convertida em kg ha⁻¹.

Os dados serão submetidos à análise de variância, e a significância dos quadrados médios obtidos na análise de variância será testada pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

A análise de variância para as características avaliadas entre os híbridos será realizada adotando-se o seguinte esquema da análise de variância (Tabela 3):

Tabela 3. Esquema da análise de variância entre os genótipos

F.V.	G.L.	Q.M.	F
Blocos	r - 1	-	-
Híbridos	g - 1	QMH	QMH/QME
Erro	(r - 1) (c - 1)	QME	-
Total	rg - 1	-	-

As correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais para características avaliadas serão estimadas pela análise de variância e covariância. A partir dos valores observados para as características X e Y em um mesmo híbrido, será

realizada a análise de variância para cada característica separadamente e para a soma delas ($X + Y$), (CRUZ; REGAZZI, 1997). Com base no produto médio dos híbridos (PMH), produto médio do erro (PME), quadrado médio dos híbridos (QMH), quadrado médio do erro (QME) e número de repetições (r), serão estimados os coeficientes de correlação, utilizando as seguintes fórmulas:

- **Coefficiente de correlação fenotípica (r_f):**

$$r_f = \frac{\hat{\sigma}_F(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_F^2(X) \cdot \hat{\sigma}_F^2(Y)}}$$

$\hat{\sigma}_F(X, Y)$ = Covariância fenotípica, obtida do PMG(X,Y)/r

$\hat{\sigma}_F^2(X)$ = Variância fenotípica de X, obtida do QMG(X)/r

$\hat{\sigma}_F^2(Y)$ = Variância fenotípica de Y, obtida do QMG(Y)/r

- **Coefficiente de correlação genotípica (r_g):**

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_g(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2(X) \cdot \hat{\sigma}_g^2(Y)}}$$

$\hat{\sigma}_g(X, Y)$ = Covariância genotípica, obtida por: [PMG(X,Y) – PME(X,Y)]/r;

$\hat{\sigma}_g^2(X)$ = Variância genotípica de X, obtida por: [QMG(X) – QME(X)]/r;

$\hat{\sigma}_g^2(Y)$ = Variância genotípica de Y, obtida por: [QMG(Y) – QME(Y)]/r.

- **Coefficiente de correlação ambiental (r_e):**

$$r_e = \frac{\hat{\sigma}_e(X, Y)}{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2(X) \cdot \hat{\sigma}_e^2(Y)}}$$

$\hat{\sigma}_e(X, Y) = \text{Covariância de ambiente, dada pelo valor do PME}(X, Y);$

$\hat{\sigma}_e^2(X) = \text{Variância de ambiente de X, obtida do QME}(X);$

$\hat{\sigma}_e^2(Y) = \text{Variância de ambiente de Y, obtida do QME}(Y).$

Os coeficientes de correlação fenotípica e correlação genotípica serão desdobrados em efeitos diretos e indiretos das características avaliadas (variáveis independentes) sobre a produtividade de grãos (variável dependente) por meio da análise de trilha (WRIGHT, 1921).

As matrizes de correlação fenotípica e de correlação genotípica serão submetidas ao teste de multicolinearidade (MONTGOMERY; PECK, 1981). Segundo Montgomery e Peck (1981) o grau de multicolinearidade da matriz $X'X$ é calculado com base no seu número de condição (NC), que é dado pela divisão entre o maior e o menor autovalor da matriz. Segundo Carvalho et al. (2002), se NC for menor que 100, a multicolinearidade é considerada fraca e não causa problema sério na análise, se NC ficar entre 100 e 1000, a multicolinearidade é considerada de moderada a forte, e NC maior que 1000 a multicolinearidade é considerada severa.

No caso em que for constatada multicolinearidade moderada a forte ou severa será adicionada uma constante k aos valores dos elementos da diagonal da matriz, como proposto por Hoerl e Kennard (1970). O valor da constante k será determinado quando todos os valores de inflação da variância ficarem abaixo de 10. A ocorrência de no mínimo um fator de inflação da variância com valor maior que 10 é suficiente para que os coeficientes de regressão associados a estes valores tenham suas estimativas afetadas pela multicolinearidade. (NETER et al., 1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações genotípicas apresentaram igual sinal e, na maior parte dos casos, valores maiores que suas correspondentes correlações fenotípicas (Tabela 4), indicando que a expressão fenotípica é reduzida devido às influências do ambiente. Desta forma, as correlações fenotípicas podem ser úteis na ausência das estimativas das correlações genotípicas.

