

## CORRELAÇÕES FENOTÍPICA, GENÉTICA E DE AMBIENTE ENTRE CARACTERES DE MILHO HÍBRIDO DA REGIÃO SUL DO BRASIL

Maicon NARDINO<sup>1</sup>  
Diego BARETTA<sup>1</sup>  
Ivan Ricardo CARVALHO<sup>1</sup>  
Diego Nicolau FOLLMANN<sup>2</sup>  
Valmor Antonio KONFLANZ<sup>3</sup>  
Velci Queiróz de SOUZA<sup>4</sup>  
Antonio Costa de OLIVEIRA<sup>1</sup>  
Luciano Carlos da MAIA<sup>1</sup>

- RESUMO: O milho é um dos três principais cereais produzidos no mundo, tendo uma crescente demanda na sua produção, o que gera desafios aos melhoristas desta cultura. As correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente constituem uma importante ferramenta para auxiliar o melhorista na seleção indireta de caracteres. O trabalho teve como objetivo analisar os coeficientes de correlação fenotípica ( $r_P$ ), genética ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ), assim como estimar a resposta correlacionada e a contribuição dos efeitos genéticos e não genéticos sobre a correlação fenotípica entre caracteres de importância agrônômica em milho híbrido, cultivados em diferentes locais. O trabalho foi conduzido nas cidades de Guaraciaba-SC, Palmas-PR, Ampére-PR e Clevelândia-PR e foram utilizados 27 híbridos simples provenientes da empresa KSP Sementes Ltda. Foram avaliados os caracteres agrônômicos: diâmetro da espiga, comprimento da espiga, número de fileiras, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de espiga, massa de grãos por espiga, diâmetro de sabugo, massa de sabugo, prolificidade, rendimento e massa de mil grãos. Houve predominância de efeitos não genéticos na correlação fenotípica para alguns pares. A seleção direta para aumento do diâmetro da espiga e massa da espiga aumenta indiretamente a massa de grãos da espiga e a massa de mil grãos. A seleção direta para aumento do número de grãos por fileira proporciona ganhos indiretos sobre o número de grãos da espiga.
- PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L.; coeficientes de correlação; melhoramento de milho.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Departamento Fitotecnia, Caixa Postal 354, CEP: 96010-165, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: [nardinomn@gmail.com](mailto:nardinomn@gmail.com); [barettadiego@gmail.com](mailto:barettadiego@gmail.com); [carvalho.irc@gmail.com](mailto:carvalho.irc@gmail.com); [acostol@terra.com.br](mailto:acostol@terra.com.br); [lucianoc.maia@gmail.com](mailto:lucianoc.maia@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Departamento Fitotecnia, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: [diegonicolaufollmann@gmail.com](mailto:diegonicolaufollmann@gmail.com)

<sup>3</sup> KSP Sementes Ltda, Pato Branco, PR, Brasil. E-mail: [valmor@kspsementes.com.br](mailto:valmor@kspsementes.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria- UFSM, Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: [velciq@gmail.com](mailto:velciq@gmail.com)

## 1 Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal de grande importância para a alimentação humana e animal. Pode-se dizer que é uma cultura estratégica sob o ponto de vista de segurança alimentar e do desenvolvimento econômico. É o cereal mais produzido no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, respondendo por cerca de 6% do volume total produzido e superado apenas por Estados Unidos (44,89%) e China (20,44%) (FAOSTAT, 2012). No Brasil, são produzidos 80 milhões de toneladas do grão, em uma área de aproximadamente 15 milhões de hectares, sendo a produtividade média para safra de 4,8 Mg ha<sup>-1</sup> e safrinha de 5,7 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2016).

A cultura do milho tem sido muito investigada nas últimas décadas, com enfoque principal para o aumento da produtividade (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). O aumento do rendimento de grãos é o principal objetivo dos melhoristas de plantas, entretanto este caráter assim como demais caracteres de interesse agrônomo, em sua maioria apresentam herança quantitativa complexa. Nos programas de melhoramento de plantas, o estudo das relações lineares entre os caracteres pode fornecer resultados importantes, especialmente na identificação de caracteres que possam ser utilizados na seleção indireta. Desta forma, a seleção efetuada em apenas um caráter pode ocasionar mudanças concomitantes em outros caracteres. Portanto, a seleção de um caráter de fácil medição e que esteja associado a outro caráter de importância agrônoma, pode resultar na chamada “seleção indireta” (FALCONER e MACKAY, 1996). O coeficiente de correlação ( $r$ ) é um parâmetro estatístico utilizado para medir a intensidade ou grau de associação linear entre duas variáveis aleatórias (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010).

O conhecimento da correlação fenotípica, genética e de ambiente entre os caracteres pode ser primordial para seleção simultânea de vários caracteres, ou quando o caráter de interesse revela baixa herdabilidade, ou que seja de difícil mensuração (FALCONER e MACKAY, 1996). Para que a eficiência dos programas de melhoramento seja maximizada, grande importância deve ser conferida a estudos de caracteres correlacionados, pois possibilitam ao melhorista obter progressos mais rápidos, do que somente pela seleção direta do caráter desejado (CARVALHO et al., 2004; HALLAUER, 2007). Outro ponto relevante é quanto à resposta a seleção, a qual está relacionada com as mudanças proporcionadas da seleção indireta, quando é selecionado um caráter  $x$ , qual a resposta gerada em  $y$ , desta forma a resposta de um caráter correlacionado pode ser predita, se são conhecidas a correlação genética e as herdabilidades dos dois caracteres, possibilitando a alcançar progressos mais rápidos pela seleção indireta (FALCONER e MACKAY, 1996).

Estudos de correlações são empregados com frequência na cultura do milho, para identificação da magnitude de relação entre pares de caracteres. Alguns resultados apontam correlações genéticas de elevada magnitude do número de espigas por planta, peso de 50 grãos e número de folhas acima da espiga, com a produtividade de grãos (CARVALHO et al., 2001). A utilização da análise de trilha também é utilizada com sucesso. Por meio de uma análise de trilha em híbridos de milho identificou-se que a massa de grãos e o número de grãos por espiga tiveram a maior importância para explicar o rendimento de grãos (MOHAMMADI et al., 2003). A produtividade de milho é determinada pela densidade de plantas, prolificidade, número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e massa média de grãos (BALBINOT et al. 2005). A seleção para maior comprimento e massa de raiz resultou em híbridos de milho

mais produtivos (MUSTAFA et al., 2014). Correlações positivas entre teor de amido e produtividade foram observadas, por outro lado observaram-se efeitos negativos do teor de óleo e proteína (MAHESH et al., 2014).

O conhecimento da magnitude das associações existentes entre caracteres agrônômicos é importante para auxiliar na obtenção de genótipos melhorados e que atendam as expectativas de produtividade do mercado. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de estimar os coeficientes de correlação fenotípica ( $r_p$ ), genotípica ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ), assim como estimar a resposta correlacionada e a contribuição dos efeitos genéticos e não genéticos sobre a correlação fenotípica entre caracteres de interesse agrônômico em híbridos simples de milho pré-comerciais, cultivados em quatro ambientes.

