

**ADEQUAÇÃO DE MODELOS NO ESTUDO  
DO COEFICIENTE DE TRIJHA DOS  
COMPONENTES PRIMÁRIOS E  
SECUNDÁRIOS DE PROGÊNIES  
F<sub>6</sub> DE SOJA (*Glycine max* (L.)  
MERRILL)<sup>1</sup>**

Carlos Antonio F. Santos<sup>2</sup>

Múcio Silva Reis<sup>3</sup>

Cosme Damiano Cruz<sup>4</sup>

Carlos S. Sedyama<sup>3</sup>

Tuneo Sedyama<sup>3</sup>

**1. INTRODUÇÃO**

Os coeficientes de correlação, sob certas situações, podem produzir equívocos a respeito da relação que existe entre duas variáveis, em virtude do efeito de uma terceira variável ou grupos de variáveis sobre as variáveis em estudo. Uma alternativa é a decomposição da correlação em efeitos diretos e indiretos (5), de forma a permitir a identificação dos

<sup>1</sup>Parte da tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa, para obtenção do título de *Magister Scientiae* em Genética e Melhoramento.

Aceito para publicação em 26.04.1994.

<sup>2</sup>EMBRAPA/CPATSA, Caixa Postal 23. 57600-000 Petrolina, PE.

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

<sup>4</sup>Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa.

componentes mais eficazes a serem considerados no melhoramento.

Quando a relação entre as variáveis explicativas e a variável básica é estruturalmente multiplicativa, recomenda-se a transformação dos dados para escala logarítmica (1), pois uma das premissas da análise de trilha é a aditividade (3). Uma situação como essa é observada entre a produção de grãos e seus componentes primários. Entretanto, outros autores (4) obtiveram resultados semelhantes, com modelos aditivos e multiplicativos, logaritimizando, indistintamente, os componentes primários e secundários da produção de grãos de trigo.

O presente trabalho teve como objetivo decompor as correlações genotípicas entre a produção de grãos e seus componentes primários e alguns componentes secundários, considerando os modelos aditivo e multiplicativo, em progênies  $F_6$  de um cruzamento de soja.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas progênies  $F_6$  de soja, oriundas de seleções realizadas entre famílias  $F_5$  do cruzamento 'Cometa' x 'IAC-8'. O experimento, no delineamento em blocos casualizados, com 72 tratamentos e três repetições, foi conduzido no ano agrícola de 1992/93, em área experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

No desdobramento das correlações genotípicas em efeitos diretos e indiretos, considerou-se o estudo em cadeia das influências de alguns componentes secundários sobre os componentes primários e destes sobre a produção de grãos por planta, conforme diagrama da Figura 1.

Foram considerados como componentes primários da produção de grãos por planta (PRO) os caracteres número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV) e tamanho do grão em g/semente (PIS); e como caracteres secundários, dias para floração (DPF), número de nós na floração (NNF), dias para maturação (DPM), altura da planta na maturação (ALM) e número de nós na maturação (NNM).

O modelo matemático da produção (2) é expresso por:  $PRO = NSV \times NVP \times PCG$ , ou seja, é multiplicativo. Com a logaritimização esse modelo é dado por:  $\text{LogPRO} = \text{LogNSV} + \text{LogNVP} + \text{LogPCG}$ , ou seja, passa a ser aditivo.

Após o estabelecimento das equações básicas da análise de trilha, a resolução na forma matricial foi obtida pelo sistema de equações normais  $X'X\hat{\beta} = X'Y$ , em que

$X'X$  = matriz não-singular das correlações entre as variáveis explicativas;

$\hat{\beta}$  = vetor coluna de coeficientes de trilha ( $p_{xy}$ ); e

$X'Y$  = vetor coluna das correlações entre as variáveis explicativas.

