

# ANÁLISE DE TRILHA ENTRE OS COMPONENTES PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS DO RENDIMENTO DE GRÃOS EM TRIGO

## PATH ANALYSIS AMONG PRIMARY AND SECONDARY YIELD COMPONENTS IN WHEAT

Eduardo Alano Vieira<sup>1\*</sup>; Fernando Irajá Félix de Carvalho<sup>2</sup>; Antonio Costa de Oliveira<sup>2</sup>; Luís Fernando Martins<sup>3</sup>; Giovani Benin<sup>4</sup>; José Antônio Gonzalez da Silva<sup>5</sup>; Jéferson Coimbra<sup>3</sup>; Andreza Figueirola Martins<sup>3</sup>; Marcos Fontoura de Carvalho<sup>6</sup>; Guilherme Ribeiro<sup>3</sup>

### RESUMO

A estimativa da correlação entre caracteres é um dos parâmetros mais importantes para o melhoramento. Entretanto, a quantificação e interpretação da magnitude desta, não permite o desdobramento das correlações simples nos seus efeitos diretos e indiretos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as correlações genéticas e seus desdobramentos em efeitos diretos e indiretos de componentes primários e secundários sobre o rendimento de grãos em 19 genótipos de trigo. Foram avaliados quatro componentes primários do rendimento de grãos: peso de mil grãos, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiguetas e número de filhinhos férteis por metro linear; quatro componentes morfológicos secundários do rendimento de grãos: comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira, comprimento da bainha e comprimento do pedúnculo; e quatro componentes agrônômicos secundários do rendimento de grãos: porcentagem de acamamento, estatura de planta, dias da emergência a floração e dias da emergência a maturação, além do caráter rendimento de grãos. Os fatores primários que, apresentaram a maior importância na determinação do rendimento de grãos foram os caracteres número de grãos por espiguetas e o número de filhinhos por metro linear. Nenhum dos caracteres secundários morfológicos revelou importância expressiva na determinação do caráter rendimento de grãos e nos seus caracteres primários. Os caracteres secundários agrônômicos que, apresentaram a maior importância em explicar as variações no caráter rendimento de grãos foram estatura de planta e dias da emergência a maturação.

Palavras chave: *Triticum aestivum*; correlações lineares; melhoramento de plantas.

### ABSTRACT

The correlation estimates between characters is one of the most important plant breeding parameters. However, the quantification and interpretation on the correlation coefficient magnitudes between two characters does not allow the partitioning of simple correlations in their direct and indirect effects. Thus, the goal of the present work was to evaluate the genetic correlations and their partitioning in direct and indirect effects, through path analysis, of primary and secondary components on the grain yield of 19 wheat genotypes. For the determination of genetic correlation and posterior analysis of path coefficients, four grain yield primary components were evaluated: weight of a thousand grains; number of spikelets per spike; number of grains per spikelet; number of fertile tillers per meter; four morphological grain yield secondary components: flag leaf length and width, sheath and peduncle length; and four secondary grain yield agronomical components: lodging percentage, plant stature, days from emergence to

flowering and days from emergence to maturation, besides the character grain yield. The primary components that, alone, presented higher importance on determining grain yield are the characters number of grains per spikelet and number of tillers per meter. No secondary morphological character revealed any major contribution on determining grain yield and its primary characters. The secondary agronomical characters that, alone, presented higher importance in explaining the variations in grain yield were plant stature and days from emergence to flowering.

Key words: *Triticum aestivum*; linear correlation; plant breeding.

### INTRODUÇÃO

A estimativa da correlação entre caracteres é um dos parâmetros mais importantes para o melhoramento genético de plantas, pois permite estimar quantitativamente o quanto as modificações em um caráter podem influenciar os demais no processo evolutivo por meio da seleção. Tal fato é importante quando se objetiva a seleção simultânea de caracteres ou seleção indireta. A correlação fenotípica entre caracteres é a que pode ser diretamente medida, porém apresenta valor limitado no melhoramento, por incluir causas genéticas e ambientais. Fato este, que torna a correlação genética a mais apropriada, por considerar apenas a associação de natureza herdável, que pode ser utilizada em programas de melhoramento (FALCONER & MACKAY, 1996).