## 2 Material e métodos

O trabalho foi conduzido no ano agrícola de 2009/2010 na cidade de Guaraciaba (26°35'44,76"S, 53°32'06,92"O, 650m) em Santa Catarina. No Estado do Paraná em Palmas (26°24'49,15"S, 51°53'54,96"O, 1090m), Ampére (25°54'20,65"S, 53°25'54,39"O, 580m) e Clevelândia (26°21'17,52"S, 52°28'56,22"O, 860m). Foram utilizados 27 híbridos simples de milho pré-comerciais, provenientes de cruzamentos do programa de melhoramento da empresa KSP Sementes Ltda., com sede no município de Pato Branco – PR.

Para a condução do experimento foi utilizado um delineamento de blocos completos casualizados com três repetições. A semeadura foi realizada de acordo com o zoneamento agroclimático para cada ambiente. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a necessidade no transcorrer do desenvolvimento da cultura.

Em cada repetição a unidade experimental foi composta por duas linhas com cinco metros de comprimento, com ajuste de *stand* para 42 plantas, correspondendo a 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>. O caráter rendimento de grãos (RG, em kg parcela) foi avaliado pela colheita manual de todas as plantas da parcela. A colheita foi realizada com umidade aproximada de 20% e posteriormente foi realizada a correção para 13% de umidade.

Os caracteres avaliados na pós colheita foram: comprimento da espiga (CE, em centímetros), diâmetro da espiga (DE, em milímetros), diâmetro do sabugo (DS, em milímetros), massa da espiga (ME, em gramas), massa de grãos da espiga (MGE, em gramas), massa do sabugo (MS, em gramas), número de grãos por fileira (NGF, em unidades), número de fileiras por espiga (NFE, em unidades), número de grãos por espiga (NGE, em unidades), prolificidade (PRO, em unidades) e massa de mil grãos (MMG, em gramas).

Inicialmente os dados foram submetidos a análise de variância conjunta (ANOVA) dos 27 híbridos e dos ambientes. Para os caracteres que não revelaram interação G×E os produtos médios (PM), quadrado médio (QM), variâncias, assim como as correlações genéticas, fenotípicas e residuais serão obtidas utilizando o resíduo da ANOVA conjunta.

Os coeficientes de correlações foram decompostos em correlações fenotípicas ( $r_p$ ), genéticas ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) (Hazel, 1943). Os componentes de covariância para cada par de variáveis ( $x$  e  $y$ ) foram obtidos pelos produtos médio das fontes de variações genótipo (G) e resíduo (E), através de  $PM_{xy} = [(QM_{x+y} - QM_x - QM_y)/2]$ , que equivale a  $cov_{xy} = [(\sigma_{x+y} - \sigma_x - \sigma_y)/2]$  e os estimadores:  $\sigma_{xy}^2 = [(PM_G - PM_E)/repetições]$ ,  $\sigma_x^2 = [(QM_{Gx} -$

$QM_{E_x}/t$  e  $\sigma^2_{y|t} = [(QM_{G_y} - QM_{E_y})/t]$  obtidos dos Quadrados Médios de genótipo (G) e resíduo (E) para as variáveis  $x$ ,  $y$  da tabela ANOVA, resultando em correlação fenotípica,  $r_P = [PM_{G_{xy}} / (QM_{G_x} \times QM_{G_y})^{1/2}]$ , correlação de ambiente,  $r_E = [PM_{E_{xy}} / (QM_{E_x} \times QM_{E_y})^{1/2}]$  e correlação genética,  $r_G = [\sigma^2_{xy} / (\sigma_{G_x} \times \sigma_{G_y})^{1/2}]$ , conforme descrito por Mode e Robson (1959). A significância das correlações foram avaliadas pelo teste  $t$  para  $P < 0,05$  e  $0,01$ , conforme descrito por Stell e Torrie (1980), segundo a fórmula:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

Para todos os caracteres o valor do número de observações ( $n$ ) foi de 324.

Com forma de validar a resposta correlacionada (RC) para seleção indireta foi utilizada a fórmula de Falconer e Mackay (1996):

$$RC_{Y(X)} = \frac{i_X * h_X * r_{G_{XY}}}{i_Y * h_Y}$$

em que  $RC_{Y(X)}$  é a resposta correlacionada no caráter  $Y$  pela seleção efetuada no caráter  $X$ .  $i$  é o diferencial de seleção padronizado para  $i_X$  e  $i_Y$ .  $h_X$  e  $h_Y$  é a raiz quadrada da herdabilidade média do caráter nos quatro ambientes. Foram consideradas as mesmas intensidades de seleção ( $i_X = i_Y$ ), desta forma a seleção indireta só será mais eficiente que a seleção direta se o produto  $h_X \times r_{G_{XY}}$  for superior  $h_Y$ .

Com objetivo de verificar, em termos relativos, a contribuição dos efeitos genéticos vs. demais efeitos na correlação fenotípica entre os pares de caracteres avaliados em híbridos de milho para as correlações de ambiente superiores aos valores das correlações fenotípicas e genotípicas, utilizou-se o desdobramento da expressão de  $r_F$ , segundo Falconer (1981) e Siqueira (1993):

$$r_{F_{XY}} = \sqrt{h_X^2} * \sqrt{h_Y^2} * r_{G_{XY}} + \sqrt{(1-h_X^2)} (1-h_Y^2) * r_{E_{XY}}$$

O primeiro termo da fórmula refere-se aos efeitos genéticos (G) e o segundo corresponde aos demais efeitos, denominados de ambiental (E). As análises foram realizadas por meio do programa computacional *Genes* (CRUZ, 2013).

### 3 Resultados e discussão

As variáveis NGF e MMG não apresentaram diferenças significativas para os fatores híbrido e local (Tabela 1). Os componentes de rendimento não revelaram interação híbrido  $\times$  local.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância de 12 caracteres de milho, avaliados em 27 híbridos cultivados em quatro ambientes.

Quadrado Médio													
FV	GL	DE	CE	NFE	NGF	ME	MGE	DS	MS	PRO	NGE	RG	MMG
Local(L)	3	109,3 <sup>*</sup>	11425,5 <sup>*</sup>	172,6 <sup>*</sup>	2,3	94065,0 <sup>*</sup>	82152,8 <sup>*</sup>	12,4	1385,8 <sup>*</sup>	0,080 <sup>*</sup>	31855,9 <sup>*</sup>	2940738,1 <sup>*</sup>	185419,2
Hib(H)	26	57,7 <sup>*</sup>	699,2 <sup>*</sup>	30,4 <sup>*</sup>	11,9	4298,1 <sup>*</sup>	2343,8 <sup>*</sup>	55,1 <sup>*</sup>	761,2 <sup>*</sup>	0,070 <sup>*</sup>	9035,4 <sup>*</sup>	592696,9 <sup>*</sup>	6145,9
L*H	78	5,2	332,9	6,1	1,0	725,5	533,4	15,5	42,4	0,013	2539,5	898670,5	1103,6
Bloco	2	1,6	28,8	2,1	0,2	315,1	201,9	7,1	48,9	0,001	98,7	1908686,1	446,3
Erro	213	3,94	331,6	4,82	0,69	572,73	417,26	15,52	37,40	0,010	2229,76	755436,50	583,45
CV (%)		4,00	6,35	5,78	5,58	9,99	9,94	14,23	17,30	12,13	8,65	9,62	6,42
h <sup>2</sup>		0,76	0,48	0,68	0,79	0,42	0,38	0,88	0,78	0,40	0,44	0,39	0,30
h		0,87	0,70	0,68	0,89	0,65	0,62	0,94	0,89	0,64	0,67	0,62	0,55

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro.

