

# Efeitos fenotípicos e dissimilaridade genética em milho

Maurício Horbach Barbosa<sup>1</sup>, Ivan Ricardo Carvalho<sup>2</sup>, Maicon Nardino<sup>2</sup>, Diego Nicolau Follmann<sup>3</sup>,  
Tiago Olivoto<sup>4</sup> e Velci Queiróz de Souza<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico de agronomia – UFSM/Frederico Westphalen - RS/Brasil - email: hbmauricio@yahoo.com.br. <sup>2</sup>Doutorando em Agronomia – Fitomelhoramento – UFPel/Pelotas-RS/Brasil. email:carvalho.irc@gmail.com.; nardinomn@gmail.com. <sup>3</sup>Doutorando em Agronomia – UFSM/Santa Maria-RS/Brasil - email: diegonicolaufollmann@gmail.com. <sup>4</sup>Mestrando em Agronomia, Agricultura e Ambiente – UFSM/Frederico Westphalen-RS/Brasil. email: tiagoolivoto@gmail.com. <sup>5</sup>Professor em agronomia da UFSM/Frederico Westphalen-RS/Brasil. email:velciq@gmail.com. Endereço: Rua sete de setembro, s/n, UFSM/Frederico Westphalen-RS/ CEP 98400-000, Brasil

**Resumo** – O melhoramento genético do milho é dependente do conhecimento das associações entre os caracteres responsáveis pelo rendimento de grãos da cultura, diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a dissimilaridade genética e identificar os efeitos diretos e indiretos entre os caracteres voltados ao rendimento de grãos. O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2013/2014 no município de Fortaleza dos Valos – RS. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, onde os tratamentos foram compostos pelos híbridos de milho: Velox<sup>®</sup>, AG9045 PRO2<sup>®</sup>, BG7015H<sup>®</sup>, BG7060 HR<sup>®</sup>, AG8011 VT<sup>®</sup>, BM 915 PRO<sup>®</sup>, P30F53 H<sup>®</sup> e P30F53 HR<sup>®</sup>, estes dispostos em três repetições. O rendimento de grãos apresenta relação causal com os caracteres, diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos por espiga, massa da espiga, massa de grãos da espiga, massa de mil grãos e a prolificidade. Os caracteres que mais contribuem para distinguir geneticamente os híbridos são altura de inserção da espiga (19,21%), número de grãos por fileira (16,76%) e a massa de mil grãos (15,22%). Os híbridos P30F53H<sup>®</sup> e P30F53HR<sup>®</sup> são distantes geneticamente dos híbridos Velox<sup>®</sup>, AG9045 PRO2<sup>®</sup>, BG7015H<sup>®</sup>, BG7060, BM 915 PRO<sup>®</sup> e AG8011 VT<sup>®</sup>, o que possibilita a formação de populações com maior variabilidade genética.

Palavras-chave: *Zea mays*, melhoramento genético, modelos biométricos.

## Phenotypic effects and genetic dissimilarity in maize

**Abstract** – Genetic improvement of maize is dependent on the knowledge of associations between traits responsible for the cash crop of grain, before this context, the aim of this study was to analyze the genetic dissimilarity and identify the direct and indirect effects between traits geared to grain yield. The experiment was conducted in the season of 2013/2014 in Fortaleza dos Valos - RS, Brazil. We used the experimental randomized block design, where treatments were composed by corn hybrids: Velox<sup>®</sup>, AG9045 PRO2<sup>®</sup>, BG7015H<sup>®</sup>, BG7060 HR<sup>®</sup>, AG8011 VT<sup>®</sup>, BM 915 PRO<sup>®</sup>, P30F53 H<sup>®</sup> and P30F53 HR<sup>®</sup>, arranged in three replications. Grain yield has causal relationship with the traits, ear diameter, number of kernel rows per ear, ear mass, mass of grains ear, thousand grain weight and prolificacy. The traits that contribute most to distinguish hybrids are genetically height of ear insertion (19.21%), number of kernels per row (16.76%), and thousand grain weight (15.22%). The P30F53H<sup>®</sup> and P30F53HR<sup>®</sup> hybrids are genetically distant from Velox<sup>®</sup> hybrid AG9045 PRO2<sup>®</sup>, BG7015H<sup>®</sup>, BG7060, BM 915 PRO<sup>®</sup> and AG8011 VT<sup>®</sup>, which enables the formation of populations with greater genetic variability.