A seleção indireta será mais efetiva que a seleção direta quando o caráter a ser selecionado apresentar baixa herdabilidade ou for de difícil aferição, e, além disso, apresentar alta correlação com outro caráter de elevada herdabilidade e fácil aferição. Desta forma o pesquisador pode obter ganhos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta (CARVALHO et al., 2001; CARVALHO et al., 2004). A quantificação e a interpretação da magnitude do coeficiente de correlação, entre dois caracteres, pode levar a equívocos de seleção, pois a elevada correlação pode ser resultante do efeito de um terceiro ou de um grupo de caracteres (CRUZ & CARNEIRO, 2003). Para superar essa interferência na estimativa das correlações, WRIGHT (1921) desenvolveu um método denominado de análise de trilha (*path analysis*), que permite o desdobramento das correlações simples nos seus efeitos diretos e indiretos e,

<sup>1</sup> Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Cerrados, BR 020 km 18, C.P. 8223, CEP 73310-970, Planaltina-DF. \*autor correspondente: E-mail: vieiraea@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Eng. Agr., PhD., Professor do Departamento de Fitotecnia (Fitomelhoramento) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitomelhoramento) da Universidade Federal de Pelotas.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Dr., Professor do Curso de Agronomia UTFPR - Campus Sudoeste, Pato Branco-PR.

<sup>5</sup> Eng. Agr., Dr., Professor do Curso de Agronomia UNIJUI- Departamento de Estudos Agrários, Ijuí - RS, E-mail: [jose.gonzales@unijui.edu.br](mailto:jose.gonzales@unijui.edu.br)

com isso, a ampliação do entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas. Essa análise também é útil para o entendimento das alterações que a pressão de seleção sobre um caráter pode desencadear nos demais caracteres inter-correlacionados, resultando em modificações favoráveis e desfavoráveis na população (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Para que a avaliação da associação entre caracteres tenha uma estimativa segura e gere uma interpretação biologicamente apropriada, é fundamental que seja avaliado o grau de colinearidade entre as variáveis independentes (CRUZ & CARNEIRO, 2003). A multicolinearidade ocorre quando existe inter-relação entre as variáveis estudadas (variáveis independentes). Quando ocorre uma sobreposição entre as variáveis no modelo de regressão, muitas vezes o termo é utilizado equivocadamente como sinônimo de uma correlação próxima a +1 ou -1, entre as variáveis independentes (elevado grau de multicolinearidade). Seus efeitos danosos não são ocasionados simplesmente pela sua presença, mas pelo grau com que se manifesta. Entre os efeitos de uma elevada multicolinearidade podem ser citados as estimativas instáveis do coeficiente de regressão e uma superestimativa dos efeitos diretos das variáveis explicativas sobre a principal, que podem levar a resultados equivocados (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

O grau de multicolinearidade da matriz de correlações entre as variáveis independentes do modelo de regressão pode ser estabelecido com base no seu número de condições (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação genética. Assim, quando o número de condições é menor que 100, a multicolinearidade é fraca e não ocasiona problema para análise; quando situa-se entre 100 e 1000, a multicolinearidade é de moderada a forte; e quando é maior que 1000 a multicolinearidade é severa (MONTGOMERY & PECK, 1981).

Dentre os caracteres sujeitos à seleção artificial, durante o processo de melhoramento de trigo, o mais importante é o rendimento de grãos que expressa baixa herdabilidade e alguma dificuldade de mensuração, o que torna necessário o conhecimento da inter-relação dessa variável com os caracteres primários da produtividade. Contudo, muitas vezes os caracteres primários apresentam baixa herdabilidade e dificuldade de mensuração, o que torna necessário também o conhecimento das influências de alguns componentes secundários sobre os componentes primários e sobre a produtividade de grãos por unidade de área.