As correlações ambientais entre os caracteres com diferenças em magnitude e sinal, em relação às respectivas correlações genotípicas, revelaram que o ambiente favoreceu um caráter em detrimento do outro (FALCONER, 1989), dificultando a seleção indireta (Tabela 4). Diante disso pode-se citar a correlação entre o número de grãos por espiga e altura de planta, também a correlação entre o comprimento da espiga e o diâmetro do caule, as correlações entre a massa de 100 grãos e altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro do caule e comprimento de espiga e por último as correlações entre o rendimento de grãos e altura de planta, altura de inserção de espiga, diâmetro do caule, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos (Tabela 4).

Tabela 4. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (F), ambiental (A) e genotípica (G), entre oito características avaliadas em 15 híbridos de milho

		ALT	INS	DIM	NGE	CPE	M100
INS	F	0,894**	-	-	-	-	-
	A	0,697**	-	-	-	-	-
	G	0,903**	-	-	-	-	-
DIM	F	0,387**	0,368**	-	-	-	-
	A	0,219 ^{ns}	0,170	-	-	-	-
	G	0,396**	0,379**	-	-	-	-
NGE	F	-0,400**	-0,389**	0,040	-	-	-
	A	0,001	-0,063	0,189	-	-	-
	G	-0,428**	-0,412**	0,028	-	-	-
CPE	F	0,326*	0,354**	0,253	0,180	-	-
	A	0,099	0,063	-0,085	0,219	-	-
	G	0,421**	0,464**	0,360**	0,190	-	-
M100	F	0,400**	0,474**	0,280*	-0,519**	0,604**	-
	A	-0,246	-0,203	-0,341**	-0,029	-0,074	-
	G	0,429**	0,502**	0,311	-0,553**	0,823**	-
REND	F	0,483**	0,561**	0,184	0,146	0,150	-0,068
	A	-0,075	-0,059	-0,186	-0,135	0,023	0,524**
	G	0,560**	0,646**	0,235	0,191	0,210	-0,131

ALT - altura de planta, INS – altura de inserção da primeira espiga, DIM - diâmetro do colmo, NGE - número de grãos por espiga, CPE – comprimento da espiga, M100 - massa de 100 grãos e REND - rendimento de grãos de híbridos de milho. **, *: Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Em alguns casos a correlação ambiental foi maior que suas respectivas correlações genotípicas e fenotípicas, indicando que a expressão dos caracteres nesses casos teve maior influência do ambiente do que do genótipo. É o caso das correlações entre diâmetro do colmo e o número de grãos por espiga e a massa de 100 grãos, o mesmo também foi verificado para a correlação entre número de grãos por espiga e comprimento de espiga e a correlação entre a massa de 100 grãos e o rendimento de grãos (Tabela 4).

A altura de planta e altura de inserção da primeira espiga apresentaram alta correlação fenotípica e genotípica positiva e significativa com o rendimento de grãos, podendo-se inferir que a seleção de plantas com maior altura de planta e altura de inserção de espiga resultaria em plantas mais produtivas (Tabela 4). Lopes et al. (2002) ressalta que há uma tendência entre os melhoristas de plantas de se valorizar mais o sinal (positivo ou negativo) e a magnitude dos valores na interpretação aplicada das correlações do que a significância das mesmas, analisando desta forma estimativas de correlações abaixo de -0,5 e acima de 0,5.

Os coeficientes de trilha explicaram satisfatoriamente as variações na rendimento de grãos de milho, podendo isso ser confirmado pelo alto valor de determinação do modelo ($r^2 = 0,786$) e pelo pequeno efeito residual (0,430), o que reflete a excelente contribuição das características do modelo para o rendimento de grãos de milho (Tabela 5).

A característica de altura de inserção da primeira espiga apresentou efeito direto com mesmo sinal da correlação e magnitude elevada se comparada com o efeito residual (Tabela 5). Tal fato evidencia que essa característica é o principal determinante do rendimento de grãos de milho, e conseqüentemente pode-se dizer que a seleção indireta simultânea baseada nessa característica poderá ser eficaz na obtenção de plantas com maior rendimento de grãos. Cruz e Regazzi (1997) ressaltam que para fins de melhoramento é importante verificar entre as características que possuem alta correlação com a variável principal (produtividade de grãos neste caso), aqueles de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal forma que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente.

O número de grãos por espiga apresentou baixa correlação genotípica com a produtividade de grãos (0,191), porém apresentou efeito direto de alta magnitude (0,457) (Tabela 5). Portanto a mesma não deve ser descartada na seleção indireta. Sua utilização na seleção simultânea em que mais algumas características são levadas em consideração poderá proporcionar bons resultados.