DE: diâmetro da espiga em milímetros, CE: comprimento da espiga em centímetros, NFE: número de fileiras por espiga, em unidades, NGF: número de grãos por fileira em unidades, ME: massa da espiga em gramas, MGE: massa de grãos da espiga em gramas, DS: diâmetro do sabugo em milímetros, MS: massa do sabugo em gramas, PRO: prolificidade em unidades, NGE: número de grãos por espiga em unidades, RG: rendimento de grãos em KG ha<sup>-1</sup> e MMG: massa de mil grãos em gramas.

A interação genótipo × ambiente tem inúmeras implicações para os programas de melhoramento. Na cultura do milho ela afeta principalmente a etapa de avaliação de híbridos superiores para indicação de cultivares (RIBEIRO e ALMEIDA, 2011). Desta forma, os resultados que foram obtidos no presente trabalho, com ausência de interação  $G \times E$ , para os principais componentes de rendimento são de grande relevância para o lançamento e indicação dos híbridos avaliados.

Os resultados das estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas ( $r_P$ ), genéticas ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) para as variáveis diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), diâmetro de sabugo (DS), massa da espiga (ME), massa de grãos da espiga (MGE), massa do sabugo (MS), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), prolificidade (PRO), rendimento de grãos (RG) e massa de mil grãos (MMG) estão apresentados na tabela 2.

As correlações entre os 12 caracteres foram significativas para a maioria das estimativas. Das correlações obtidas, será dada maior relevância para as associações com o rendimento de grãos, em virtude de ser o principal caráter no qual os melhoristas direcionam a atenção, conforme relatado por Patterniani e Viegas (1987); Hallauer; Carena e Miranda Filho (2010).

Do total de 66 pares de correlações genéticas, fenotípicas e de ambiente, foram detectados 57, 58 e 38 pares com efeitos significativos para as correlações  $r_P$ ,  $r_G$  e  $r_E$ , respectivamente.

As correlações entre os pares de caracteres não revelaram contraste de sinais para os efeitos fenotípicos, genéticos e de ambiente, isto é, estas correlações tiveram o mesmo sentido.

O comprimento de espiga (CE) teve estimativas de correlações fenotípicas ( $r_p$ ) e genética ( $r_G$ ) positivas com massa da espiga (ME) ( $r_p$ : 0,311,  $r_G$ : 0,288), massa de grãos por espiga (MGE) ( $r_p$ : 0,363,  $r_G$ : 0,332), massa do sabugo (MS) ( $r_p$ : 0,202,  $r_G$ : 0,167), número de fileiras por espiga (NFE) ( $r_p$ : 0,411,  $r_G$ : 0,429), prolificidade (PRO) ( $r_p$ : 0,187,  $r_G$ : 0,225) e massa de mil grãos (MMG) ( $r_p$ : 0,569,  $r_G$ : 0,717). Não foram observados valores significativos de correlações entre o CE e diâmetro do sabugo (DS) e rendimento de grãos (RG). Entretanto, é relevante mencionar que tais estimativas de correlações apresentam magnitudes moderadas a fracas segundo a classificação de Carvalho et al. (2004). Em dez gerações de seleção massal para comprimento da espiga, executada para maiores e menores comprimentos não houve melhoria para o rendimento de grãos em virtude da seleção para maior comprimento da espiga (Hallauer; Carena e Miranda Filho, 2010). Os autores afirmam que a seleção para incremento do comprimento da espiga provoca um decréscimo da profundidade de grãos, que foi altamente correlacionado com o rendimento de grãos.

Correlações negativas do comprimento de espiga (CE) foram observadas com diâmetro de espiga (DE) ( $r_p$ : -0,276,  $r_G$ : -0,502), número de grãos por fileira (NGF) ( $r_p$ : -0,362,  $r_G$ : -0,467) e número de grãos por espiga (NGE) ( $r_p$ : -0,115,  $r_G$ : -0,335). Santos et al. (2005) observaram correlações negativas entre diâmetro da espiga e comprimento de espiga, enfatizando que a seleção com base no diâmetro pode levar a seleção de espigas de menor comprimento. A variável CE revelou correlações de ambiente significativas com ME ( $r_E$ : 0,501), MGE ( $r_E$ : 0,465), MS ( $r_E$ : 0,288), NFE ( $r_E$ : 0,42), NGE ( $r_E$ : 0,289) e MMG ( $r_E$ : 0,28).

Com relação ao diâmetro da espiga (DE), foram obtidos efeitos significativos de correlações fenotípicas e genéticas com todos os caracteres avaliados (Tabela 2). As magnitudes foram positivas nas correlações com DS ( $r_p$ : 0,598,  $r_G$ : 0,742), ME ( $r_p$ : 0,699,  $r_G$ : 0,775), MGE ( $r_p$ : 0,67,  $r_G$ : 0,768), MS ( $r_p$ : 0,684,  $r_G$ : 0,762), NGF ( $r_p$ : 0,725,  $r_G$ : 0,818), NGE ( $r_p$ : 0,449,  $r_G$ : 0,571) RG ( $r_p$ : 0,251,  $r_G$ : 0,253) e MMG ( $r_p$ : 0,291,  $r_G$ : 0,342). Estes resultados corroboram com Bordallo (2005), o qual trabalhou com genótipos de milho doce e um de milho comum que evidenciaram correlação positiva do diâmetro de espiga com produtividade. Santos et al. (2005) analisaram dez híbridos no estádio de milho verde e observaram correlações de elevada magnitude entre diâmetro da espiga e peso de espigas, afirmando que ao realizar seleções para diâmetro de espiga, realiza-se indiretamente seleção para peso de espiga. Para Munawar et al. (2013) existe efeito direto positivo do diâmetro da espiga com o rendimento de grãos. He et al. (2014) apontaram que diâmetro da espiga e a altura da espiga são importantes caracteres a serem considerados quanto o objetivo da seleção é a obtenção de genótipos com maior rendimento de grãos. Ocorreram magnitudes negativas entre DE e os caracteres NFE ( $r_p$ : -0,596,  $r_G$ : -0,774) e PRO ( $r_p$ : -0,403 e  $r_G$ : -0,497). As correlações de ambiente ( $r_E$ ) do caráter DE foram positivas e significativas com DS ( $r_E$ : 0,181), ME ( $r_E$ : 0,329), MGE ( $r_E$ : 0,271), MS ( $r_E$ : 0,226), NGF ( $r_E$ : 0,329) e NGE ( $r_E$ : 0,242).

