

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E SUA RELAÇÃO COM OS CRUZAMENTOS DIALÉLICOS NA CULTURA DO MILHO¹

SANDRO RICARDO FUZATTO²

DANIEL FURTADO FERREIRA³

MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO⁴

PEDRO HÉLIO ESTEVAM RIBEIRO⁵

RESUMO – Objetivou-se verificar se existe divergência genética entre vinte e cinco cultivares de milho em uso ou com potencial de serem utilizados no sul de Minas Gerais e se as informações de divergência genética, obtidas com técnicas multivariadas, aplicadas a caracteres morfológicos, podem substituir as informações de capacidade de combinação obtidas nos cruzamentos dialélicos. Foi realizado um cruzamento dialélico envolvendo vinte e cinco cultivares de milho. Duzentas e sessenta e quatro combinações híbridas, juntamente com os genitores, foram avaliados em um látice simples em dois locais. Utilizando os dados médios de produção de grãos, foram estimadas as capacidades geral e específica de combina-

ção, bem como a heterose. Adicionalmente, nos genitores, foram tomadas medidas de 12 caracteres morfológicos da planta e da espiga, utilizados para estimar a divergência dos genitores. Constatou-se que a análise de agrupamento permitiu a formação de seis grupos, mostrando divergência entre as cultivares em uso na região. Embora a correlação entre a medida de divergência e heterose fosse significativa, sua magnitude não foi alta ($r = 0,26^{**}$); contudo, ficou evidenciado que estimando-se a divergência, os melhoristas podem eliminar genitores provavelmente inferiores e concentrar seus esforços em um menor número de combinações híbridas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Capacidade geral e específica de combinação, análise multivariada.

GENETIC DIVERGENCE AND ITS RELATIONSHIP WITH DIALLEL CROSSING IN THE MAIZE CROP

ABSTRACT – This study had the objectives to verify whether there is genetic divergence among 25 maize cultivars in use or with potential to be used in Southern Minas Gerais State and whether the information furnished by the multivariate techniques applied to morphological characters, can substitute the information of combining ability estimated in diallel crossings. 264 hybrids from diallel crossings from 25 maize cultivars and their parents were assayed in a simple lattice in two locations. Using the average of grain yield, general and specific combining ability and heterosis were estimated. Additionally, measures of 12 morphological plant and

ear characters of the parents were used to estimate the genetic divergence. The cluster analysis allowed the formation of six groups, showing divergence among cultivars in use in the region. Although the correlation between the divergence and the heterosis was significant, its magnitude was not sufficiently high ($r = 0.26^{**}$) to be used as predictive value. However, it was evident that estimating genetic divergence, the plant breeders can eliminate some parents and concentrate their efforts in a smaller number of hybrid combinations.

INDEX TERMS: Specific and general combining ability, multivariate analysis.

1. Extraído da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo primeiro autor a UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS/ UFLA, Caixa Postal 37 – 37200.000 - Lavras, MG.

2. Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Departamento de Biologia/UFLA.

3. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto II, Departamento de Ciências Exatas/UFLA, bolsista do CNPq. E-mail: danielff@ufla.br.

4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular, Departamento de Biologia/UFLA, bolsista do CNPq.

5. Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Embrapa - RR, Caixa Postal 37, 37200.000 Lavras, MG.

INTRODUÇÃO

Entre as decisões que os melhoristas de plantas tomam constantemente, uma das mais importantes é a escolha das populações para um programa de seleção. Isso porque essa decisão deve ser a mais acertada, pois a má substituição da população implicará na perda do tempo e dos recursos destinados ao melhoramento. No caso da cultura do milho, visando à produção de híbrido, normalmente são escolhidas duas populações que apresentam alta capacidade específica de combinação. A heterose ou a capacidade específica do cruzamento de duas populações dependem da existência de dominância no controle do caráter e da divergência entre elas (Falconer, 1981), de forma que, na escolha dos genitores dessas populações, a preferência é que sejam divergentes e já adaptados (Silva, 1996; Spaner *et al.*, 1996; Abreu, 1997; Dias & Kageyama, 1997).

Por essa razão, na escolha das populações com maior heterose, uma das alternativas é estimar a divergência entre elas. Para isso, várias medidas de distâncias genéticas podem ser obtidas a partir de padrões isoenzimáticos, caracteres morfológicos ou fisiológicos associados às medidas multivariadas e análise de pedigrees (Amaral Júnior, 1994; Reis, 1998).

Outra alternativa para escolher populações com boa capacidade de combinação são os cruzamentos dialélicos. Essa metodologia, embora amplamente utilizada, tem como desvantagem o grande trabalho envolvido na obtenção dos híbridos e, sobretudo, nas avaliações. Essas restrições limitam o número de populações que podem ser avaliadas; normalmente os dialelos envolvem um pequeno número de genitores (menos de 10), não fornecendo as informações na amplitude desejada pelos melhoristas. Na literatura há alguns relatos do emprego de medidas de divergência como substituto das estimativas da heterose e da capacidade de combinação. Contudo, os resultados não são concordantes, pois há relatos de que a correlação entre esses parâmetros foi alta (maior que 0,80), especialmente quando o número de genitores foi pequeno (Cruz, 1990; Dias & Kageyama, 1997; Miranda, 1998) e há caso em que a correlação foi muito baixa, ou seja, menor do que 0,20 (Ferreira, 1993).