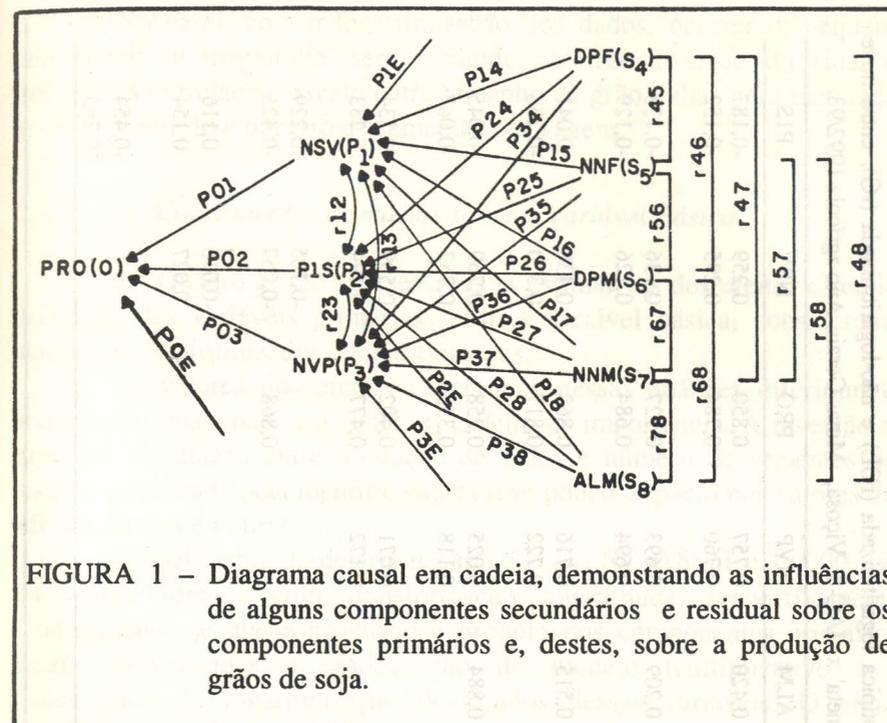


FIGURA 1 - Diagrama causal em cadeia, demonstrando as influências de alguns componentes secundários e residual sobre os componentes primários e, destes, sobre a produção de grãos de soja.

A solução de quadrados mínimos desse sistema é dado por  $\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$  (1).

O coeficiente de determinação para a análise dos componentes primários sobre a variável básica é dado por  $R_{0.123}^2 = \hat{P}_{01}f_{01} + \hat{P}_{02}f_{02} + \hat{P}_{03}f_{03}$ . Já o efeito residual é expresso por

$P_E = \sqrt{1 - R_{0.123}^2}$ . Idênticos procedimentos são adotados no estudo dos componentes secundários sobre cada variável primária.

Na resolução matricial adotaram-se, separadamente, os dois modelos, com logaritimização (aditivo) e sem logaritimização (multiplicativo), apenas para o caráter produção e seus componentes primários. As análises foram executadas pelo programa computacional GENES, desenvolvido pelo setor de Genética do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação genotípicas sem logaritimização, considerando a logaritimização apenas da produção e de seus componentes primários.

QUADRO 1 - Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica logaritimizada (rGL) e não-logaritimizada (rG), entre nove caracteres de progênies F6 do cruzamento 'FT-Cometa' x 'IAC-8'. Viçosa, Minas Gerais. Ano agrícola 1992/93

	r	NNF	DPM	NNM	ALM	NVP	PRO	NSV	PIS
DPF	G	0,867	0,749	0,359	0,420	0,757	0,850	0,259	-0,187
	GL					0,760	0,784	0,295	-0,152
NNF	G		0,506	0,234	0,209	0,693	0,727	0,136	-0,138
	GL					0,694	0,684	0,126	-0,129
DPM	G			0,494	0,515	0,716	0,862	0,438	0,041
	GL					0,722	0,817	0,310	-0,238
NNM	G				0,884	0,025	0,258	0,769	-0,045
	GL					0,118	0,355	0,753	-0,067
ALM	G					0,071	0,402	0,509	0,234
	GL					0,172	0,477	0,494	0,233
NVP	G						0,868	-0,105	-0,229
	GL							-0,057	-0,425
PRO	G							-0,015	0,116
	GL							0,027	0,154
NSV	G								-0,454
	GL								-0,265

No geral, com a logaritimização dos dados, ocorreram pequenas alterações na magnitude, sem, contudo, ocorrer inversão do sinal da respectiva correlação, exceto entre tamanho de grão e dias para maturação e entre produção e número de sementes por vagem.

### 3.1. Componentes Primários sobre a Variável Básica

No Quadro 2 são apresentadas as estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis primárias sobre a variável básica, considerando dados não-logaritimizados e logaritimizados.

Os valores dos efeitos observados nessas análises diferiram de magnitude, mas não em sinal e ordem de importância. A inversão no sinal da correlação entre produção de grãos e número de sementes por vagem, provocada pela logaritimização, teve pouco impacto nos valores dos efeitos diretos e indiretos.