O caráter diâmetro do sabugo (DS) apresentou magnitudes significativas positivas com ME ( $r_p$ : 0,56,  $r_G$ : 0,693), MGE ( $r_p$ : 0,441,  $r_G$ : 0,575), MS ( $r_p$ : 0,714,  $r_G$ : 0,859), NGF ( $r_p$ : 0,334,  $r_G$ : 0,373), NGE ( $r_p$ : 0,113), MMG ( $r_p$ : 0,282,  $r_G$ : 0,446) e negativas com NFE ( $r_p$ : -0,374,  $r_G$ : -0,517), PRO ( $r_p$ : -0,242,  $r_G$ : -0,335). Entretanto não foram revelados efeitos significativos com o rendimento de grãos (RG). Em relação às correlações de ambiente, a variável DS revelou magnitudes significativas com ME ( $r_E$ : 0,19), MGE ( $r_E$ :

0,145), MS ( $r_E$ : 0,115) e NGF ( $r_E$ : 0,114), entretanto as magnitudes das correlações são de baixa magnitude (Carvalho et al., 2004).

Para o caráter massa da espiga (ME) as estimativas foram significativas e positivas com os pares MGE ( $r_P$ : 0,948,  $r_G$ : 0,975), MS ( $r_P$ : 0,849,  $r_G$ : 0,892), NGF ( $r_P$ : 0,412,  $r_G$ : 0,425), NFE ( $r_E$ : 0,537), NGE ( $r_P$ : 0,408,  $r_G$ : 0,417), RG ( $r_P$ : 0,222,  $r_G$ : 0,21) e MMG ( $r_P$ : 0,702,  $r_G$ : 0,787) (Tabela 2). Liao et al. (2014) indicaram que dentre os caracteres de maior importância pesquisados, a massa de espiga se destaca por contribuir positivamente para o rendimento de grãos. Bocanski et al. (2009) observaram efeitos significativos da massa de espiga para o rendimento de grãos em correlações genéticas e fenotípicas, indicando que este caráter, via seleção indireta, é importante de ser considerado para o aumento do rendimento de grãos. O entendimento das correlações entre os caracteres dos componentes primários de produção podem viabilizar diferentes estratégias de seleção, desta forma destaca-se a importância destes parâmetros no melhoramento genético (SOUZA et al., 2008). Correlações negativas foram obtidas entre ME e NFE ( $r_P$ : -0,222,  $r_G$ : -0,337) e PRO ( $r_P$ : -0,367,  $r_G$ : -0,435). As correlações de ambiente evidenciaram magnitudes significativas de ME com MGE ( $r_E$ : 0,837), MS ( $r_E$ : 0,463), NGF ( $r_E$ : 0,261), NGE ( $r_E$ : 0,523), RG ( $r_E$ : 0,138) e MMG ( $r_E$ : 0,382).

A massa de grãos por espiga (MGE) revelou associações fenotípicas e genéticas significativas e positivas (Tabela 2) com MS ( $r_P$ : 0,727,  $r_G$ : 0,795), NGF ( $r_P$ : 0,406,  $r_G$ : 0,429), NGE ( $r_P$ : 0,51,  $r_G$ : 0,476), RG ( $r_P$ : 0,293,  $r_G$ : 0,262) e MMG ( $r_P$ : 0,666,  $r_G$ : 0,755) corroborando com Mohammadi et al. (2003) que, indicaram a massa de grãos e o número de grãos por espiga como as variáveis de maior relevância para o rendimento de grãos. Foram encontradas correlações negativas significativas com NFE ( $r_P$ : -0,141,  $r_G$ : -0,288) e PRO ( $r_P$ : -0,33,  $r_G$ : -0,392). As correlações de ambiente revelaram magnitudes significativas com MGE ( $r_E$ : 0,501) e MS ( $r_E$ : 0,314), NGF ( $r_E$ : 0,235), NFE ( $r_E$ : 0,543), NGE ( $r_E$ : 0,707), RG ( $r_E$ : 0,174) e MMG ( $r_E$ : 0,346).

Para a massa de sabugo (MS) foram encontrados efeitos positivos significativos (Tabela 2) com NGF ( $r_P$ : 0,384 e  $r_G$ : 0,402), NGE ( $r_P$ : 0,26 e  $r_G$ : 0,311) e MMG ( $r_P$ : 0,524,  $r_G$ : 0,604). As associações foram negativas com NFE ( $r_P$ : -0,255,  $r_G$ : -0,336) e PRO ( $r_P$ : -0,381,  $r_G$ : -0,437). Nas correlações de ambiente, constatou-se magnitudes significativas entre o caráter MS e NFE ( $r_E$ : 0,212) e MMG ( $r_E$ : 0,272).

O caráter número de grãos por fileira (NGF) revelou correlações positivas (Tabela 2) com NGE ( $r_P$ : 0,658,  $r_G$ : 0,748) e RG ( $r_P$ : 0,214,  $r_G$ : 0,257), e, negativas para NFE ( $r_P$ : -0,738,  $r_G$ : -0,855), PRO ( $r_P$ : -0,293,  $r_G$ : -0,348) e MMG ( $r_P$ : -0,13,  $r_G$ : -0,187). Segundo Homayoun (2011), o incremento do diâmetro de espiga causa um incremento do número de fileiras por espiga e conseqüentemente um incremento do número de grãos por espiga, resultando em maior rendimento de grãos. O maior NGF e DE aumenta a ME que por sua vez relaciona-se linearmente com a MGE por espiga, resultando em maior rendimento de grãos. Segundo resultados de Munawar et al. (2013), foram observados efeitos diretos positivos do número de grãos por fileira com rendimento de grãos, concordando com os resultados apresentados neste trabalho.

Para o caráter número de fileiras por espiga (NFE) correlações com valores significativos e positivos (Tabela 2) com NGE ( $r_E$ : 0,488), PRO ( $r_P$ : 0,197 e  $r_G$ : 0,211) e MMG ( $r_E$ : 0,16) foram observados. Valores negativos foram obtidos para correlações com NGE ( $r_P$ : -0,137 e  $r_G$ : -0,36) e RG ( $r_P$ : -0,285 e  $r_G$ : -0,389). Alguns valores indicam que os maiores números de fileiras não revelam associações positivas com rendimento de grãos,

mas a seleção para maior número de grãos por fileira e maior número de grãos por espiga possibilita aumento no rendimento de grãos (KHODARAHMPOUR e HAMIDI, 2012). Bocanski et al. (2009), em estudo das correlações genéticas e fenotípicas entre componentes de rendimento de oito linhagens e seus híbridos, observaram correlações elevadas entre alguns componentes de rendimento, porém o número de fileiras não apresentou correlação com maiores rendimentos. Para correlação de ambiente, o caráter NFE apresentou magnitudes significativas com os caracteres NGE ( $r_E$ : 0,488), RG ( $r_E$ : 0,117) e MMG ( $r_E$ : 0,16).