No sul do Estado de Minas Gerais, como na maioria das regiões do Brasil, há um grande número de cultivares sendo utilizadas pelos agricultores envolvendo híbridos simples, duplos e triplos, variedade de polinização livre e até mesmo, em menor proporção, variedades nativas mantidas pelos agricultores, não se conhecendo a capacidade de combinação entre elas, o que poderia

orientar os futuros trabalhos de melhoramento. Desse modo, com o presente trabalho objetivou-se estimar a divergência genética das cultivares em uso no município de Lavras, MG, bem como verificar se as medidas de divergência podem substituir o emprego dos dialelos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar o presente trabalho, foram utilizadas vinte e cinco cultivares de milho em uso ou com potencial de serem recomendadas no município de Lavras (Tabela 1). Inicialmente, as cultivares foram inter cruzadas de acordo com um esquema dialélico completo, no ano agrícola de 1995/96. Procurou-se obter um mínimo de quatro espigas para cada cruzamento e um máximo de oito, utilizando misturas de pólen de uma amostra mínima de 20 plantas. Das 300 combinações híbridas possíveis, 264 foram utilizadas, uma vez que houve problema de coincidência de florescimento ou de obtenção de números suficientes de sementes em alguns desses cruzamentos.

Os experimentos foram conduzidos em dois locais do município de Lavras: no Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e na fazenda Vitorinha, pertencente à Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPE). Lavras está situada a 21° 14'S de latitude de 45° 00'W de longitude, possuindo altitude média de 918 m.

Para a avaliação, adotou-se o delineamento látice simples 17 x 17, sendo os tratamentos constituídos das 25 cultivares genitoras e das 264 combinações híbridas. As parcelas experimentais foram constituídas de 3 linhas de 3 metros, sendo as duas fileiras laterais utilizadas como bordadura. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 metro. O desbaste foi feito 20 dias após a emergência, deixando-se 5 plantas por metro.

A adubação empregada na sementeira foi equivalente a 400 kg/ha da fórmula 4-14-8 de N, P₂O₅, e K₂O + zinco. Para a adubação de cobertura, foram utilizados 350 kg/ha da fonte sulfato de amônio, 45 dias após a sementeira. Os demais tratamentos culturais foram os usualmente adotados para a cultura do milho.

Inicialmente, foi realizada a análise de variância individual para o caráter peso de espiga despilhada para cada local. Posteriormente, foi realizada a análise conjunta dos dois locais. Foi testada a hipótese de homocedasticidade de variância pelo teste de Hartley (Snedecor & Cochran, 1978).

A análise dialélica, utilizando o modelo 2, método IV de Griffing (1956), foi realizada com a produtividade média dos híbridos, a partir da análise conjunta. A análise

se dialélica conjunta foi realizada de acordo com o modelo apresentado por Ferreira *et al.* (1993).

TABELA 1 – Cultivares de milho de diferentes empresas e diferentes tipos de materiais utilizadas na obtenção dos híbridos. Lavras, MG, 1997.

| Número | Cultivares | Empresa | Tipo do Material | Grão | Ciclo |
|--------|------------|----------|----------------------|-------------|--------------|
| 1 | AG-1051 | Agrocere | Híbrido duplo (HD) | Dentado | Normal |
| 2 | AG-1043 | Agrocere | Híbrido duplo | Dentado | Normal |
| 3 | AG-612 | Agrocere | Híbrido triplo | Semidentado | Precoce |
| 4 | AG-5011 | Agrocere | Híbrido triplo (HT) | Semidentado | Precoce |
| 5 | AG-510 | Agrocere | Híbrido triplo | Semidentado | Precoce |
| 6 | AG-8010 | Agrocere | Híbrido simples (HS) | Duro | Precoce |
| 7 | AG-9012 | Agrocere | Híbrido simples | Duro | Superprecoce |
| 8 | AG-122 | Agrocere | Híbrido duplo | Semidentado | Precoce |
| 9 | FO-01 | Colorado | Híbrido triplo | Semiduro | Normal |
| 10 | C-333B | Cargill | Híbrido simples | Duro | Semiprecoce |
| 11 | C-901 | Cargill | Híbrido simples | Semidentado | Superprecoce |
| 12 | C-435 | Cargill | Híbrido duplo | Semiduro | Precoce |
| 13 | C-125 | Cargill | Híbrido duplo | Semiduro | Precoce |
| 14 | XL-660 | Braskalb | Híbrido duplo | Semiduro | Normal |
| 15 | BR-201 | Embrapa | Híbrido duplo | Semiduro | Normal |
| 16 | AG-405 | Agrocere | Híbrido triplo | Semiduro | Precoce |
| 17 | XL-604 | Braskalb | Híbrido duplo | Semiduro | Semiprecoce |
| 18 | AG-302 | Agrocere | Híbrido duplo | Semidentado | Normal |
| 19 | P-3051 | Pionner | Híbrido triplo | Duro | Precoce |
| 20 | BR-105 | Embrapa | Variedade (V) | Duro | Médio |
| 21 | BR-106 | Embrapa | Variedade | Semiduro | Médio |
| 22 | BR-126 | Embrapa | Variedade | Mole | Normal |
| 23 | Cristal | - | Variedade | Duro | Tardio |
| 24 | P-3041 | Pionner | Híbrido triplo | Duro | Precoce |
| 25 | P-3069 | Pionner | HS mod.(HMS) | Duro | Superprecoce |

A heterose de cada híbrido foi estimada em porcentagem, em relação à média dos genitores. Para verificar se a estimativa da heterose de cada híbrido é diferente de zero, foi realizado o teste de t. Os valores de t calculado foram comparados em módulo com o percentil superior de distribuição de t de Student ($t_{\alpha/2}$), com graus de liberdade associados ao resíduo da análise de variância conjunta.