Keywords: *Zea mays*, breeding, biometric templates.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é caracterizado com uma gramínea pertencente à família das poaceas, sendo originária da América Central mais precisamente no México. Seu cultivo tem importância devido a seus vastos usos. O cereal é um componente básico para a alimentação humana e animal, é fonte de proteína, carboidratos, e matéria prima para a indústria (Alves, 2012). Relatos da Companhia Nacional de Abastecimento revela que a produção do milho no Brasil para a safra agrícola 2014/2015 atingiu 78,59 milhões de toneladas de grãos (Conab, 2015).

O potencial produtivo da cultura é determinado através da ação conjunta de fatores bióticos, abióticos, disponibilidade hídrica, manejo populacional e potencial genético do genótipo (Souza

et al., 2014). Pesquisas voltadas ao melhoramento genético da cultura do milho possibilitaram obter um grande número de genótipos altamente produtivos, conferindo a capacidade de elevar o patamar produtivo nas mais variadas regiões de cultivo, nível tecnológico e manejo conferido à cultura (Tollenaar & Lee, 2002).

A seleção pelo melhoramento vem há muito tempo trabalhando com cruzamentos entre genitores elites, esse processo realizado pelo melhoramento vai reduzindo a base genética da cultura, pois o foco cada vez mais é a maior produtividade, dessa forma ocorre o que é chamado de erosão genética (Ristic et al., 2013). Desta maneira, o entendimento da dissimilaridade genética entre híbridos torna-se interessante, pois é possível inferir quais genótipos são mais distantes geneticamente, e se estes forem

utilizados para formar populações iniciais poderão gerar linhagens promissoras, com potencial para compor híbridos mais produtivos no futuro.

Além do conhecimento das características genéticas de cada híbrido, é essencial compreender a inter-relação dos caracteres de interesse, determinando o sentido e a magnitude destas associações. A correlação linear simples de Pearson possibilita relacionar dois caracteres, mas não permite fazer inferência sobre a causa e o efeitos entre os caracteres (Cruz et al., 2004). Desta maneira, a análise de trilha fenotípica permite desdobrar as correlações totais em efeitos diretos e indiretos dos caracteres em estudo, onde se evidencia um caráter como principal e os demais como explicativos (Wright, 1921). Estas análises foram utilizadas em diversas culturas, visando melhor explicar sua produtividade e variações genéticas, em batata (Silva et al., 2007), milho (Toebe & Cargnelutti, 2013), trigo (Khan & Naqvi, 2012). Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a dissimilaridade genética e identificar os efeitos diretos e indiretos entre os caracteres voltados ao rendimento de grãos.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2013/2014 no município de Fortaleza dos Valos – RS (28° 47' 50" S e 53° 13' 22" O), a uma altitude de 406 m. O solo da região é classificado como Latossolo vermelho-escuro e o clima caracteriza-se por Köppen como *Cfa* subtropical (Moreno, 1961).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, e os tratamentos foram compostos pelos híbridos de milho: Velox<sup>®</sup>, AG9045 PRO2<sup>®</sup>, BG7015H<sup>®</sup>, BG7060 HR<sup>®</sup>, AG8011 VT<sup>®</sup>, BM 915 PRO<sup>®</sup>, P30F53 H<sup>®</sup> e P30F53 HR<sup>®</sup>, estes dispostos em três repetições. Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas espaçadas por 0,45 metros e dez metros de comprimento. Para as avaliações utilizaram-se as duas linhas centrais, desprezando o primeiro metro em cada extremidade, totalizando 7,2 metros quadrados de área útil.