O caráter número de grãos por 3 espiga (NGE) revelou associações negativas (Tabela 2) com PRO ( $r_P$ : -0,238 e  $r_G$ : -0,365) e MMG ( $r_P$ : -0,113 e  $r_G$ : -0,185). A ausência de efeitos apontam que tal caráter tem efeito nulo sobre o maior rendimento de grãos.

A prolificidade (PRO) revelou correlação de ambiente positiva (Tabela 2) com RG ( $r_E$ : 0,311), e não apresentou efeitos significativos com o rendimento para as correlações fenotípica e genética. Estes resultados indicam que tanto PRO como RG são influenciadas pelas mesmas variações do ambiente, ou seja, no mesmo sentido (RANGEL et al., 2011).

A prolificidade possui correlações significativas com magnitude negativa com os caracteres DE, NGF, ME, MGE, DS, MS e NG. Destes caracteres DE, NGF, ME e MGE relacionam-se positivamente com o RG, indicando que a seleção para aumento da prolificidade diminuiria o DE, NGF, ME e MGE e indiretamente reduziria o rendimento de grãos dos híbridos.



Tabela 1 - Estimativas das correlações fenotípicas ( $r_p$ ), genotípicas ( $r_g$ ) e de ambiente ( $r_e$ ) entre doze caracteres agrônomicos avaliados em 27 híbridos de milho em quatro ambientes

Caráter	DE	DS	ME	MGE	MS	NGF	NFE	NGE	PRO	RG	MMG	
CE	$r_p$	-0,276 <sup>1</sup>	0,024	0,311 <sup>1</sup>	0,363 <sup>1</sup>	0,203 <sup>1</sup>	-0,362 <sup>1</sup>	0,411 <sup>1</sup>	-0,115 <sup>5</sup>	0,187 <sup>1</sup>	0,085	0,569 <sup>1</sup>
	$r_g$	-0,502 <sup>1</sup>	0,008	0,288 <sup>1</sup>	0,332 <sup>1</sup>	0,167 <sup>1</sup>	-0,467 <sup>1</sup>	0,429 <sup>1</sup>	-0,335 <sup>1</sup>	0,225 <sup>1</sup>	0,017	0,717 <sup>1</sup>
	$r_e$	-0,021	0,047	0,501 <sup>1</sup>	0,465 <sup>1</sup>	0,288 <sup>1</sup>	0,054	0,420 <sup>1</sup>	0,289 <sup>1</sup>	-0,025	0,094	0,280 <sup>1</sup>
DE	$r_p$	-	0,598 <sup>1</sup>	0,699 <sup>1</sup>	0,670 <sup>1</sup>	0,684 <sup>1</sup>	0,725 <sup>1</sup>	-0,596 <sup>1</sup>	0,449 <sup>1</sup>	-0,403 <sup>1</sup>	0,251 <sup>1</sup>	0,291 <sup>1</sup>
	$r_g$	-	0,742 <sup>1</sup>	0,775 <sup>1</sup>	0,768 <sup>1</sup>	0,762 <sup>1</sup>	0,818 <sup>1</sup>	-0,774 <sup>1</sup>	0,571 <sup>1</sup>	-0,497 <sup>1</sup>	0,253 <sup>1</sup>	0,342 <sup>1</sup>
	$r_e$	-	0,181 <sup>1</sup>	0,329 <sup>1</sup>	0,271 <sup>1</sup>	0,226 <sup>1</sup>	0,329 <sup>1</sup>	0,030	0,242 <sup>1</sup>	-0,040	0,023	0,066
DS	$r_p$	-	0,560 <sup>1</sup>	0,441 <sup>1</sup>	0,714 <sup>1</sup>	0,334 <sup>1</sup>	-0,374 <sup>1</sup>	0,113 <sup>5</sup>	-0,242 <sup>1</sup>	-0,068	0,282 <sup>1</sup>	
	$r_g$	-	0,693 <sup>1</sup>	0,575 <sup>1</sup>	0,859 <sup>1</sup>	0,373 <sup>1</sup>	-0,517 <sup>1</sup>	0,093	-0,335 <sup>1</sup>	-0,075	0,446 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	0,190 <sup>1</sup>	0,145 <sup>1</sup>	0,115 <sup>5</sup>	0,114 <sup>5</sup>	-0,011	0,067	0,052	0,020	0,090	
ME	$r_p$	-	-	0,948 <sup>1</sup>	0,849 <sup>1</sup>	0,412 <sup>1</sup>	-0,222 <sup>1</sup>	0,408 <sup>1</sup>	-0,367 <sup>1</sup>	0,222 <sup>1</sup>	0,702 <sup>1</sup>	
	$r_g$	-	-	0,975 <sup>1</sup>	0,892 <sup>1</sup>	0,425 <sup>1</sup>	-0,337 <sup>1</sup>	0,417 <sup>1</sup>	-0,435 <sup>1</sup>	0,210 <sup>1</sup>	0,787 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	-	0,837 <sup>1</sup>	0,463 <sup>1</sup>	0,261 <sup>1</sup>	0,537 <sup>1</sup>	0,523 <sup>1</sup>	0,050	0,138 <sup>1</sup>	0,382 <sup>1</sup>	
MGE	$r_p$	-	-	-	0,727 <sup>1</sup>	0,406 <sup>1</sup>	-0,141 <sup>1</sup>	0,510 <sup>1</sup>	-0,330 <sup>1</sup>	0,293 <sup>1</sup>	0,666 <sup>1</sup>	
	$r_g$	-	-	-	0,795 <sup>1</sup>	0,429 <sup>1</sup>	-0,288 <sup>1</sup>	0,476 <sup>1</sup>	-0,392 <sup>1</sup>	0,262 <sup>1</sup>	0,755 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	-	-	0,314 <sup>1</sup>	0,235 <sup>1</sup>	0,548 <sup>1</sup>	0,707 <sup>1</sup>	0,061	0,174 <sup>1</sup>	0,346 <sup>1</sup>	
MS	$r_p$	-	-	-	-	0,384 <sup>1</sup>	-0,255 <sup>1</sup>	0,260 <sup>1</sup>	-0,381 <sup>1</sup>	0,078	0,524 <sup>1</sup>	
	$r_g$	-	-	-	-	0,402 <sup>1</sup>	-0,336 <sup>1</sup>	0,311 <sup>1</sup>	-0,437 <sup>1</sup>	0,071	0,604 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	-	-	-	0,087	0,212 <sup>1</sup>	0,095	0,020	0,010	0,272 <sup>1</sup>	
NGF	$r_p$	-	-	-	-	-	-0,738 <sup>1</sup>	0,658 <sup>1</sup>	-0,293 <sup>1</sup>	0,214 <sup>1</sup>	-0,130 <sup>1</sup>	
	$r_g$	-	-	-	-	-	-0,855 <sup>1</sup>	0,748 <sup>1</sup>	-0,348 <sup>1</sup>	0,257 <sup>1</sup>	-0,187 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	-	-	-	-	-0,004	0,393 <sup>1</sup>	-0,043	0,013	-0,147 <sup>1</sup>	
NFE	$r_p$	-	-	-	-	-	-	-0,137 <sup>1</sup>	0,197 <sup>1</sup>	-0,285 <sup>1</sup>	0,025	
	$r_g$	-	-	-	-	-	-	-0,360 <sup>1</sup>	0,211 <sup>1</sup>	-0,389 <sup>1</sup>	-0,013	
	$r_e$	-	-	-	-	-	-	0,488 <sup>1</sup>	0,052	0,117 <sup>5</sup>	0,160 <sup>1</sup>	
NGE	$r_p$	-	-	-	-	-	-	-	-0,238 <sup>1</sup>	0,018	-0,113 <sup>5</sup>	
	$r_g$	-	-	-	-	-	-	-	-0,365 <sup>1</sup>	-0,027	-0,185 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,165 <sup>1</sup>	0,083	
PRO	$r_p$	-	-	-	-	-	-	-	-	0,066	-0,031	
	$r_g$	-	-	-	-	-	-	-	-	0,087	0,001	
	$r_e$	-	-	-	-	-	-	-	-	0,311 <sup>1</sup>	-0,021	
RG	$r_p$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,331 <sup>1</sup>	
	$r_g$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,350 <sup>1</sup>	
	$r_e$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,040	