Nos 25 parentais, foram coletados dados de 12 caracteres da planta e das espigas: dias para a floração (dias para 50% de emissão de pendões na parcela); altura de espigas em cm (altura média das plantas/parcela, até a 1ª espiga); altura de planta em cm (altura média das plantas/parcela, até a folha bandeira); diâmetro do colmo em mm (diâmetro médio do 4º internódio de 9 plantas/parcela); comprimento do internódio em mm (comprimento médio do 4º internódio de 9 plantas/parcela); diâmetro do sabugo em mm (diâmetro médio de 5 sabugos por parcela); número de grãos por fileira (número médio de grãos por fileira de 5 espigas/parcela); número de fileiras de grãos (número médio de fileiras de grãos de 5 espigas/parcela); número de espigas (número de espigas da parcela útil); número de ramificações do pendão (número de ramificações do pendão de 9 plantas/parcela); peso de 100 grãos em g; produção em kg/ha (produção de espigas despalhadas da área útil da parcela).

Utilizando os dados desses caracteres, foi realizada a análise de variância multivariada conjunta (MANAVA). Utilizou-se para isso o programa SAS, módulo GLM, para efetuar a MANAVA, propiciando obter estimativas das matrizes de soma de quadrados e produtos do erro (E). Para testar a hipótese de igualdade dos efeitos de tratamento, foi adotado o critério de Wilks. A significância do teste foi atribuída à existência de divergência entre os genitores (Cruz, 1990). Como medida de dissimilaridade, foi estimada a distância de Mahalanobis (D_{ij}^2) entre os genitores i e j para todas as combinações possíveis (Rao, 1952).

Utilizando as estimativas de D_{ij}^2 , foi realizada a análise de agrupamento, adotando-se o método hierárquico do vizinho mais próximo apresentado por Johnson & Wichern (1988).

Para verificar se a divergência genética, estimada pelas distâncias multivariadas, poderia ser utilizada de forma preditiva no sentido de identificar as combinações híbridas mais promissoras, ou seja, aquelas que

apresentaram maiores estimativas de heterose e produtividade, foi obtida a correlação de Spearman (Steel & Torrie, 1980) entre as estimativas da capacidade específica de combinação, heterose, D_{ij}^2 e produtividade média de espigas despalhadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se diferença significativa para tratamentos e ambientes, significa que os genitores, híbridos e ambientes diferem entre si. Contudo, a interação tratamentos x ambientes não foi significativa, mostrando que o comportamento dos tratamentos nos diferentes locais é semelhante. No desdobramento da fonte de variação híbridos, constatou-se que ocorreu diferença significativa tanto para a capacidade específica de combinação (CEC), quanto para a capacidade geral de combinação (CGC). Novamente as interações CGC x ambientes e CEC x ambientes não foram significativas (Tabela 2). Desse modo, os resultados do dialelo serão apresentados enfocando o ocorrido na média dos dois ambientes. O contraste genitores vs híbridos foi não-significativo. Esse resultado pode ser comprovado observando-se a média dos híbridos, que foi de 2,27 kg/parcela (8,4 t/ha) e dos genitores, 2,30 kg/parcela (8,5 t/ha). Isso indica que a heterose média não diferiu de zero.

Ocorreu ampla variação na produtividade média tanto dos híbridos como dos genitores avaliados. Nos genitores, utilizando-se o teste de médias de Scott & Knott (1974), foi possível a formação de dois grupos. O primeiro com produtividade média superior a 2,2 kg/parcela (8,2 t/ha), e o segundo, envolvendo 10 cultivares com produtividade inferior a esse valor. Os genitores C-333B, AG-1051 e o C-125 apresentaram os maiores valores de CGC positivos e diferente de zero; enquanto P-3069 FO-01 e AG-612, os maiores valores de CGC negativos, ou seja, menores capacidades gerais de combinação. É conveniente salientar que os três genitores com maiores estimativas da CGC estão entre os de maiores produtividades (Tabela 3). Esses genitores demonstram ser os ideais para serem utilizados nos programas de melhoramento, pois associam elevada média e elevada capacidade geral de combinação, o que propiciaria populações híbridas resultantes dos seus cruzamentos com elevado potencial para seleção de linhagens superiores. Esses resultados estão de acordo com os preconizados por Silva (1996), Spaner *et al.* (1996), Abreu (1997) e Dias & Kageyama (1997).

TABELA 2 – Análise de variância conjunta da produtividade de espigas despalhadas (kg/parcela), obtidas na avaliação do cruzamento dialélico conduzido em dois locais, Lavras, MG, 1997.

| Fonte de variação | GL | QM | F | P ¹ |
|-------------------|-----|-------|-------|----------------|
| Local (L) | 1 | 7,200 | 38,20 | 0,000 |
| Tratamento (T) | 288 | 0,310 | 1,64 | 0,000 |
| Genitores (P) | 24 | 0,588 | 3,12 | 0,000 |
| Híbridos (H) | 263 | 0,284 | 1,51 | 0,000 |
| CGC | 24 | 0,692 | 3,67 | 0,000 |
| CEC | 239 | 0,244 | 1,29 | 0,009 |
| P vs H | 1 | - | 0,00 | 1,000 |
| T x L | 288 | 0,198 | 1,05 | 0,316 |
| P x L | 24 | 0,180 | 0,95 | 0,533 |
| H x L | 263 | 0,198 | 1,05 | 0,320 |
| CGC X L | 24 | 0,208 | 1,10 | 0,337 |
| CEC X L | 239 | 0,197 | 1,05 | 0,337 |
| P vs H x L | 1 | 0,480 | 2,55 | 0,111 |
| Erro | 512 | 0,189 | | |
| CV | | 19,18 | | |
| Média | | 2,264 | | |

¹ Nível de significância do teste de F.