A análise de trilha vêm sendo empregada com sucesso no melhoramento genético vegetal de diversas culturas, e vem auxiliando no processo de formulação de procedimentos adequados de seleção (CARVALHO et al., 1999; CAIERÃO et al., 2001; KUREK et al., 2001; FURTADO et al., 2002; COIMBRA et al., 2005).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as correlações genéticas e os seus desdobramentos em efeitos diretos e indiretos, de componentes primários e secundários sobre o rendimento de grãos em 19 genótipos de trigo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram testados 19 genótipos de trigo (BH 1146, BR 18, BR 23, BR 35, BRS 49, BRS 119, BRS 120, BRS 177, BRS 192, BRS 194, BRS 208, PF 950354, TB 951, CEP 24, FUNDACEP 29, Rubi, Sonora 64, ICA 1 e ICA 2), em razão desses se destacarem no Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2003 na área experimental do Setor de Fitomelhoramento, no Centro Agropecuário da

Palma, em Capão do Leão – RS. A área experimental está situada a 31° 52' 00" de latitude sul e 52° 21' 24" de longitude oeste, a uma altitude de 13,24 m. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo as parcelas compostas por cinco fileiras de 5 m x 0,20 m. A área útil da parcela foi constituída pelos 4 m centrais das três fileiras internas. A adubação de base foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (5-20-20) e mais 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio aplicado no início do afilamento. O controle de ervas daninhas foi realizado por capina manual e o combate de formigas cortadeiras com a aplicação de iscas granuladas. O controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações da CSBPT (COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2002).

Foram avaliados 13 caracteres segundo os procedimentos apresentados por SCHEEREN (1984), sendo quatro componentes primários do rendimento de grãos: i) peso de mil grãos em g (PMG), ii) número de espiguetas por espiga (NE), iii) número de grãos por espiguetas (NG/NE) e iv) número de filhotes férteis por metro linear (AFML); quatro componentes morfológicos secundários do rendimento de grãos: i) comprimento da folha bandeira em cm (CFB), ii) largura da folha bandeira em cm (LFB), iii) comprimento da bainha em cm (CB) e iv) comprimento do pedúnculo em cm (CP); e quatro componentes agrônômicos secundários do rendimento de grãos: i) porcentagem de acamamento (ACAM), ii) estatura de planta em cm (EP), iii) dias da emergência a floração (DEF) e dias da emergência a maturação (DEM), além do caráter rendimento de grãos em kg ha<sup>-1</sup> (RG).

As correlações genéticas entre todos os caracteres aferidos foram estimadas a partir do quadrado médio esperado (QM<sub>E</sub>), por meio da análise de variância, conforme descrito por FALCONER & MACKAY (1996) e a sua significância foi estimada por meio do teste t com n-2 graus de liberdade, sendo n o número de genótipos avaliados. O grau de multicolinearidade da matriz de correlações entre as variáveis independentes do modelo de regressão (X'X) foi estabelecido com base no seu número de condições (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz de correlação genética (MONTGOMERY & PECK, 1981). A análise dos autovalores da matriz de correlação genética foi efetuada visando identificar a natureza da dependência linear existente entre os caracteres e detectar quais contribuem para o aparecimento da multicolinearidade (BELSLEY et al. 1980). Os desdobramentos das correlações genéticas entre os caracteres (primários, secundários morfológicos e secundários agrônômicos) em efeitos diretos e indiretos sobre o caráter rendimento de grãos foi realizada por meio de análises de trilha. Todas análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os caracteres avaliados, apenas três: EP (0,46), DEF (0,65) e DEM (0,60), evidenciaram coeficientes de correlação genética significativos a 5% de probabilidade de erro com o rendimento de grãos (RG) (Tabela 1). Como os coeficientes de correlação genética não informam a respeito das verdadeiras relações de causa e efeito entre as variáveis explicativas e a principal, procedeu-se o diagnóstico da multicolinearidade e a análise de trilha.