O coeficiente de determinação ( $R^2_{0,123}$ ) foi 0,8871 e 1,0000 para os dados sem e com transformação logaritmica, respectivamente. Considerando-se que a produção é produto dos componentes primários, ficam evidenciadas a inadequação do modelo multiplicativo e a necessidade da logaritimização dos dados dessas variáveis. O efeito residual, estimado em 0,3354 no modelo não-logaritimizado, não pode ser atribuído à ação de outras variáveis ou outras causas de variação não consideradas no modelo, mas à inadequação do mesmo.

A correlação muito baixa entre o número de sementes por vagem e a produção é provocada pelos efeitos indiretos, principalmente, do número de vagens por planta.

A situação mais favorável ao melhoramento é observada no número de vagens por planta, que apresentou valores mais elevados e positivos na correlação e no efeito direto.

### 3.2. Componentes Secundários sobre as Variáveis Primárias

Em virtude da melhor adequação e resolução do modelo aditivo, as análises dos componentes secundários sobre cada variável primária foram efetuadas, considerando-se os dados logaritimizados das variáveis primárias. As estimativas desses efeitos são apresentadas no Quadro 3.

Para o número de sementes por vagem, a melhor combinação, ou seja, efeito direto alto e positivo associado com correlação alta e positiva, além de efeitos indiretos positivos com os demais caracteres secundários, ocorreu com número de nós na maturação e dias para a floração. O aumento do número de sementes por vagem pode ser conseguido por meio

QUADRO 2 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes primários da produção sobre a produção de grãos, obtidos com dados sem e com logaritimização, em progênies F<sub>6</sub> de soja. Viçosa, Minas Gerais. Ano agrícola 1992/93

Caracteres	Estimador	Estimativa sem logaritimização		Estimativa com logaritimização	
NSV					
Efeito direto sobre PRO	$\hat{P}_{01}$	0,3081	0,3299		
Efeito indireto via PCG	$\hat{P}_{02}I_{12}$	-0,1043	-0,0591		
via NVP	$\hat{P}_{03}I_{13}$	-0,2197	-0,2430		
Total	$I_{01}$	-0,0159	0,0277		
PCG					
Efeito direto sobre PRO	$\hat{P}_{07}$	0,4831	0,5708		
Efeito indireto via NSV	$\hat{P}_{01}I_{12}$	-0,2265	-0,1404		
via NVP	$\hat{P}_{03}I_{23}$	-0,1401	-0,2559		
Total	$I_{02}$	0,1165	0,1545		
NVP					
Efeito direto sobre PRO	$\hat{P}_{03}$	0,9886	1,0391		
Efeito indireto via NSV	$\hat{P}_{01}I_{13}$	-0,0325	-0,0187		
via PCG	$\hat{P}_{02}I_{23}$	-0,1161	-0,1515		
Total	$I_{03}$	0,8454	0,8688		
Coefficiente de determinação ( $R^2_{0,123}$ )		0,8871	1,0000		
Efeito residual		0,3359	0,0000		
		Fraca	Fraca		
Colinearidade da matriz dos componentes primários ( $3X'X_3$ )					

QUADRO 3 - Efeitos diretos e indiretos de alguns componentes secundários sobre os componentes primários da produção, obtidos com dados transformados logaritmicamente, em progênies F<sub>6</sub> de soja ('FT-Cometa' x 'IAC-8'). Viçosa, Minas Gerais. Ano agrícola 1992/93

Descrição dos efeitos primários	Componentes primários		
	LogNSV	LogPIS	LogNVP
Efeito direto de DPF	1.4303	-0.7346	-0.0181
Efeito indireto via NNF	-0.8908	0.4871	0.3912
via DPM	-0.3762	-0.1404	0.4879
via NNM	0.6660	-0.5013	-0.1348
via ALM	-0.5340	0.7372	0.0343
Total	0.2952	-0.1520	0.7605
Efeito direto de NNF	-1.0274	0.5617	0.4511
Efeito indireto via DPF	1.2402	-0.6370	-0.0156
via DPM	-0.2541	-0.0948	0.3295
via NNM	0.4339	-0.3266	-0.0878
via ALM	-0.2659	0.3671	0.0171
Total	0.1267	-0.1295	0.6942
Efeito direto de DPM	-0.5021	-0.1873	0.6511
Efeito indireto via DPF	1.0717	-0.5504	-0.0135
via NNF	-0.5198	0.2842	0.2283
via NNM	0.9158	-0.6892	-0.1854
via ALM	-0.6553	0.9046	0.0421
Total	0.3102	-0.2382	0.7226
Efeito direto de NNM	1.8527	-1.3944	-0.3751
Efeito indireto via DPF	0.5142	-0.2641	-0.0065
via NNF	-0.2406	0.1315	0.1056
via DPM	-0.2482	-0.0926	0.3218
via ALM	-1.1244	1.5521	0.0723
Total	0.7537	-0.0674	0.1182
Efeito direto de ALM	-1.2712	1.7548	0.0817
Efeito indireto via DPF	0.6008	-0.3086	-0.0076
via NNF	-0.2149	0.1175	0.0943
via DPM	-0.2588	-0.0965	0.3356
via NNM	1.6387	-1.2333	-0.3318
Total	0.4946	0.2338	0.1724
Coefficiente de determinação	0.9039	0.5878	0.7397
Efeito residual (pE)	0.3099	0.6420	0.5102
Colinearidade da matriz dos componentes secundários ( $.X'X_3$ )			
Fraca			