A semeadura foi baseada de forma direta e realizada manualmente, onde se utilizou a densidade populacional de 80000 plantas por hectare, a adubação de base utilizada compreendeu 300 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K na formulação 10-20-20. Para as adubações de cobertura utilizou-se 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (45% de nitrogênio), esta dividida igualmente em duas aplicações nos estádios fenológicos V4 e V6. O manejo de plantas invasoras, insetos praga e doenças foram realizados de maneira preventiva com intuito de minimizar as influências no resultado do experimento.

Os caracteres foram determinados em dez plantas representativas da área útil da unidade experimental. Os caracteres foram mensurados por metodologia proposta por Carvalho et al. (2014), sendo:

Altura de planta (AP): onde se aferiu a distância entre o nível do solo até a última folha totalmente expandida, resultados em centímetros (cm);

Altura de inserção da espiga (AIE): determinou-se a distância do nível do solo a inserção da primeira espiga viável, resultados em cm;

Prolificidade (PRO): determinada pela razão entre o número de plantas e a magnitude de espigas por unidade experimental, resultados em unidades;

Diâmetro da espiga (DE): medida do diâmetro médio da espiga, com auxílio de um paquímetro digital, resultados em milímetros (mm);

Comprimento da espiga (CE): medida entre a extremidade basal e apical da espiga, resultados em cm;

Número de fileiras de grãos da espiga (NFG): se realizou a contagem do número de fileiras de grãos verdadeiras da espiga, resultados em unidades;

Número de grãos por fileira (NGF): determinado pela contagem da magnitude dos grãos contidos na extremidade basal até a apical da espiga, resultados em unidades; Massa da espiga (ME): determinou-se a massa da espiga através de balança digital, resultados em gramas (g);

Massa de grãos da espiga (MGE): obtida pela debulha da espiga, posteriormente aferiu-se a massa de grãos através de balança digital com posterior correção para 13% de umidade, resultados em g;

Massa de mil grãos (MMG): efetuou-se a contagem de oito amostras contendo cem grãos por unidade experimental, posteriormente determinou-se a massa em balança digital, após empregou-se a média deste caráter por unidade experimental corrido para 13% de umidade, resultados em g;

Rendimento de grãos (RG): determinou-se através da colheita total da área útil da unidade experimental, após realizou-se a razão entre o número de plantas colhidas pela massa de grãos, posteriormente corrigiu-se a massa de grãos por planta para 13% de umidade, após ajustou-se este caráter pela densidade populacional empregada no experimento, resultados em kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5 % de probabilidade de erro. Posteriormente verificaram-se as pressuposições da análise de variância, diante disso, os caracteres que revelaram diferença significativa foram utilizados para efetuar a análise de trilha fenotípica efetuando o diagnóstico de multicolinearidade através do número de condições (NC) da matriz fenotípica, onde se evidenciou como caráter principal o rendimento de

grãos (Cruz et al., 2004). Por meio dos mesmos caracteres determinou-se a contribuição relativa dos caracteres através do método de Singh (1981), e a dissimilaridade genética pela distância de Mahalanobis pelo método de agrupamento UPGMA (agrupamento de pares não ponderados baseados na média aritmética), seguindo a metodologia proposta por Cruz et al. (2004). Para a confecção das análises utilizou-se o software estatístico Genes (Cruz, 2013).

## Resultados e Discussão

A análise de variância revelou diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste F para as variáveis, altura de planta (AP), altura de inserção da espiga (AIE), prolificidade (PRO), diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de fileiras de grãos da espiga (NFG), número de grãos por fileira (NGF), massa da espiga (ME), massa de grãos da espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG). O diagnóstico da matriz fenotípica apontou colinearidade moderada a forte, diante disso, utilizou-se um valor de ajuste através do índice K correspondendo a 0,56. Deste modo, todas as variáveis foram utilizadas na análise de trilha fenotípica fixando-se o rendimento de grãos como caráter principal e os demais como explicativos.