Os resultados do diagnóstico da multicolinearidade revelaram que tanto os caracteres primários do rendimento

de grãos (NE, NG/NE, PMG e AFML) quanto os caracteres secundários morfológicos (LFB, CFB, CB e CP) e os caracteres agronômicos secundários (ACAM, EP, DEF e DEM), exibem multicolinearidade fraca, com determinantes da matriz ( $X'X$ ) e números de condições (NC) de ( $X'X = 0,43$  e  $NC = 5,88$ ), ( $X'X = 0,44$  e  $NC = 5,16$ ) e ( $X'X = 0,31$  e  $NC = 10,43$ ), respectivamente, não ocasionando maiores dificuldades às análises de trilha.

As estimativas dos efeitos diretos das variáveis primárias sobre o caráter rendimento de grãos evidenciaram que o caráter NG/NE foi o que revelou o maior efeito direto (0,87) sobre o RG (Tabela 2), cuja estimativa foi superior ao coeficiente de correlação genético (0,42; Tabela 1). Embora ambos os coeficientes tenham apresentado valores elevados e com sinais positivos, tal situação permite o estabelecimento da hipótese de verdadeira associação entre estes caracteres e aponta também para a necessidade da aplicação de um esquema seletivo e restrito de seleção (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992), a fim de eliminar os efeitos indiretos indesejáveis, principalmente da variável AFML (Tabela 2). Tal fato, também, é evidenciado para a variável AFML que apresentou o segundo maior efeito direto sobre o rendimento de grãos (0,64) valor superior e com o mesmo sinal do coeficiente de correlação genética (0,41), o que confirma a necessidade de se considerar conjuntamente as variáveis AFML e NG/NE a fim de eliminar os efeitos indiretos indesejáveis de uma variável sobre a outra (Tabela 2). Tal fato pode ser explicado pela existência de correlação genética negativa (-0,37) entre essas variáveis (Tabela 1), o que sugere a possibilidade de seleção de indivíduos com menor número de

afilhos por metro linear (AFML) dentro dos com maior número de grãos por espiguetas (NG/NE). Situação semelhante foi relatada por KUREK et al. (2001) para a cultura do feijão, onde o peso médio de grãos apresentou um efeito direto superior à correlação genética em função da presença de efeitos indiretos negativos via os caracteres número de legumes por planta e número de grãos por legume.

O coeficiente de determinação da análise de trilha efetuada por meio dos caracteres primários do rendimento de grãos ( $r^2 = 0,68$ ), foi inferior a unidade, demonstrando que as variações da variável básica não foram totalmente explicadas pelas quatro variáveis primárias aferidas. O que já era esperado, uma vez que o experimento foi conduzido em parcela, onde não foram avaliadas individualmente todas as plantas, tendo sido utilizados dados de apenas 10 plantas por parcela. Resultado semelhante já havia sido reportado para a cultura da aveia ( $r^2 = 0,59$ ), em um experimento conduzido da maneira semelhante (CAIERÃO et al., 2001).

Os caracteres secundários morfológico (LFB, CFB, CB e CP), não foram efetivos na determinação da variação do RG, visto que o coeficiente de determinação da análise de trilha foi de  $r^2 = 0,23\%$  (Tabela 3). Dentre os caracteres morfológicos aferidos o que revelou o maior efeito direto sobre o RG foi CB (0,35), cuja estimativa corresponde à magnitude e ao sinal do valor do coeficiente de correlação genética com o rendimento de grãos (0,40), permitindo o estabelecimento da existência de associação mediana, porém verdadeira entre estes caracteres (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992).