Dentre os híbridos resultantes dos cruzamentos envolvendo os genitores de maior CGC (AG-1051, C-333B e C-125), a maioria deles foi classificada como mais produtivos, 66,6; 69,6 e 69,6% dos híbridos, respectivamente (Tabela 6). Esse fato ressalta a importância da participação de genitores com elevados valores de CGC nos cruzamentos realizados nos programas de melhoramento de plantas. Procedendo-se da mesma forma, verificou-se que a maioria dos híbridos, que possuía como um dos genitores aqueles materiais com menores efeitos de CGC, foi classificada no grupo de menor produtividade. Assim, para o genitor P-3069, que apresenta estimativa de CGC negativa (-0,1964), 73,6% dos seus híbridos resultantes no dialélico foram classificados como de pior performance, mesmo sendo esse híbrido (P-3069) classificado com sendo pertencente ao grupo de maior produtividade média. É oportuno enfatizar que coerentemente com esse resultado, a estimativa da correlação entre CGC e a média, embora de pequena magnitude, foi significativa, $P < 0,05$ (0,41*). Isso evidencia que apenas por meio da média não é totalmente seguro inferir sobre o poten-

cial de uma cultivar em cruzamento. Para o FO-01 e AG-612, classificados como de baixa produtividade e com CGC negativa (Tabela 3), a maioria de seus híbridos também localizou-se no grupo de menor produtividade, isto é, 71,4 e 61,1%, respectivamente.

Quanto às quatro variedades avaliadas (BR-105, BR-106, BR-126 e Cristal), verificou-se que a BR-105, participando como genitor de 22 híbridos, resultou em 63,6% deles sendo considerados de menor produtividade. Já 50% dos híbridos envolvendo a BR-106 foram incluídos nesse grupo dos menos produtivos. É oportuno salientar que as variedades BR-105 e BR-106 são usualmente utilizadas nos programas de melhoramento por apresentarem considerável padrão heterótico. Contudo, o híbrido entre elas foi classificado no grupo dos menos produtivos, com estimativa de CEC não diferindo de zero. Já as variedades BR-126 e Cristal, de menores produtividades médias, apresentaram, a maioria, 60% e 66,6%, respectivamente, dos seus híbridos entre os mais produtivos. É provável que a variedade Cristal possua um elevado grau de complementaridade alélica em rela-

ção às demais cultivares, permitindo que os híbridos em que ela participa como genitora sejam produtivos. Além do mais, essa variedade é muito tardia, aumentando o ciclo dos híbridos em que ela participou, com conseqüente aumento de produtividade. É interessante observar

que dentre os 25 genitores, os materiais FO-01, C-901, BR-201, AG-405, AG-302 e BR-105 apresentaram as estimativas de CEC nulas (Tabela 6). Esse comportamento sugere, a princípio, que esses materiais pertençam a um mesmo grupo heterótico.

TABELA 3 – Produtividade média de espigas despalhadas dos genitores e estimativas da capacidade geral de combinação em kg/parcela das cultivares avaliadas no cruzamento dialelo. Lavras, MG, 1997.

| Cultivares | Média ^{1/} | CGC |
|------------|---------------------|---------|
| C-333B | 3,2a | 0,170* |
| AG-1051 | 3,0a | 0,153* |
| C-435 | 2,7a | 0,078 |
| AG-5011 | 2,6a | -0,055 |
| P-3051 | 2,6a | -0,002 |
| AG-122 | 2,5a | -0,052 |
| AG-302 | 2,5a | 0,033 |
| AG-510 | 2,4a | -0,058 |
| AG-8010 | 2,4a | 0,001 |
| C-125 | 2,4a | 0,145* |
| P-3041 | 2,4a | 0,054 |
| C-901 | 2,3a | 0,057 |
| BR-201 | 2,3a | -0,030 |
| XL-604 | 2,3a | 0,020 |
| P-3069 | 2,3a | -0,196* |
| AG-405 | 2,2b | -0,074 |
| BR-106 | 2,2b | -0,005 |
| AG-1043 | 2,1b | 0,067 |
| BR-105 | 2,1b | -0,083 |
| AG-612 | 2,0b | -0,103* |
| AG-9012 | 2,0b | -0,030 |
| FO-01 | 1,9b | -0,181* |
| XL-660 | 1,9b | -0,074 |
| BR-126 | 1,8b | 0,006 |
| Cristal | 1,4b | 0,081 |

^{1/} Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974).

*** Significativamente diferente de zero pelo teste de t a 5% de probabilidade.**

Destaque especial merece o cruzamento AG-5011 x P-3051 por ter apresentado a maior estimativa da CEC (2,3 t/ha), com produtividade equivalente ao dos híbridos simples comerciais (Tabela 6).

Os resultados da análise de variância multivariada conjunta para os dois locais são apresentados na Tabela 4. O procedimento de Wilks foi utilizado para testar

a hipótese de igualdade de efeitos dos genitores e da interação genitores x local, utilizando-se 12 caracteres avaliados. Por meio da aproximação do procedimento de Wilks pelo teste F, verificou-se que os genitores diferiram entre si significativamente ($P < 0,01$) e que o efeito da interação novamente foi não significativo.

TABELA 4 – Análise multivariada conjunta segundo critério de Wilks, para os 12 caracteres morfológicos das 25 cultivares recomendadas para o sul de Minas Gerais, avaliadas em dois locais no município de Lavras, MG, 1997.

| Fonte de variação | GL | | F | P ¹ |
|-------------------|-----------|-------------|------|----------------|
| | Numerador | Denominador | | |
| Tratamento (T) | 288 | 433 | 3,48 | 0,0001 |
| T X Local | 288 | 433 | 1,09 | 0,2024 |

¹ Nível de significância do teste de F.