da seleção correlacionada com esses caracteres. O coeficiente de determinação ( $R^2_{1,45678}$ ) foi 0,90. Assim, o modelo explicativo adotado foi satisfatório para compreensão da relação de causa-efeito na variável

número de sementes por vagem.

A variável mais importante para o tamanho do grão foi altura da planta na maturação. O número de nós na floração que apresentou efeito direto positivo, apesar da correlação negativa, deve também ser considerado na seleção correlacionada com o aumento no tamanho do grão. O coeficiente de determinação foi 0,58, indicando a necessidade de inclusão de novas variáveis para explicar o tamanho do grão.

O número de vagens por planta apresentou, como variáveis mais importantes, o número de nós na floração e dias para maturação. O coeficiente de determinação foi 0,73, indicando que a inclusão de novas variáveis no modelo dificilmente alterará a importância das variáveis.

Nos valores dos efeitos diretos do número de nós na floração e da altura na maturação sobre o número de sementes por vagem, do número de nós na floração sobre tamanho do grão e de dias para floração sobre o número de vagens por planta observa-se um quadro oposto ao fornecido pelo coeficiente de correlação genotípica. Nesses casos, fica evidenciada a influência de outras variáveis sobre o relacionamento em questão e a inadequação da correlação nessas situações.

### 3.3. Efeitos das Variáveis Secundárias sobre a Variável Básica, Via Variáveis Primárias

As estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis secundárias sobre a variável produção de grãos, passando pelos componentes primários, são apresentadas no Quadro 4, considerando-se a logaritimização da produção e seus componentes primários.

No geral, as informações dos efeitos das variáveis secundárias sobre a variável básica confirmam as informações obtidas nas análises de trilha dos componentes secundários sobre os primários e destes sobre a variável básica.

Verifica-se no total dos efeitos que as variáveis dias para maturação, altura da planta na maturação e número de nós na floração apresentaram a melhor combinação de efeito direto e correlação. A melhor situação dessas variáveis ocorre quando se considera a via do número de vagens por planta. Dessa forma, o número de vagens por planta, como componente primário, e dias para maturação, altura da planta na maturação e número de nós na floração, como componentes secundários, surgem como os mais importantes no processo de seleção correlacionada, para aumento da produção de grãos.

O coeficiente de determinação foi, aproximadamente, 0,78. Portanto, o modelo explicativo da Figura 1 foi satisfatório para explicar o inter-relacionamento da produção e dos componentes secundários

QUADRO 4 – Efeitos diretos e indiretos dos componentes secundários sobre a produção de grãos em progênes F<sub>6</sub> de soja, obtidos com a logaritimização da variável básica e dos componentes primários. Viçosa, Minas Gerais. Ano agrícola 1992/93