Tabela 1- Coeficientes de correlação genética entre os caracteres número de espiguetas (NE), número de grãos por espiguetas (NG/NE), peso de mil grãos (PMG), rendimento de grãos (RG), porcentagem de acamamento (ACAM), número de filhotes férteis por metro linear (AFML), estatura de planta (EP), largura da folha bandeira (LFB), comprimento da folha bandeira (CFB), comprimento da bainha (CB), comprimento do pedúnculo (CP), dias da emergência ao florescimento (DEF) e dias da emergência a maturação (DEM). FAEM/UFPEL, 2004.

Caráter	NE	NG/NE	PMG	RG	ACAM	AFML	EP	LFB	CFB	CB	CP	DEF	DEM
NE	1	0,51*	-0,51*	0,09	-0,53*	-0,04	-0,09	0,47*	0,19	-0,08	-0,22	0,79*	0,24
NG/NE		1	-0,42	0,42	-0,17	-0,37	-0,27	0,22	0,11	-0,07	-0,12	0,83*	0,83*
PMG			1	0,21	0,48*	0,25	0,42	-0,17	0,34	0,60*	0,42	-0,29	-0,27
RG				1	-0,40	0,41	0,46*	-0,08	0,15	0,40	0,38	0,65*	0,60*
ACAM					1	-0,26	0,05	-0,31	-0,14	0,21	0,07	-0,31	-0,22
AFML						1	0,58*	-0,28	0,15	0,21	0,49*	0,07	0,03
EP							1	-0,47*	0,02	0,63*	0,81*	0,39	0,07
LFB								1	0,36	-0,05	-0,31	0,35	0,20
CFB									1	0,53*	0,13	0,28	0,08
CB										1	0,36	0,42	0,18
CP											1	0,01	0,00
DEF												1	0,73*

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t, a n-2 G.L.

Tabela 2 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres primários número de espiguetas (NE), número de grãos por espiguetas (NG/NE), peso de mil grãos (PMG) e número de filhos férteis por metro linear (AFML), sobre o caráter básico rendimento de grãos (RG). FAEM/UFPEL, 2004.

Caráter	Vias de associação	Coeficientes de trilha		Coeficiente de correlação
		Efeito direto	Efeito indireto	
NE	Efeito direto sobre RG	-0,16		0,09
	Efeito indireto via NG/NE		0,45	
	Efeito indireto via PMG		-0,17	
	Efeito indireto via AFML		-0,03	
	Total			
NG/NE	Efeito direto sobre RG	0,87		0,42
	Efeito indireto via NE		-0,07	
	Efeito indireto via PMG		-0,14	
	Efeito indireto via AFML		-0,24	
	Total			
PMG	Efeito direto sobre RG	0,33		0,21
	Efeito indireto via NE		0,08	
	Efeito indireto via NG/NE		-0,36	
	Efeito indireto via AFML		0,16	
	Total			
AFML	Efeito direto sobre RG	0,64		0,41
	Efeito indireto via NE		0,01	
	Efeito indireto via NG/NE		-0,32	
	Efeito indireto via PMG		0,08	
	Total			
		0,68		
Coeficiente de determinação				
Efeito da variável residual				0,57

Tabela 3 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres secundários morfológicos largura da folha bandeira (LFB), comprimento da folha bandeira (CFB), comprimento da bainha (CB) e comprimento do pedúnculo (CP) sobre o caráter básico rendimento de grãos (RG). FAEM/UFPEL, 2004.