Com base nas distâncias multivariadas, foi realizada a análise de agrupamento pelo método do vizinho mais próximo. O dendograma resultante dessa análise é apresentado na Fig. 1. A separação em grupos nesse tipo de gráfico é feita de maneira subjetiva, escolhendo-se um ponto de corte na escala de distância (Johnson & Wichern, 1988). Procedendo-se assim, ou seja, adotando o nível de corte na escala de distância igual a 0,3, permitiu-se que se obtivessem seis grupos: grupo 1, formado pela variedade Cristal; o 2 formado pelo FO-01; o 3 formado pelo C-901; o 4 pelo C-333B, o 5 formado pelo P-3069 e BR-105, e o 6, pelos demais, cuja distância foi inferior a 0,3. Deve ser salientado que a menor estimativa da distância generalizada de Mahalanobis ($D^2 = 0,125$) foi encontrada entre os genitores AG-5011 com o C-333B, e a maior ($D^2 = 4,55$) entre C-901 e o Cristal.

Nenhuma estimativa de heterose (h) positiva e significativa foi detectada entre os cruzamentos de híbridos simples. Considerando que o cruzamento de dois híbridos simples dá origem a um híbrido duplo, esse resultado era esperado, pois, dificilmente um híbrido duplo deverá apresentar heterose superior aos genitores, sobretudo quando os híbridos simples envolvidos estão entre as melhores cultivares recomendadas para a região.

Chama a atenção o fato de que apenas duas estimativas de h foram diferentes de zero, com o nível de significância adotado ($P < 0,05$). A estimativa de h entre ‘C-

333B’ e o ‘AG-5011’ foi negativa e alta, correspondendo a -36,9% da média desses genitores. Já entre o ‘Cristal’ e ‘AG-9012’, a h foi positiva e correspondeu a 64,7% da média dos genitores. A ausência de significância na estimativa de h deve ser creditada ao menor poder dos testes. Conforme resultados obtidos por Veiga (1998) por meio de simulação, foi constatado que nos casos de caracteres, cuja herdabilidade (h^2) ao nível de média é baixa, a chance de obter estimativas significativas de heterose é reduzida, se o número de repetições nas avaliações for pequeno. Nesse trabalho, a h^2 ao nível de média foi de 39%, que deve ter contribuído, como já salientado, para não se detectar significância.

Os coeficientes de correlação classificatória de Spearman entre as estimativas das CEC, D^2 , média e h, envolvendo as 264 combinações híbridas, estão apresentados na Tabela 5. Verifica-se que a maioria dos coeficientes de correlação foi significativa, excetuando-se a estimativa entre a CEC e D^2 . As maiores estimativas encontradas ocorreram entre a CEC com a média (0,864) e CEC e h (0,704). Destaque deve ser dado para a estimativa da correlação entre a distância de Mahalanobis e a heterose, que, embora altamente significativa, não foi elevada (0,26). Resultado semelhante a esse foi obtido por Ferreira (1993), que encontrou uma correlação de 0,39 entre D^2 e heterose.

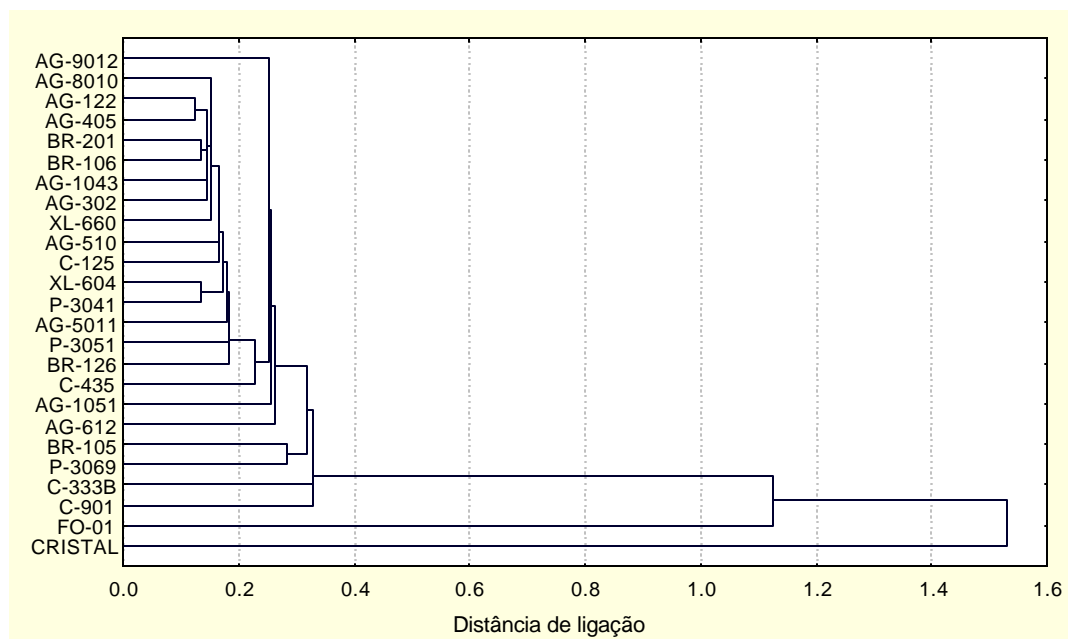


FIGURA 1 – Dendrograma de ligação simples feito a partir da análise de agrupamento do vizinho mais próximo de 25 cultivares de milho, considerando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), baseada em 12 caracteres morfológicos. Lavras, MG, 1997.