Descrição dos efeitos secundários	Componentes primários (Via)			Total dos efeitos
	LogNSV	LogPCG	LogNVP	
Efeito direto secundário de DPF	0,4718	-0,4193	-0,0188	0,0337
Efeito indireto de DPF via NNF	-0,2938	0,2780	0,4065	0,3907
via DPM	-0,1241	-0,0801	0,5070	0,3028
via NNM	0,2197	-0,2861	0,1400	-0,2064
via ALM	-0,1762	0,4207	0,0356	0,2801
Total	0,0973	-0,0867	0,7903	0,8009
Efeito direto secundário de NNF	-0,3389	0,3206	0,4687	0,4504
via DPF	0,4091	-0,3635	-0,0162	0,0294
via DPM	-0,0838	-0,0541	0,3423	0,2044
via NNM	0,1431	-0,1864	-0,0912	-0,1345
via ALM	-0,0877	0,2095	0,0177	0,1395
Total	0,0418	-0,0390	0,7213	0,6892
Efeito direto secundário de DPM	-0,1656	-0,1069	0,6765	0,4040
Efeito indireto de DPM via DPF	0,3895	-0,3141	-0,0140	0,0614
via NNF	-0,1714	0,1622	0,2372	0,2280
via NNM	0,3381	-0,3934	-0,1926	-0,2479
via ALM	-0,2162	0,5163	0,0437	0,3438
Total	0,1744	-0,1359	0,7508	0,7893
Efeito direto secundário de NNM	0,6112	-0,7959	-0,3898	-0,5745
Efeito indireto de NNM via DPF	0,1696	-0,1507	-0,0067	0,0122
via NNF	-0,0793	0,0750	0,1097	0,1054
via DPM	-0,0818	-0,0528	0,3343	0,1997
via ALM	-0,3709	0,8859	0,0751	0,5901
Total	0,2488	-0,0385	0,1226	0,3329
Efeito direto secundário de ALM	-0,4193	1,0016	0,0849	0,6672
Efeito indireto de ALM via DPF	0,1982	-0,1761	-0,0078	0,0143
Efeito indireto de ALM via DPM	0,1982	-0,1761	-0,0078	0,0143

(Continua)

QUADRO 4 – Continuação				
Descrição dos efeitos secundários	Componentes primários (Via)			Total dos efeitos
	LogNSV	LogPCG	LogNVP	
via NNF	-0,0709	0,0670	0,0979	0,0940
via DPM	-0,0853	-0,0550	0,3487	0,2084
via NNM	0,5406	-0,7040	-0,3447	-0,5081
Total	0,1633	0,1334	0,1791	0,4758
Coeficiente de determinação aproximado				0,7826
Efeito residual				0,4663

considerados neste estudo.

Dias para floração e número de nós na maturação, apesar de apresentarem correlações positivas e consideráveis, não são caracteres importantes na seleção indireta para aumento da produção de grãos, quando se observam os valores dos efeitos diretos, constatando-se a inadequação dos simples coeficientes de correlação.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Progenies  $F_6$  de soja, oriundas de seleções entre famílias  $F_5$  do cruzamento 'FT-Cometa' x 'IAC-8', foram avaliadas em Viçosa, MG. Os coeficientes de correlações entre nove caracteres quantitativos foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos, considerando-se um diagrama em cadeia e os modelos aditivos e multiplicativos da produção de grãos, além de seus componentes primários.

As análises de trilha, com dados logaritmizados (aditivo) e não-logaritmizado (multiplicativo), apresentaram os mesmos caracteres em ordem de importância. Entretanto, o modelo aditivo foi mais eficiente ao traduzir a determinação total ( $R_{0,123}^2 = 1,0000$ ) dos componentes primários sobre a produção de grãos, devendo ser indicado para essas situações.

O número de vagens por planta, como componente primário, e dias para maturação, altura da planta na maturação e número de nós na floração, como componentes secundários, aparecem como os mais importantes no processo de seleção indireta para aumento da produção de grãos de soja.

#### 5. SUMMARY

##### (ADEQUATION OF MODELS IN THE STUDY OF PATH ANALYSIS FOR PRIMARY AND SECONDARY COMPONENTS OF $F_6$ PROGENIES OF SOYBEAN)

$F_6$  progenies of soybean originated selections among  $F_5$  families of the cross 'FT-Cometa' x 'IAC-8', were investigated in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. The correlation coefficients among nine quantitative characters split into direct and indirect effects, based on a chain diagram and on the additive and multiplicative models for the production of grain and its primary components.

The path analyses, with logarithmized (additive) and non logarithmized (multiplicative) data, presented the same characters in order of importance. However, the additive model was more efficient, in translating the total determination ( $R_{0,123}^2 = 1.0000$ ) of the primary components on the grain production, and thus should be recommended for these situations.

The number of pods per plants, as a primary component, and days of maturation, height of the plant at the maturation stage and the number of knots at blossom, as secondary components, appear as the most important variables in the process of indirect selection for soybean grain production increase.

#### 6. LITERATURA CITADA

1. CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 1994. 390 p.
2. GRAFIUS, J. E. A geometry for plant breeding. *Crop Science* 4:241-246, 1964.
3. LI, C.C. *Path analysis - a primer*. California, Boxwood Press, 1975. 347p.
4. PARODI, P.; PATTERSON, F. L. & NYQUIST, W. E. Interrelaciones entre los componentes principales y secundarios de rendimiento en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Fitotecnia Latinoamericana* 7:1-15, 1970.
5. WRIGHT, S. Correlation and causation. *J. Agric. Res.* 20:557-585, 1921.