As magnitudes das correlações foram estabelecidas através da classificação de Carvalho et al. (2004), onde evidencia como, nula ( $r = 0,00$ ), fraca ou baixa ( $r = 0,00$  a  $0,30$ ), média ou intermediária ( $r = 0,30$  a  $0,60$ ), e forte ou alta ( $r = 0,60$  a  $1,00$ ). Efeitos diretos e indiretos fenotípicos são apresentados na tabela 1 em relação às associações fenotípicas dos oito híbridos de milho, a análise de trilha revela elevado coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,97$ ) e baixo efeito residual ( $0,17$ ), diante disso as inter-relações expressas proporcionam resultados confiáveis.

Na Tabela 1 estão os resultados das estimativas dos efeitos diretos e indiretos fenotípicos para os dez caracteres explicativos, cujos dados indicam que o caráter diâmetro da espiga evidencia efeito direto baixo e positivo ao caráter dependente, e revela importante contribuição ao rendimento de grãos. Efeitos indiretos positivos são expressos pelos caracteres comprimento da espiga, massa da espiga e prolificidade. Deste modo o rendimento de grãos em milho é explicado não exclusivamente por apenas um caráter, mas pela ação conjunta de vários componentes, desde aqueles ligados às dimensões da espiga e ao número de espigas por planta e por unidade de área. Pesquisas determinam que o tamanho da espiga e o número de grãos por espiga

apresentam-se como os componentes de rendimento mais importantes para a cultura do milho (Lopes et al., 2007). A correlação total evidencia-se ( $r = 0,72$ ) alta e positiva comprovando as associações obtidas.

O comprimento da espiga apresenta efeitos diretos nulos ao rendimento de grãos, efeitos indiretos baixos e positivos são evidenciados pela massa de mil grãos e prolificidade. A correlação total ( $r = 0,57$ ) apresenta-se intermediária e positiva, onde sua magnitude e sentido são decorrentes dos efeitos indiretos dos caracteres explicativos ao caráter dependente. Segundo Lopes et al. (2007), a dimensão da espiga está intimamente correlacionada com o rendimento de grãos e a massa de mil grãos.

O número de grãos por fileiras da espiga apresenta efeitos nulos ao caráter principal, em contrapartida, efeitos indiretos baixos e positivos são obtidos pelo diâmetro da espiga, e intermediários e positivos com a prolificidade, baixos e negativos pela massa de mil grãos. Nestas condições o rendimento de grãos é explicado pela magnitude de espigas por planta e diâmetro da espiga, e a correlação total apresenta-se ( $r = 0,20$ ) baixa e positiva estando diretamente ligada aos caracteres explicativos da análise de trilha. O número de fileiras da espiga revela efeitos diretos baixos e positivos ao rendimento de grãos, e a correlação total apresenta-se ( $r = 0,27$ ) baixa e positiva. Em contrapartida Balbinot Jr et al. (2012), determina que o menor número de fileiras da espiga reduz a magnitude de grãos por espiga e a massa de mil grãos.

A massa da espiga apresenta efeito direto baixo e positivo ao caráter dependente. Indiretamente observam-se efeitos baixos e positivos com o diâmetro da espiga e a prolificidade, em contrapartida efeito intermediário e negativo com altura de planta. Com isso o rendimento de grãos é determinado em genótipos que preconizam a menor estatura e direcionem eficientemente seus assimilados às estruturas reprodutivas. A correlação total apresenta-se ( $r = 0,48$ ) intermediária e positiva, diante disso, a cultura do milho apresenta alterações fisiológicas em relação à translocação de fotoassimilados e balanço entre as estruturas morfológicas e os caracteres voltados a espiga (Jasdanwala & Khan, 1988). A massa de grãos por espiga apresenta efeito direto baixo e positivo ao rendimento de grãos, e indiretamente efeitos baixos e positivos são obtidos com o diâmetro da espiga, onde a correlação total apresenta-se ( $r = 0,48$ ) intermediária e positiva e comprova as associações entre estes caracteres.