Comprimento da espiga (CE), Diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), massa da espiga (ME), massa de grãos da espiga (MGE), massa do sabugo (MS), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), prolificidade (PRO), rendimento de grãos (RG) e massa de mil grãos (MMG).

<sup>5</sup>, <sup>1</sup> significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste t com n= 324.

A ausência de associação linear de PRO com RG discorda dos autores Balbinot et al. (2005), Câmara et al. (2007) e Badu-Apraku et al. (2014), os quais indicaram a variável prolificidade como uma das responsáveis pela determinação da produtividade em milho. Porém, segundo Cruz et al. (2004) as comparações das correlações entre caracteres com outros grupos heteróticos é desaconselhada. Da mesma forma, Balbinot Jr. et al. (2005) reportaram que discrepâncias de resultados podem ser decorrentes do uso de diferentes genótipos, com características fenotípicas distintas e provenientes de diferenças de ambiente.

A massa de mil grãos (MMG) possui correlações positivas significativas com o rendimento de grãos tanto para os efeitos fenotípicos como genotípicos, o que corrobora com os autores Carvalho et al. (2001); Lopes et al. (2007); Nastasic et al. (2010) e Khayatnezhad et al. (2010).

Algumas correlações de ambiente elevadas indicam que o ambiente influencia mutuamente de forma positiva ou negativa a expressão de alguns caracteres, característica que eleva a magnitude das associações fenotípicas como é observado entre os pares CE×ME, CE×MGE, CE×MS, MGE×NG, ME×RG e MGE×RG. Tais associações necessitam de atenção do melhorista para evitar erros no momento de seleção e/ou no momento do manejo da cultura, pois as correlações genéticas representam a fração herdável e/ou previsível das associações e estas correlações geralmente são causadas por efeitos pleiotrópicos e/ou por ligações gênicas (FALCONER e MACKAY, 1996), enquanto que as associações oriundas das correlações de ambiente podem ser alteradas de ano para ano ou pelo manejo da cultura, ou seja, resultando numa fração não herdável e não previsível da expressão mútua de caracteres.

Os resultados das estimativas das respostas correlacionadas entre os caracteres avaliados são apresentadas na Tabela 3. Segundo Falconer e Mackay (1996) a resposta correlacionada diz respeito à resposta de seleção, onde selecionando um caráter x, qual será a mudança no caráter y.

As estimativas de resposta correlacionada são destacadas quando superiores a raiz da  $h^2x$  ou  $h^2y$ , desta forma, a seleção indireta demonstrou ser eficiente apenas para alguns componentes de rendimento. Não houve efeitos que indicassem a seleção indireta com o caráter rendimento de grãos. Segundo Falconer e Mackay (1996) se a intensidade de seleção alcançada, quando selecionando para o caráter y for a mesma que, estando selecionando para o caráter x, então, a resposta correlacionada será maior que a resposta direta, se  $r_{Ghy}$  for maior que  $h_x$ . Portanto, não se espera que a seleção indireta seja superior à seleção direta, a menos que o caráter secundário tenha uma herdabilidade substancialmente mais alta, do que o caráter desejado e a correlação genética entre os dois também seja alta.

A seleção indireta para aumento do DE revelou ganhos positivos sobre a MGE da espiga (0,67) e MMG (0,62), nesse sentido a seleção para maiores DE possibilitariam ganhos indiretos na massa de grãos da espiga e na massa de mil grãos, para os híbridos avaliados nesse estudo (Tabela 3).

A seleção indireta para maior ME possibilita ganhos indiretos sobre a MG (0,63) e sobre a MMG (0,51), considerando que tais estimativas são superiores a  $h_{MG}$  e  $h_{MMG}$ . Da mesma forma foram observados ganhos para maior ME via seleção direta para MG (0,60) (Tabela 3). Em estudos de Bocanski et al. (2009) foi apontado que a seleção para maior massa de espiga resulta em aumento do rendimento de grãos em correlações genéticas e fenotípicas, indicando que este caráter, via seleção indireta, é importante de ser

considerado para o aumento do rendimento de grãos. Em trabalho dos autores Mohammadi et al. (2003), estes indicaram que seleção para massa de grãos e o número de grãos por espiga são relevantes para o rendimento de grãos, porém no presente estudo não foram observadas diferenças para a resposta correlacionada destas variáveis com o rendimento de grãos, apenas foram observados efeitos sobre outros componentes do rendimento.

Tabela 2 - Estimativa da resposta correlacionada (RCx(y) diagonal superior e RCy(x) diagonal inferior) em 12 caracteres avaliados em 27 híbridos simples de milho, cultivados em quatro ambientes

x/y	DE	CE	DS	ME	MGE	MS	NGF	NFE	NGE	PRO	RG	MMG
DE	-	-0,44	0,65	0,67	0,67	0,66	0,71	-0,67	0,50	-0,43	0,22	0,62
CE	-0,35	-	0,01	0,20	0,23	0,12	-0,33	0,30	-0,23	0,16	0,01	0,50
DS	0,69	0,01	-	0,65	0,54	0,80	0,35	-0,31	-0,07	0,42	-0,07	0,42
ME	0,50	0,19	0,45	-	0,63	0,58	0,28	-0,22	0,27	-0,28	0,14	0,51
MG	0,47	0,20	0,35	0,60	-	0,49	0,26	-0,18	0,29	-0,24	0,16	0,47
MS	0,15	0,15	0,76	0,79	0,71	-	0,36	-0,28	0,28	-0,39	0,06	0,54
NGF	0,73	-0,42	0,33	0,38	0,38	0,36	-	-0,76	0,67	-0,31	0,23	-0,10
NFE	-0,52	0,29	-0,35	-0,23	-0,19	-0,23	-0,58	-	-0,24	0,14	-0,26	-0,01
NGE	0,38	-0,22	0,06	0,28	0,28	0,21	0,50	-0,24	-	-0,24	-0,02	-0,12
PRO	-0,32	0,14	-0,21	-0,28	-0,25	-0,28	-0,22	0,13	-0,23	-	0,06	0,00
RG	0,16	0,01	-0,05	0,13	0,16	0,04	0,16	-0,24	-0,02	0,00	-	0,22
MMG	0,19	0,39	0,24	0,43	0,41	0,33	-0,10	-0,01	-0,10	0,00	0,19	-

Comprimento da espiga (CE), Diâmetro da espiga (DE), diâmetro do sabugo (DS), massa da espiga (ME), massa de grãos da espiga (MGE), massa do sabugo (MS), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), prolificidade (PRO), rendimento de grãos (RG) e massa de mil grãos (MMG).