TABELA 5 – Coeficiente de correlação linear de Spearman, para os 264 híbridos, obtidos entre as estimativas dos cinco parâmetros: capacidade específica de combinação (CEC), média, distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e heterose (h). Lavras, MG, 1997.

| Parâmetros | D^2 | Média | H |
|------------|--------|---------|---------|
| CEC | 0,0867 | 0,864** | 0,704** |
| D^2 | | 0,134* | 0,261** |
| Média | | | 0,652** |

*,** Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste de t, respectivamente.

Na literatura há relatos de estimativas de correlação com esses dois parâmetros de maior magnitude, porém envolvendo outras espécies (Cruz, 1990; Dias & Kagayama, 1997; Miranda, 1998). É importante salientar, contudo, que nesses trabalhos o número de genitores foi pequeno. Como no presente caso e no de Ferreira (1993), o número de combinações híbridas foi bem superior, qualquer flutuação na classificação dos híbridos com relação aos referidos parâmetros, especialmente entre aqueles de posição intermediária, contribui para redu-

zir a estimativa da correlação. Essa observação é corroborada pelo fato de que se forem consideradas apenas as combinações híbridas situadas nos extremos, há uma boa concordância entre as estimativas de D^2 e CEC ou heterose, inferindo-se que a análise multivariada, estimando a divergência, pode ser útil para os melhoristas, para promover uma triagem inicial dos genitores e, assim, concentrar os esforços no dialelo que envolve apenas as combinações mais promissoras, tornando factível a realização e avaliação de todas as combinações híbridas

TABELA 6 – Produtividade média de espigas despalhadas (kg/parcela) (acima da diagonal) e capacidade específica de combinação (CEC) (abaixo da diagonal) dos 264 híbridos do cruzamento dialélico entre 25 cultivares recomendadas para o sul de Minas Gerais. Lavras, MG, 1997.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|---------|------------------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|------------|
| 1 | | 2,7495 | a ^{1/2} 2,0715 | b 2,6795 | a 1,8815 | b 2,3945 | a 2,1590 | b 2,4440 |
| 2 | 0,2580 | ns | 2,3885 | a 1,6915 | b 1,8585 | b 2,2210 | b 2,2325 | b 2,1900 |
| 3 | -0,2499 | ns | 0,1485 | ns | 2,5950 | a 2,0535 | b 1,8010 | b x 1,8370 |
| 4 | 0,3100 | ns | -0,5965 | * 0,4670 | * | 2,3055 | a 2,1790 | b 2,1290 |
| 5 | -0,4845 | * ^{2/2} | -0,4261 | * -0,0710 | ns | 0,1762 | ns | 2,2235 |
| 6 | -0,0307 | ns | -0,1228 | ns | -0,3827 | ns | -0,0095 | ns |
| 7 | -0,2357 | ns | -0,0808 | ns | x | -0,0290 | ns | x |
| 8 | 0,0712 | ns | -0,1013 | ns | -0,2942 | ns | 0,3804 | ns |
| 9 | -0,1301 | ns | 0,1318 | ns | x | 0,0816 | ns | 0,3197 |
| 10 | 0,2475 | ns | x | -0,2350 | ns | -0,5513 | * 0,2088 | ns |
| 11 | -0,2127 | ns | x | 0,2738 | ns | -0,1735 | ns | 0,1292 |
| 12 | -0,2519 | ns | 0,0860 | ns | 0,2126 | ns | x | 0,0689 |
| 13 | -0,1454 | ns | x | 0,5091 | * | 0,0398 | ns | -0,0775 |
| 14 | -0,2766 | ns | 0,4373 | * 0,1374 | ns | 0,0801 | ns | -0,2277 |
| 15 | 0,1511 | ns | 0,0930 | ns | x | 0,2702 | ns | x |
| 16 | 0,2090 | ns | x | -0,1685 | ns | x | -0,2722 | ns |
| 17 | 0,2009 | ns | 0,0058 | ns | -0,3596 | ns | -0,0944 | ns |
| 18 | -0,2599 | ns | -0,0470 | ns | 0,3816 | ns | x | 0,3010 |
| 19 | 0,0506 | ns | -0,1710 | ns | -0,3934 | ns | 0,6178 | * -0,0805 |
| 20 | 0,1987 | ns | -0,3094 | ns | -0,0248 | ns | -0,1021 | ns |
| 21 | -0,0630 | ns | 0,1985 | ns | 0,3150 | ns | -0,2663 | ns |
| 22 | 0,4886 | * | -0,0890 | ns | x | -0,3767 | ns | 0,2219 |
| 23 | -0,3040 | Ns | 0,1049 | ns | -0,6900 | * | x | 0,2038 |
| 24 | 0,0763 | Ns | -0,0332 | ns | x | x | -0,2358 | ns |
| 25 | 0,1324 | Ns | 0,2188 | ns | x | x | -0,0062 | ns |