A massa de mil grãos revela efeitos diretos baixos e positivos ao rendimento de grãos juntamente com os efeitos indiretos da prolificidade, estes efeitos são

comprovados pela correlação total ( $r = 0,38$ ) intermediária e positiva. Os resultados obtidos neste trabalho são comprovados por Lopes et al. (2007), onde retratam que o incremento do rendimento de grãos em milho é decorrente da massa de mil grãos. A altura de planta e altura de inserção da espiga expressa efeitos diretos baixos e negativos e nulos respectivamente ao rendimento de grãos. Onde as correlações totais apresentam-se ( $r = 0,13$ ) e ( $r = 0,37$ ) baixas e intermediárias e ambas positivas

respectivamente, diante disso os efeitos diretos obtidos apresentam-se espúrios. A prolificidade apresenta efeito direto intermediário e positivo ao caráter dependente, e evidencia incrementos significativos no rendimento de grãos. A correlação total demonstra-se ( $r = 0,86$ ) alta e positiva. Justificando que o caráter prolificidade apresenta maior influência ao rendimento de grãos podendo ser explorada como critério de seleção para híbridos mais produtivos.

**Tabela 1.** Estimativa dos efeitos diretos e indiretos fenotípicos para os dez caracteres explicativos, diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga (CE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras de grãos (NFG), massa da espiga (ME), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG), altura da planta (AP), altura da inserção de espiga (AIE) e prolificidade (PRO) sobre o caráter dependente rendimento de grãos (RG) avaliados em oito híbridos de milho.

Efeitos	Caracteres explicativos									
	DE	CE	NGF	NFG	ME	MGE	MMG	AP	AIE	PRO
Direto sobre RG	0,27	0,08	-0,00	0,21	0,10	0,13	0,24	-0,11	0,06	0,55
Ind. via DE	-	0,04	0,19	0,08	0,23	0,14	-0,05	0,15	0,10	0,17
Ind. Via CE	0,13	-	-0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	-0,00	0,03	0,01
Ind. Via NGF	-0,00	0,00	-	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
Ind. Via NFG	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,01	-0,07	0,00	0,00	0,00
Ind. Via ME	0,87	0,04	0,08	0,06	-	0,07	-0,02	0,03	0,05	0,03
Ind. Via MGE	0,07	0,06	0,08	0,07	0,09	-	-0,01	-0,00	0,00	0,02
Ind. Via MMG	-0,04	0,14	-0,17	-0,08	-0,05	-0,03	-	-0,10	0,06	0,04
Ind. Via AP	-0,06	0,01	-0,03	-0,03	-0,35	0,00	0,05	-	-0,03	-0,03
Ind. Via AIE	0,02	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	-	0,00
Ind. Via PRO	0,34	0,13	0,60	0,09	0,17	0,08	0,10	0,17	0,06	-
Total (r)	0,72	0,57	0,20	0,27	0,48	0,48	0,38	0,13	0,37	0,86
Coeficiente de determinação										0,96
Valor de K usado na análise										0,56
Efeito da variável residual										0,17
Determinante da matriz de correlação entre variáveis explicativas										0,00001

Observando-se a Tabela 2, conclui-se que a contribuição relativa dos caracteres determinada pela metodologia de Singh (1981), evidencia que entre os 11 caracteres mensurados, a altura de inserção da espiga, número de grãos por fileira da espiga e a massa de mil grãos contribuem com 19,28%, 16,76 e 15,22 % para distinção dos oito híbridos estudados, e o caráter que menos contribui é a massa de grãos da espiga com apenas 4,01%.

Os resultados obtidos pela análise de trilha, distância de Mahalanobis e pela contribuição relativa dos caracteres por Singh (1981), permitem revelar quais caracteres encontram-se mais associados fenotipicamente ao rendimento de grãos, em contrapartida a dissimilaridade genética permite revelar quais híbridos apresentam-se mais próximos geneticamente, onde os resultados destes métodos em conjunto permitem compreender mais facilmente a variação genética e associações fenotípicas dos caracteres nestes híbridos de milho.