As estimativas da resposta correlacionada apontou que a seleção direta para NGF, possibilita aumento do NGE (0,67), por outro lado reduz o NFE (-0,76). Embora as respostas da seleção indireta ou resposta correlacionada tenham sido apresentadas como alternativa para seleção direta, Falconer e Mackay (1996) abordam que não há um método mais eficaz, mas sim ganhos podem ser obtidos via utilização conjunta da seleção direta e indireta, onde o uso mais eficiente, que pode ser feito de um caráter correlacionado é em combinação com o caráter desejado, como uma fonte adicional de informação acerca dos valores genéticos dos indivíduos.

Os resultados sobre a participação ou contribuição relativa dos efeitos genéticos (G) e dos outros efeitos (E) sobre a correlação fenotípica, as quais a correlação de ambiente foi superior as genotípicas e fenotípicas, estão dispostas na Tabela 4.

Pode ser observado que a magnitude dos efeitos genéticos (G) foram inferiores aos demais efeitos (E) para todos os caracteres avaliados. Portanto, na correlação fenotípica

envolvendo estes pares de caracteres predominam os efeitos não genéticos (E). Dos pares avaliados destacam-se as menores magnitudes entre os pares NFE x MMG (3,64%), MGE x NFE (27,59%), e MGE x NGE (29,16%), desta forma a magnitude da correlação fenotípica é composta basicamente pelos componentes não genéticos, nestes pares de caracteres. Os valores obtidos pelos componentes não genéticos são 2 ou 3 x o valor G% na correlação fenotípica, evidenciando a dificuldade de aumento da MMG, NFE e NGE a partir da seleção de NFE e MGE.

Tabela 3 - Contribuição relativa de efeitos genéticos (G) e não genéticos (E) na correlação fenotípica para pares de caracteres avaliados em híbridos de milho

Pares	$r_E^*$	$r_G$	$h_X$	$h_Y$	$r_F(G)$	$r_F(E)$	$r_F(\text{total})$	Efeito (G)	Efeito (E)
CE x ME**	0,5	0,29	0,7	0,65	0,131	0,272	0,403	32,43	67,57
ME x MGE	0,84	0,98	0,65	0,62	0,390	0,501	0,891	43,75	56,25
ME x NFE	0,54	0,34	0,65	0,68	0,149	0,301	0,450	33,15	66,85
ME x NGE	0,52	0,43	0,65	0,67	0,184	0,296	0,480	38,29	61,71
MGE x NFE	0,55	0,29	0,62	0,68	0,121	0,318	0,439	27,59	72,41
MGE x NGE	0,71	0,48	0,62	0,67	0,196	0,414	0,610	32,09	67,91
NFE x NGE	0,49	0,36	0,68	0,67	0,163	0,269	0,431	37,69	62,31
NFE x MMG	0,16	0,01	0,68	0,55	0,004	0,098	0,102	3,64	96,36
MGE x NGE	0,71	0,48	0,62	0,62	0,181	0,440	0,621	29,16	70,84
CE x MS	0,28	0,29	0,70	0,70	0,141	0,143	0,284	49,67	50,33
CE x MGE	0,47	0,33	0,70	0,70	0,163	0,237	0,400	40,65	59,35

\* correlações de ambiente para os pares de caracteres superiores as correlações fenotípicas e genotípicas.

\*\* comprimento da espiga (CE), massa da espiga (ME), massa de grãos da espiga (MGE), número de fileiras por espiga (NFE) e número de grãos por espiga (NGE). Correlação de ambiente ( $r_E$ ), correlação genotípica ( $r_G$ ), raiz da herdabilidade da variável x ( $h_X$ ), raiz da herdabilidade da variável y ( $h_Y$ ), contribuição dos efeitos genéticos ( $r_F(G)$ ), contribuição dos efeitos não genéticos ( $r_F(E)$ ), somatório dos efeitos genéticos e não genéticos ( $r_F(\text{total})$ ), percentual da contribuição dos efeitos genéticos (efeito G) e de ambiente (efeito E) na correlação fenotípica total, em percentual.

## Conclusões

Houve associações fenotípicas e genéticas de diâmetro da espiga, massa da espiga, massa de grãos da espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos positivas com rendimento de grãos e negativa do número de fileiras por espiga.

Houve predominância de efeitos não genéticos na correlação fenotípica principalmente para os pares de caracteres NFE×MMG, MGE×NFE e MGE×NGE.

Não há ganhos via seleção indireta dos caracteres avaliados com o rendimento de grãos no germoplasma considerado neste estudo.

A seleção direta para aumento do diâmetro da espiga e massa da espiga aumenta indiretamente a massa de grãos da espiga e a massa de mil grãos.

A seleção direta para aumento do número de grãos por fileira proporciona ganhos indiretos sobre o número de grãos da espiga.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa KSP Sementes Ltda. pela disponibilidade do germoplasma para condução do presente estudo. A Capes, CNPQ e FAPERGS pela concessão das bolsas de estudo.

NARDINO, M., BARETTA, D., CARVALHO, I. R., FOLLMANN, D. N., KONFLANZ, V. A., SOUZA, V. Q., OLIVEIRA, A. C., MAIA, L. C. Phenotypic, genetic and environment correlation between traits of hybrid maize. *Rev. Bras. Biom.* Lavras, v.34, n.3, p.379-394, 2016.

- **ABSTRACT:** Maize is one of the three major cereals produced in the world, taking an increasing demand on its production, generates challenges to maize breeders. Phenotypic, genetic and environment correlations constitute an important tool to aid the breeder in the indirect selection of traits. This work had as objective to analyze the phenotypic ( $r_p$ ), genetic ( $r_G$ ) and environment ( $r_E$ ) correlations, as well as estimate the correlated response and the contribution of genetic and non-genetic effects on phenotypic correlation between characters of agronomic importance in hybrid maize, cultivated on different locations. The work was conducted in the cities of Guaraciaba-SC, Palmas-PR, Ampére-PR and Clevelândia-PR and 27 single hybrids were used, developed by KSP seeds Ltda. The following agronomic characters were evaluated: ear diameter, ear weight, ear grain weight, cob diameter, cob weight, prolificity, yield and weight of a thousand grains. There was a predominance of non genetic effects on phenotypic correlation for some pairs. Direct selection to increase the diameter of the ear and ear mass indirectly increases the mass of grains grains and thousand grain weight. The direct selection for increased row by grain number provides indirect gains on the number of grains ear.
- **KEYWORDS:** *Zea mays* L.; correlation coefficients; maize breeding.