Caracteres secundários	Vias de associação	Caracteres primários				Caráter básico RG
		NE	NG/NE	PMG	AFML	
LFB	Efeito direto secundário	-0,07	0,14	-0,04	-0,15	0,07
	Efeito indireto via CFB	0	0,03	0,01	0,05	-0,04
	Efeito indireto via CB	0	0,01	0	0	-0,02
	Efeito indireto via CP	0	0,01	-0,02	-0,08	-0,09
	Total	-0,07	0,19	-0,05	-0,18	-0,08
CFB	Efeito direto secundário	-0,02	0,09	0,03	0,14	-0,10
	Efeito indireto via LFB	-0,02	0,05	-0,01	-0,05	0,02
	Efeito indireto via CB	0,01	-0,05	0,08	-0,02	0,19
	Efeito indireto via CP	0	0	0,01	0,03	0,04
	Total	-0,03	0,09	0,11	0,10	0,15
CB	Efeito direto secundário	0,02	-0,09	0,16	-0,04	0,35
	Efeito indireto via LFB	0,01	0	0	0,01	0
	Efeito indireto via CFB	-0,01	0,05	0,02	0,07	-0,05
	Efeito indireto via CP	0,01	-0,2	0,02	0,10	0,10
	Total	0,03	-0,06	0,20	0,14	0,40
CP	Efeito direto secundário	0,01	-0,04	0,07	0,27	0,28
	Efeito indireto via LFB	0,02	-0,05	0,01	0,04	-0,02
	Efeito indireto via CFB	-0,01	0,01	0,01	0,02	-0,01
	Efeito indireto via CB	0,01	-0,03	0,05	-0,01	0,13
	Total	0,03	-0,11	0,14	0,32	0,38
Coeficiente de determinação						0,23
Efeito da variável residual						0,88

O coeficiente de determinação do modelo da análise de trilha efetuada por meio dos caracteres agronômicos secundários (ACAM, EP, DEF e DEM) ( $r^2 = 0,63$ ), revelou uma eficiência semelhante à dos caracteres primários ( $r^2 = 68\%$ ) na determinação do caráter RG (Tabelas 2 e 4).

Dentre os caracteres agronômicos secundários aferidos, o que evidenciou o maior efeito direto sobre o RG foi DEM, cuja estimativa (0,46), corresponde à magnitude e ao sinal do valor do coeficiente de correlação genética com o rendimento de grãos (0,60), o que revela a existência de

associação verdadeira entre esses caracteres (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992). Porém esse caráter apresenta a desvantagem de interferir diretamente no aumento do ciclo da cultura o que não é desejável, uma vez

que são almejadas constituições genéticas com elevado potencial produtivo e com ciclo curto (menor exposição a fatores bióticos e abióticos a campo).

Tabela 4 - Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres secundários agrônômicos estatura de planta (EP), porcentagem de acamamento (ACAM), dias da emergência a floração (DEF) e dias da emergência a maturação (DEM) sobre o caráter básico rendimento de grãos (RG). FAEM/UFPEL, 2004.

Caracteres secundários	Vias de associação	Caracteres primários				Caráter básico RG
		NE	NG/NE	PMG	AFML	
ACAM	Efeito direto secundário	0,03	0,20	0,10	-0,27	-0,30
	Efeito indireto via EP	0	-0,02	0,01	0,02	0,02
	Efeito indireto via DEF	0,08	-0,29	0,06	0,13	-0,02
	Efeito indireto via DEM	-0,03	-0,03	-0,01	-0,05	-0,10
	Total	0,08	-0,14	0,16	-0,17	-0,40
EP	Efeito direto secundário	0,11	-0,61	0,19	0,53	0,41
	Efeito indireto via ACAM	0	0,01	0,01	-0,01	-0,01
	Efeito indireto via DEF	-0,11	0,36	-0,07	-0,16	0,03
	Efeito indireto via DEM	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
	Total	0,01	-0,23	0,14	0,38	0,46
DEF	Efeito direto secundário	-0,28	0,92	-0,17	-0,41	0,06
	Efeito indireto via ACAM	0	-0,07	-0,03	0,08	0,10
	Efeito indireto via EP	0,04	-0,24	0,08	0,21	0,16
	Efeito indireto via DEM	0,12	0,11	0,03	0,16	0,33
	Total	-0,12	0,72	-0,09	0,04	0,65
DEM	Efeito direto secundário	0,16	0,15	0,04	0,22	0,46
	Efeito indireto via ACAM	-0,01	-0,04	-0,02	0,06	0,07
	Efeito indireto via EP	0,01	-0,04	0,01	0,04	0,03
	Efeito indireto via DEF	-0,20	0,66	-0,12	-0,30	0,04
	Total	-0,04	0,73	-0,09	0,02	0,60
Coeficiente de determinação						0,63
Efeito da variável residual						0,61