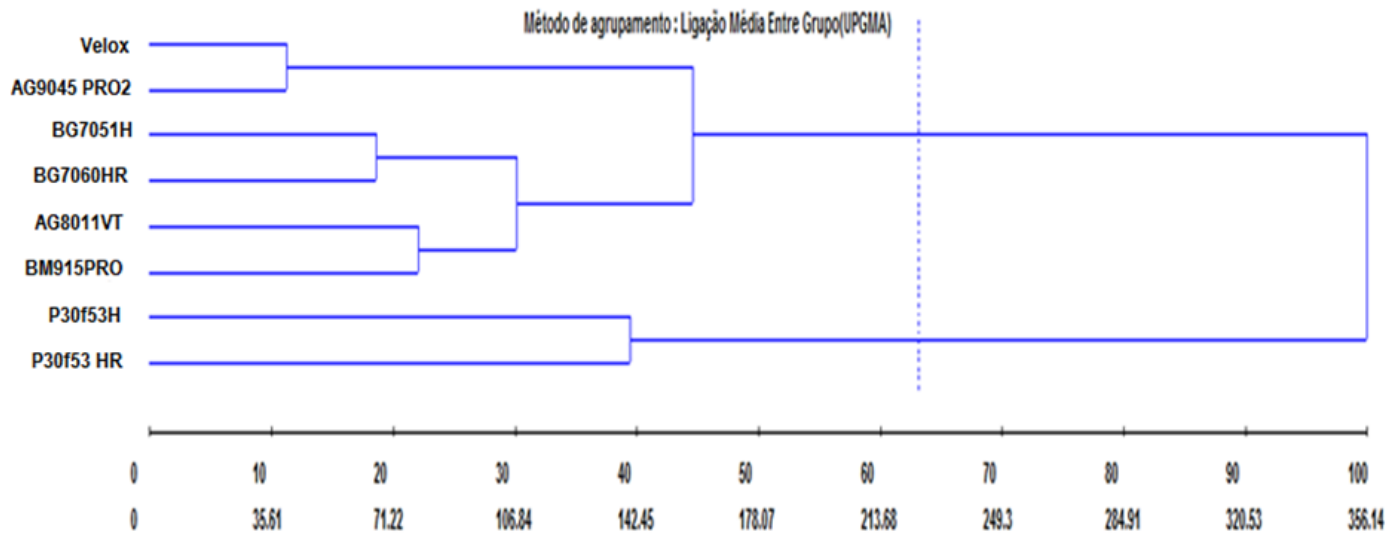
**Tabela 2.** Resultados da contribuição relativa para oito híbridos de milho pelo método de Singh (1981).

Caracteres	S. j	Contribuição relativa (%)
Altura de inserção da espiga (AIE)	1196,74	19,28
Número de grãos por fileira (NGF)	1006,35	16,76
Massa de mil grãos (MMG)	824,28	15,22
Prolificidade (PRO)	402,17	8,74
Diâmetro da espiga (DE)	257,97	6,82
Massa da espiga (ME)	224,73	6,38
Altura da planta (AP)	225,15	6,38
Rendimento de grãos (RG)	182,38	5,82
Número de fileira de grãos (NFG)	163,58	5,57
Comprimento da espiga (CE)	115,24	4,93
Massa de grãos por espiga (MGE)	45,18	4,01

Para efetuar a dissimilaridade genética entre os oito híbridos de milho utilizaram-se os 11 caracteres aferidos, assim efetuou-se a distância de Mahalanobis pelo método de agrupamento UPGMA (Figura 1), a matriz de dissimilaridade revelou média de 224,98 com isso proporcionou a separação dos híbridos em

dois grandes grupos (G). O primeiro (GI) foi formado pelos híbridos P30F53 H e P30F53HR, sendo os híbridos deste grupo mais distante geneticamente dos demais genótipos. O segundo grupo (GII) formado por seis híbridos que se subdividem, um subgrupo

formado pelos híbridos Velox<sup>®</sup> e AG9045 PRO2<sup>®</sup>, e outro formado pelos híbridos BG7015H<sup>®</sup>, BG7060, BM 915 PRO<sup>®</sup> e AG8011 VT<sup>®</sup>, diante disso, a formação de poucos grupos revela a menor variação genética envolvida entre os híbridos estudados.