Tabela 6 - Continuação

| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 2,1130 | b 2,8420 | a 2,2690 | a 2,2510 | b 2,4240 | a 2,0735 | b 2,5460 | a 2,5595 |
| 2 | 2,2935 | a x | x 2,0715 | b 2,5075 | a x | 2,7060 | a 2,4065 | a x |
| 3 | x | 2,1180 | b 2,5140 | a 2,4740 | a 2,8370 | a 2,2460 | b x | 1,9405 |
| 4 | 2,0880 | b 1,8065 | b 2,0715 | b x | 2,3725 | a 2,1935 | b 2,4285 | a x |
| 5 | 2,3565 | a 2,5970 | a 2,4045 | a 2,3655 | a 2,2855 | a 1,9160 | b x | 1,8720 |
| 6 | 2,0825 | b 2,3775 | a 2,4875 | a 2,5880 | a 2,2465 | b 2,4740 | a 2,3620 | a 2,2540 |
| 7 | 1,9025 | b 2,4685 | a 1,9890 | b 2,2435 | b 2,4215 | a 2,6315 | a 2,1310 | b 2,2675 |
| 8 | 1,9340 | b 2,2030 | b 2,2055 | b 2,3460 | a 2,2960 | a 1,9665 | b 2,1775 | b 2,1230 |
| 9 | | 2,0765 | b 1,8055 | b 2,5090 | a 2,1050 | b 1,8690 | b 1,9345 | b 1,9785 |
| 10 | - | ns | 2,7065 | a 2,6470 | a 2,5140 | a 2,3880 | a 2,1535 | b 2,3425 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|----|---------|----|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|----|
| 11 | - | ns | 0,2177 | ns | | 2,0720 | b | 2,2020 | b | 1,9755 | b | x | 2,5505 | a | | |
| | | | 0,3306 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0,3516 | ns | 0,1369 | ns | -0,3293 | ns | | 2,4015 | a | 2,7060 | a | 2,0680 | b | 2,2970 | a | |
| 13 | - | ns | -0,0626 | ns | -0,2658 | ns | -0,0499 | ns | | 2,7200 | a | 2,2855 | a | x | | |
| | | | 0,1189 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | - | ns | 0,0307 | ns | -0,2730 | ns | 0,4782 | * | 0,3743 | ns | | 2,2270 | b | 2,2560 | a | |
| | | | 0,1355 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | - | ns | -0,2486 | ns | x | | -0,2219 | ns | -0,1223 | ns | 0,0721 | ns | | x | | |
| | | | 0,1149 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | - | ns | -0,0152 | ns | 0,3015 | ns | 0,0625 | ns | x | | 0,1455 | ns | x | | | |
| | | | 0,0265 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | - | ns | 0,4647 | * | 0,3695 | ns | x | | 0,0020 | ns | -0,4710 | * | 0,1949 | ns | -0,1445 | ns |
| | | | 0,1406 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | - | ns | -0,3106 | ns | 0,1532 | ns | 0,1744 | ns | -0,0885 | ns | -0,1593 | ns | 0,0471 | ns | -0,0858 | ns |
| | | | 0,0504 | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | - | ns | -0,0791 | ns | 0,3162 | ns | -0,0941 | ns | -0,3300 | ns | 0,2297 | ns | 0,0771 | ns | 0,1687 | ns |
| | | | 0,1618 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | X | | -0,2305 | ns | -0,2038 | ns | 0,2535 | ns | 0,0866 | ns | -0,0587 | ns | 0,3057 | ns | 0,0333 | ns |
| 21 | 0,2991 | ns | 0,0489 | ns | x | | -0,1503 | ns | 0,1468 | ns | -0,4199 | * | -0,1969 | ns | -0,2533 | ns |
| 22 | X | | 0,0034 | ns | 0,0447 | ns | -0,0006 | ns | -0,2245 | ns | -0,4028 | ns | -0,0434 | ns | 0,1182 | ns |
| 23 | - | ns | 0,3413 | ns | 0,2821 | ns | -0,7553 | * | 0,0653 | ns | 0,0026 | ns | -0,0115 | ns | 0,0696 | ns |
| | | | 0,3300 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 0,3704 | ns | 0,1112 | ns | -0,0561 | ns | 0,0777 | ns | 0,1603 | ns | x | | -0,0856 | ns | -0,2715 | ns |
| 25 | 0,3874 | ns | 0,2182 | ns | -0,1350 | ns | 0,0397 | ns | 0,0733 | ns | -0,1615 | ns | -0,0951 | ns | -0,0930 | ns |