O caráter agrônômico secundário EP mostrou efeito direto positivo sobre o caráter RG (0,41), porém efeito secundário negativo sobre o caráter NG/NE (caráter primário de maior efeito direto sobre o RG) e efeito direto secundário positivo sobre o caráter AFML (caráter primário de segundo maior efeito direto sobre o RG). Este resultado situa este caracter numa posição delicada quando da seleção de constituições genéticas com alto rendimento de grãos, pois mesmo que ele apresente efeito direto positivo sobre o rendimento de grãos é recomendável que se exerça seleção para a diminuição deste uma vez que desta forma se aumenta o NG/NE e se diminui o AFML que apresentam um efeito direto sobre o RG superiores a ele (Tabelas 1, 2 e 4).

O caráter DEF que apresentou pequeno efeito direto sobre o caráter RG merece destaque quando da seleção para incremento do RG por apresentar efeito direto secundário positivo e alto sobre o caráter NG/NE (caráter primário de maior efeito direto sobre o RG) e um efeito direto secundário negativo e relativamente elevado sobre o AFML (caráter primário de segundo maior efeito direto sobre o RG). Porém esse caráter apresenta o problema de interferir diretamente no aumento do ciclo da cultura, assim como para DEM.

## CONCLUSÕES

Os fatores primários que apresentam a maior importância na determinação do rendimento de grãos são

os caracteres número de grãos por espiguetas e o número de afilhos por metro linear.

Nenhum dos caracteres secundários morfológicos revelam importância na determinação do rendimento de grãos e de seus caracteres primários.

Os caracteres secundários agrônômicos que, isoladamente, apresentam a maior importância em explicar as variações no rendimento de grãos são estatura de planta e dias da emergência a maturação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS, CNPq e CAPES pelos auxílios recebidos e bolsas de pós-graduação e produtividade em pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BELSLEY, D.A.; KUH, E.; WELCH, R.E. **Regression diagnostics: identifying data and sources of collinearity**. New York: John Wiley & Sons, 1980. 292p.
- CAIERÃO, E., CARVALHO, F.I.F., PACHECO, M.T. et al. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.32 p.231-236, 2001.
- CARVALHO, C.G.P.; OLIVEIRA, V.R.; CRUZ, C.D. et al. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.603-613, 1999.

- CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J. et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção.** Pelotas: Editora e Gráfica da UFPel, 2001. 99p.
- CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal.** Pelotas: Editora e Gráfica da UFPel, 2004. 142p.
- COIMBRA, J.L.M.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A. et al. Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.347-352, 2005.
- COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2002. 74p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- CRUZ, C.D. **Programa genes:** aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Editora da UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas.** Viçosa: UFV, 2003. 585p.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F. **Introduction to quantitative genetics.** 4 ed. Londres: Longman Group, 1996. 464p.
- FURTADO, M.R.; CRUZ, C.D.; CARDOSO, A.A. et al. 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.
- KUREK, A.; CARVALHO, F.I.F.; ASSMANN, I.C. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.29-32, 2001.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley & Sons, 1981. 504p.
- SCHEEREN, P.L. **Instruções para utilização de descritores de trigo (*Triticum* sp.) e triticales (*Triticum* sp.).** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984. 32p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 9).
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, n.3, p.557-585, 1921.