**Figura 1.** Dendrograma com a dissimilaridade genética para oito híbridos de milho, utilizando a distância de Mahalanobis, obtida pelo agrupamento de pares não ponderados baseados na média aritmética (UPGMA) e determinados pela mensuração de 11 caracteres.

### Conclusões

1. O rendimento de grãos apresenta relação causal com os caracteres, diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos por espiga, massa da espiga, massa de grãos da espiga, massa de mil grãos e a prolificidade.

2. Os caracteres que mais contribuem para distinguir geneticamente os híbridos são altura de inserção da espiga (19,21%), número de grãos por fileira (16,76%) e a massa de mil grãos (15,22%).

3. Os híbridos P30F53H<sup>®</sup> e P30F53HR<sup>®</sup> são distantes geneticamente dos híbridos Velox<sup>®</sup>, AG9045 PRO2<sup>®</sup>, BG7015H<sup>®</sup>, BG7060, BM 915 PRO<sup>®</sup> e AG8011 VT<sup>®</sup>, o que possibilita a formação de populações com maior variabilidade genética.

### Referências

ALVES, J.O.; ZHUO, C.; LEVENDIS, Y.A.; TENÓRIO, J.A.S. Síntese de nano materiais de carbono a partir de resíduos de milho (DDGS). **Química Nova**, São Paulo, v. 35 n. 8, p. 1534-1537, 2012.

BALBINOT JR, A.; BACKES, R.; ALVES, A.; OGLIARI, J.; FONSECA, J. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho.

**Current Agricultural Science and Technology**, Pelotas, v. 11, n. 2, p.100-110, 2012.

CARVALHO, F.I.F., LORENCERTI, C., BENIN, G. Estimativas e Implicações da Correlação. Pelotas. **Ed. Universitária da UFPEL**, Pelotas, 2004, 142p.

CARVALHO, I.R.; SOUZA, V.Q.; FOLLMANN, D.N.; NARDINO, M.; SCHMIDT, D. Desempenho agrônomo de híbridos de milho em ambiente irrigado e sequeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18, p. 1144-1153, 2014.

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v.2, n.5, p.100, 2015.

CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. **UFV**, Viçosa: 3 ed., 2004. 480 p.

JASDANWALA, R.T.; KHAN, A.A. Assimilate Distribution in Flowering Maize Plants. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 161, n. 4, p. 249–255, 1988.

- KHAN, N.; NAQVI, F.N. Correlation and path coefficient analysis in wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. **Asian Journal of Agricultural Sciences**, v.4, n.5, p. 346–351, 2012.
- LOPES, S.J.; LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L.; DAMO, H.P.; BRUM, B.; SANTOS, V.J.D. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536–1542, 2007.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria de agricultura, 1961, 42p.
- RISTIĆ, D.; BABIĆ, B.; ANĐELKOVIĆ, V.; VANČETOVIĆ, J.; MLADENOVIĆ DRINIĆ, S.; IGNJATOVIĆ MICIĆ, D. Genetic diversity in maize dent landraces assessed by morphological and molecular markers. **Genetika**, v. 45, n. 4, p. 811–824, 2013.
- SILVA, G.O.D.; PEREIRA, A.das S.; SOUZA, V.Q. de; CARVALHO, F.I.F. de; FRITSCHÉ NETO, R. Correlations between appearance and yield characters, and path analyses for potato tuber appearance. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 381–388, 2007.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 42, n. 2, p. 237–245, 1981.
- SOUZA, T.V.; RIBEIRO, C.M.; SCALON, J.D.; LISBOA, F. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 4, p. 495–506, 2014.
- TOEBE, M.; CARGNELUTTI, A. Multicollinearity in path analysis of maize (*Zea mays* L.). **Journal Of Cereal Science**, v. 57, n. 3, p. 453–462, 2013.
- TOLLENAAR, M.; LEE, E. A. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, v. 75, n. 2, p. 161–169, 2002.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of agricultural research**, v. 20, n. 7, p. 557–585, 1921.
-