## Referências

BADU-APRAKU, B.; AKINWALE, R.O.; OYEKUNLE, M. Efficiency of secondary traits in selecting for improved grain yield in extra-early maize under Striga-infested and Striga-free environments. *Plant Breeding*, v.133, n.3, p.373-380. 2014

BALBINOT JR, A. A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B.; FONSECA, J. A. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. *Revista Brasileira Agrociência*, Pelotas, v.11, n.2, p.161-166, 2005.

BOCANSKI, J.; SREĆKOV, Z.; NASTASIĆ, A.. Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Genetika*, v.41, n.2, p.145-154, 2009.

BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialélica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agrônômicos e proteína total. *Horticultura brasileira*, v.23, n.1, p.123-127. 2005.

CÂMERA, T.M.M; BENTO, D.A.V.; ALVES, G.F.; SANTOS, M.F.; MOREIRA, J.U.V.; JÚNIOR, C.L.S. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.595-603, 2007.

- CARVALHO, C.G.P.; BORSATO, R.; CRUZ e VIANA, J.M.S. Path analysis under multicollinearity in S0 x S0 maize hybrids. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.1, n.3, p.263-270, 2001.
- CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. *Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal*. Pelotas: UFPel, 142p. 2004.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; DA SILVEIRA, T.R.; CASAROTTO, G.. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.12, p.1363-1371, 2010.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *5º levantamento de safra 2015/2016*. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_02\\_04\\_11\\_21\\_34\\_boletim\\_graos\\_fevereiro\\_2016\\_ok.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_21_34_boletim_graos_fevereiro_2016_ok.pdf)
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: UFV, v.1, 2004, 480p.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- FALCONER, D.S. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 279p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T.F.C. *Introduction to quantitative genetics*. 4.ed. England: Longman, 1996. 463p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.
- FAOSTAT 2012. - *Food and Agriculture Organization of The United Nations data. Production/Crops*. Disponível em <http://faostat3.fao.org/home/index.html#download>. Acesso em: 13 jun. 2015.
- HALLAUER, A. R. History, Contribution, and Future of Quantitative Genetics in Plant Breeding: Lessons From Maize. *Crop Science*, v.47, n.3, p.4-19, 2007.
- HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J.B. de. *Quantitative genetics in maize breeding*. Springer, 2010. 663p.
- HAZEL L.N. The Genetic Basis for Constructing Selection Indexes. *Genetics*. v.28, n.6, p.476-90. 1943.
- HE, D.; ZHANG, H.; LIAO, C.; LUO, Q.; HUI, G.; NAN, Z.; ZHANG, Y.. Investigation and analysis on ear diameter and ear axis diameter in maize ril population. *Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education*. Springer Netherlands, 2014. p.795-801.
- HOMAYOUN, H. Study of some morphological traits of corn hybrids. *American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Science*. v.10, n.5, p.810-813, 2011.
- KHAYATNEZHAD, M.; GHOLAMIN, R.; SOMARIN, S.J.; MAHAMOODABAD, R.Z.. Correlation coefficient analysis between grain yield and its components in corn (*Zea mays* L.) hybrids. *American-Eurasian Journal Agricultural & Environmental Science*. v.9, n.1 p.105-108, 2010.

- KHODARAHMPOUR, Z.; HAMIDI, J.. Study of yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) inbred lines to drought stress. *African Journal of Biotechnology*, v.11, n.13, p.3099-3105, 2012.
- LIAO, C.. Study on two agronomic traits associated with kernel weight in a maize ril segregation population. *Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education*. Springer Netherlands, p.811-817. 2014.
- LOPES, S.J.; LÚCIO, A.D.; STORCK, L.; DAMO, H.P.; BRUM, B.; SANTOS, V.J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. *Ciência Rural*, v.37, n.6, p.1536-1542. 2007.
- MAHESH, N.; WALI, M.C.; GOWDA, M.V.C.; MOTAGI, B.N.; UPPINAL, N.F. Correlation and path analysis of yield and kernel components in maize. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, v.26, n.2, 2014.
- MODE, C.J.; ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics*, v.15, n.4, p.518-537, 1959.
- MOHAMMADI, S.A.; PRASANNA, B.M.; SINGH, N.N.. Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. *Crop Science*, Madison, v.43, n.5, p.1690-1697, 2003.
- MUNAWAR, M.; SHAHBAZ, M.; HAMMADA, G.; YASIR, M.. Correlation and path analysis of grain yield components in exotic maize (*Zea mays* l.). *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, v.12, n.1, p.22-27, 2013.
- MUSTAFA, H.S.B.; ASLAM, M.; HASAN, E.U.; HUSSAIN, F.; FAROOQ, J.. Genetic variability and path coefficient in maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Journal of Agricultural Sciences*, v.9, n.1, p.37-43, 2014.
- NASTASIC, A.; JOCKOVIC, D.; IVANOVIC, M.; STOJAKOVIC, M.; BOCANSKI, J.; DALOVIC, I.; SRECKOV, Z. Genetic relationship between yield and yield components of maize. *Genetika*, vol. 42, n.3, p.529-534, 2010.
- RANGEL, R.M; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JÚNIOR, S.P. Associação entre características agronômicas e capacidade de expansão em população de milho pipoca sob seleção recorrente. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.35, n.2, p.225-233, 2011.
- RIBEIRO, J. Z.; DE ALMEIDA, M. I. M. Estratificação ambiental pela análise da interação genótipo x ambiente em milho. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.46, n.8, p.875-883, 2011.
- SANTOS, I. C.; MIRANDA, G.V.; VAZ DE MELO, A.; MATTOS, R.N.; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J.S. e GALVÃO, J. C. C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.4, n.1, p.45-53, 2005.
- SIQUEIRA, W. J.; ILLG, R. D.; FORNASIER, J. B., GRANJA, N. P., LISBÃO, R. S.; SANTOS, R. D. Correlações fenotípica, genética aditiva e ambiental em cenoura. *Bragantia*, v.52, n.1, p.17-26, 1993.

SOUZA, A.R.R.; MIRANDA, G.V. PEREIRA, M.G.; FERREIR, P.L. Correlação de caracteres de uma população crioula de milho para sistema tradicional de cultivo. *Caatinga*, v.21, n.4, p.183-190, 2008.

STEEL, R.; TORRIE, J. *Principles and procedures of statistics a biometrical approach*. 2<sup>nd</sup> Ed. McGraw Hill, 1980, 633p.

Recebido em 22.07.2015

Aprovado após revisão em 15.05.2016