Tabela 6 - Continuação

| | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | | | | | | | | | |
|----|---------|----|--------|----|--------|----|--------|----|---------|----|--------|----|--------|---|--------|---|--------|---|
| 1 | 2,6455 | a | 2,1980 | b | 2,4735 | a | 2,5400 | a | 2,3570 | a | 2,9190 | a | 2,2015 | b | 2,5550 | a | 2,3605 | a |
| 2 | 2,3690 | a | 2,3295 | a | 2,1705 | b | 1,9505 | b | 2,5370 | a | 2,2600 | a | 2,5290 | a | 2,3640 | a | 2,3655 | a |
| 3 | 1,8435 | b | 2,5980 | a | 1,7880 | b | 2,0750 | b | 2,4935 | a | x | | 1,5740 | b | x | | x | |
| 4 | 2,1135 | b | x | | 2,8040 | a | 2,0025 | b | 1,9170 | b | 1,8170 | b | x | | x | | x | |
| 5 | 2,1570 | b | 2,5525 | a | 2,1360 | b | 2,2955 | a | 1,8975 | b | 2,4460 | a | 2,5030 | a | 2,0365 | b | 2,0155 | b |
| 6 | 2,1810 | b | x | | 2,1345 | b | 2,0455 | b | 2,5990 | a | 2,6665 | a | 2,3760 | a | 2,5430 | a | 2,1405 | b |
| 7 | 2,2160 | b | 2,4480 | a | 2,1450 | b | 2,1455 | b | 2,2065 | b | 2,2715 | a | 2,8415 | a | 2,3195 | a | 1,8340 | b |
| 8 | 2,2680 | a | x | | 2,2700 | a | 2,2630 | a | 2,3590 | a | 2,0800 | b | 2,6370 | a | 2,2470 | b | 2,1210 | b |
| 9 | 1,9585 | b | 2,0620 | b | 1,9155 | b | x | | 2,3735 | a | x | | 1,8300 | b | 2,5035 | a | 2,2700 | a |
| 10 | 2,9165 | a | 2,1545 | b | 2,3510 | a | 2,1180 | b | 2,4760 | a | 2,4410 | a | 2,8540 | a | 2,5970 | a | 2,4535 | a |
| 11 | 2,7125 | a | 2,5095 | a | 2,6375 | a | 2,0360 | b | x | | 2,3735 | a | 2,6860 | a | 2,3210 | a | 1,9915 | b |
| 12 | x | | 2,5110 | a | 2,2240 | b | 2,4735 | a | 2,1465 | b | 2,3135 | a | 1,6335 | b | 2,4340 | a | 2,1360 | b |
| 13 | 2,4450 | a | 2,3660 | a | 2,1060 | b | 2,4245 | a | 2,5615 | a | 2,2075 | b | 2,5720 | a | 2,6345 | a | 2,2875 | a |
| 14 | 1,7335 | b | 2,0585 | b | 2,4125 | a | 2,0425 | b | 1,7600 | b | 1,7875 | b | 2,2680 | a | x | | 1,8265 | b |
| 15 | 2,4615 | a | 2,3270 | a | 2,3220 | a | 2,4690 | a | 2,0450 | b | 2,2090 | b | 2,3160 | a | 2,2150 | b | 1,9550 | b |
| 16 | 2,0670 | b | 2,1390 | b | 2,3585 | a | 2,1415 | b | 1,9335 | b | 2,3155 | a | 2,3420 | a | 1,9740 | b | 1,9020 | b |
| 17 | | | 2,1510 | b | 2,0105 | b | 2,2710 | a | 2,4565 | a | 2,3070 | a | 2,3265 | a | 2,5985 | a | x | |
| 18 | -0,1640 | ns | | | 2,0575 | b | 2,2820 | a | x | | 2,3675 | a | x | | 2,3095 | a | x | |
| 19 | -0,2695 | ns | - | ns | | | 2,0845 | b | 2,3250 | a | 2,3370 | a | 2,8825 | a | 2,0595 | b | 2,1495 | b |
| | | | 0,2344 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 0,0725 | ns | 0,0717 | ns | - | ns | | | 2,0660 | b | 2,2235 | b | x | | 2,1380 | b | 1,9345 | b |
| | | | | | 0,0914 | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 0,1794 | ns | x | | 0,0704 | ns | - | ns | | | x | | 2,1915 | b | x | | 2,2070 | b |
| | | | | | 0,1066 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 0,0195 | ns | 0,0681 | ns | 0,0720 | ns | 0,0405 | ns | x | | | | 2,2185 | b | 2,1815 | b | x | |
| 23 | -0,0361 | ns | x | | 0,5424 | * | x | | -0,1586 | ns | - | ns | | | 2,8355 | a | 1,8715 | b |
| | | | | | | | | | | | 0,1334 | | | | | | | |
| 24 | 0,2627 | ns | - | ns | - | ns | - | ns | x | | - | ns | 0,4362 | * | | | 1,5455 | b |

| | | | | | | | | | |
|----|---|--------|-----------|--------|-----------|--------|------------|-----------|--|
| | | 0,0382 | 0,2538 | 0,0932 | | 0,1436 | | | |
| 25 | x | x | 0,0868 ns | - ns | 0,1343 ns | x | -0,2773 ns | -0,5712 * | |
| | | | | 0,0462 | | | | | |

^{1/}Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a de 5% de significância pelo teste de Scott e Knott

^{2/} Significativamente diferente de zero pelo teste de t a de 5% de significância

CONCLUSÕES

Pela análise multivariada, identifica-se a divergência genética e formam-se grupos nos quais é minimizada a divergência genética dentro deles, e maximizada a divergência genética entre os mesmos.

As estimativas de divergência genética podem ser usadas para selecionar genitores potencialmente promissores para gerar populações com elevada variabilidade e adaptação, permitindo aos melhoristas concentrarem seus esforços em um menor número de combinações híbridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.F.B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores inter-raciais**. 1997. 79 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

AMARAL JÚNIOR, A.T. **Análise multivariada e isoenzimática da divergência genética entre acessos de manga (*Cucurbita máxima* Duchesne)**. 1994. 95 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, C.D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DIAS, L.A.S.; KAGEYAMA, P.Y. Multivariate genetic divergence and hybrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.20, n.1, p.63-70, Mar. 1997.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M.A. SILVA e J.C. SILVA. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1981. 279 p. Título original: Introduction to quantitative genetics.

FERREIRA, D.F. **Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos**. 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FERREIRA, D.F.; REZENDE, G.D.S.P.; RAMALHO, M.A.P. An adaptation of Griffing's method IV of a complete diallel cross analysis for experiments repeated in several environments. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.16, n.2, p.357-366, jun. 1993.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v.9, p.463-493, 1956.

JOHNSON, R.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2.ed. New York: Prentice-Hall, 1988. 607 p.

MIRANDA, G.V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares elites de soja como progenitores**. 1998. 117 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometrical research**. New York: J. Wiley, 1952. 390 p.

REIS, W.P. **Divergência genética entre cultivares brasileiros de trigo recomendados no Brasil**. 1998. 77 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, Sept. 1974.

SILVA, R.M. da. **Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (willd ex Spreng) Shum.)**. 1996. 151 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)

- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W. **Statistical methods**. 6. ed. Ames, Iowa: The Iowa State College Press, 1978. 485 p.

SPANER, D.; BRATHWAITE, R.A.I.; MATHER, D.E. Diallel study of open-pollinated maize varieties in Trinidad. **Euphytica** Wageningen, v.90, n.1, p.65-72, 1996.

STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistic: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill Book, 1980. 633 p.

VEIGA, R.D. **Eficiência dos dialelos circulantes na escolha de genitores, avaliada com simulação de dados**. 1998. 95 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.