A altura de planta apresentou alta correlação genotípica com a produtividade de grãos (0,560), entretanto, seu efeito direto é baixo (-0,019), ou seja, abaixo da variável residual (0,430) (Tabela 5). Portanto pode-se constatar que a associação entre a altura de planta e o rendimento de grãos se deve ao efeito indireto da altura de inserção de espiga (0,966) (Tabela 5). Assim, a seleção

baseada apenas na altura de planta não será eficaz, sendo interessante fazer seleção simultânea para altura de planta e inserção da primeira espiga.

Tabela 5. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção e caracteres de planta sobre a produtividade de grãos de híbridos de milho

	Caracteres	Estimativas
Altura de planta		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,019
Efeito indireto via	Altura de inserção da primeira espiga	0,966
Efeito indireto via	Diâmetro do colmo	-0,018
Efeito indireto via	Número de grãos por espiga	-0,196
Efeito indireto via	Comprimento de espiga	-0,032
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos	-0,142
Total		0,560
Altura de inserção da primeira espiga		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	1,071
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,017
Efeito indireto via	Diâmetro do colmo	-0,017
Efeito indireto via	Número de grãos por espiga	-0,188
Efeito indireto via	Comprimento de espiga	-0,035
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos	-0,167
Total		0,646
Diâmetro do colmo		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,045
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,008
Efeito indireto via	Altura de inserção de espiga	0,405
Efeito indireto via	Número de grãos por espiga	0,013
Efeito indireto via	Comprimento de espiga	-0,027
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos	-0,103
Total		0,235
Número de grãos por espiga		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,457
Efeito indireto via	Altura de planta	0,008
Efeito indireto via	Altura de inserção de espiga	-0,441
Efeito indireto via	Diâmetro do colmo	-0,001
Efeito indireto via	Comprimento de espiga	-0,014
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos	0,183
Total		0,191
Comprimento de espiga		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	0,076
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,008
Efeito indireto via	Altura de inserção de espiga	0,497
Efeito indireto via	Diâmetro do colmo	-0,016
Efeito indireto via	Número de grãos por espiga	0,087
Efeito indireto via	Massa de 100 grãos	-0,273
Total		0,210
Massa de 100 grãos		
Efeito direto sobre	Produtividade de grãos	-0,332
Efeito indireto via	Altura de planta	-0,008
Efeito indireto via	Altura de inserção de espiga	0,538
Efeito indireto via	Diâmetro do colmo	-0,014
Efeito indireto via	Número de grãos por espiga	-0,253
Efeito indireto via	Comprimento de espiga	-0,063
Total		-0,131
Coefficiente de Determinação (r^2)		0,786
Efeito da variável residual (EVR)		0,430

Cruz e Regazzi (1997) relatam que características que possuem alta correlação favorável, mas com baixo efeito direto sobre a característica principal indicam que a seleção voltada apenas para a característica em questão pode não proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal, portanto, é melhor adotar a seleção simultânea de caracteres, com ênfase também nos caracteres cujos efeitos indiretos são significativos.

As características de diâmetro do colmo, comprimento de espiga e massa de 100 grãos apresentaram baixa correlação genotípica com o rendimento de grãos, porém apresentaram efeitos indiretos altos via altura de inserção de espiga (Tabela 5).

O número de grãos por espiga apresentou efeito indireto negativo de alta magnitude via altura de inserção da primeira espiga sobre o rendimento de grãos.

De acordo com os resultados da análise de trilha para a obtenção de híbridos de milho com alto rendimento de grãos deve-se realizar a seleção simultânea e indireta de espécimes com maior altura, altura de inserção de espiga e número de grãos por espiga.

CONCLUSÃO

Para a seleção de híbridos de milho visando obter maior rendimento de grãos deve-se realizar a seleção simultânea e indireta de plantas com maior altura, altura de inserção de espiga e número de grãos por espiga.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF**, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Ed. 2, Viçosa: UFV. 1997. 390p.

CONAB. **Acompanhamento de safra Brasileira**: grãos: décimo segundo levantamento, 2010. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 19 de agosto de 2013, 21H:09min.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1989. 483 p.

FURTADO, M. R.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A.; COELHO, A. D. F.; PETERNELLI, L. A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 217-220, 2002.

GOMES, C.N.; CARVALHO, S.P.; JESUS, A.M.S.; CUSTÓDIO, T.N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1121- 1130, 2007.

HOERL, A. E.; KENNARD, R. W. Ridge regression: applications to nonorthogonal problems. **Technometrics**, Washington, DC, v. 12, n. 1, p. 69-82, 1970.

LOPES, A. C. A.; VELLO, N. A.; PANDINI, F.; ROCHA, M. M.; TSUTSUMI, C. I. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley, 1981. 504 p.

NETER, J. **Applied linear statistical models**. Homewood: Richard D. Irwin, 1974. 842 p.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 20, n. 7, p. 557-585, 1921.