

## Adaptabilidade de famílias de meio-irmãos de milho submetidas ao déficit hídrico e baixa disponibilidade de nitrogênio

Ricardo Gonçalves Silva<sup>1</sup>  
Cosme Damião Cruz<sup>2</sup>  
Glaucio Vieira Miranda<sup>2</sup>  
João Carlos Cardoso Galvão<sup>2</sup>  
Débora Gonçalves Silva<sup>3</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o método centróide, com análise gráfica baseada em componentes principais, para a adaptabilidade de famílias de meio-irmãos provenientes de duas populações de milho, em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica e de nitrogênio. Para isso, foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meio-irmãos (FMI) da população UFVM 100 e 49 FMI da população UFVM 200. Para cada população, foram instalados quatro experimentos, cada um representando um ambiente. Nos ambientes 1 e 2, avaliou-se a eficiência ao uso de nitrogênio, representando dois níveis de aplicação de nitrogênio no solo, alto e baixo respectivamente. Nos ambientes 3 e 4, foi avaliada a tolerância ao déficit hídrico, irrigação normal e déficit hídrico (suspensão da irrigação). Na avaliação da resposta diferencial dos genótipos, a metodologia de componentes principais foi utilizada no conjunto de dados originais, contendo a média dos *g* genótipos + 4 centróides em cada ambiente. Conclui-se que nas duas populações, a maioria das famílias de meio-irmãos apresentou comportamento invariante nos quatro ambientes; o método centróide apresentou dificuldade na interpretação, uma vez que, a adaptabilidade específica está associada a desempenhos máximos e ao mesmo tempo desempenhos mínimos, o que agronomicamente é extremamente indesejável e a análise gráfica pelo método centróide apresentou dificuldade para a interpretação tanto para os dados com distribuição homogênea quanto para os dados com distribuição heterogênea.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., método do centróide, componentes principais

### ABSTRACT

#### Adaptability of maize half-sib families subjected to water deficit and low nitrogen availability

The aim of this work was to study the adaptability of half-sib families from two maize populations under contrasting environments concerning to the availability of water and nitrogen, by using the centroid method with graphic analysis based on principal components analysis (PCA). A total of 49 half-sib families (FMI) of the population UFVM 100 and 49 FMI of the population UFVM 200 were randomly taken. Four experiments were set up for each population, each representing one environment. Nitrogen use efficiency was evaluated in the environments 1 and 2, representing two nitrogen levels applied to the soil, high and low level respectively. Tolerance to water deficit, normal irrigation and water deficit (irrigation interruption) were evaluated in the environments 3 and 4. When evaluating the differential response by genotypes, the principal component methodology was applied to original data, containing the mean of *g* genotypes + 4 centroids in each environment. It was found that most half-sib families from both populations presented

Recebido para publicação em maio de 2007 e aprovado em junho de 2008.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. 65.500-000, Cx. P. 17, Chapadinha, MA. E-mail: rgoncalves@ufma.br (autor para correspondência).

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa (UFV). 36.570-000, Viçosa, MG. E-mail: cosme@ufv.br, glaucovmiranda@ufv.br, jgalvao@ufv.br

<sup>3</sup> Acadêmica do curso de Agronomia da UFV. E-mail: debegoncalves@yahoo.com.br

consistent behavior in the four environments; the centroid method had problems of interpretation, since specific adaptability is associated with both maximum performance and minimum performance at the same time. This is agronomically extremely undesirable and the graphic analysis using the centroid method had problems with interpreting both data with homogeneous distribution and data with heterogeneous distribution.

**Key words:** *Zea mays* L., centroid method, principal components analysis

## INTRODUÇÃO

O aumento da produção de milho, por meio da expansão da área cultivada, é uma estratégia de primordial importância, que depende do desenvolvimento de genótipos cada vez mais eficientes e adaptados à condição de estresse abiótico, isto é, ambiente com temperatura elevada, baixa disponibilidade de nutrientes no solo, déficit hídrico, entre outras limitações que causam desvio significativo da condição ótima para alcançar alta produção.

Segundo Byrne *et al.* (1995) a estratégia de seleção, combinando ambientes sem e com estresse, foi considerada como mais indicada. Esses autores compararam duas populações de milho, sendo uma selecionada somente em condições de estresse de seca e a outra selecionada em vários locais, com e sem estresse.

Muitos autores consideram a avaliação de genótipos, visando à identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes, como uma das etapas mais importantes de um programa de melhoramento (Farias *et al.*, 1997; Nunes *et al.*, 2002, Rocha *et al.* 2005). A recomendação de cultivares superiores normalmente é feita, considerando-se duas estratégias principais: primeira, identificação dos genótipos com adaptabilidade geral, visando à recomendação a um conjunto de ambientes heterogêneos e, segunda, à recomendação de indivíduos adaptados a ambientes específicos visando a capitalizar o efeito da interação.

Atualmente, para a quantificação da interação genótipos x ambientes têm-se utilizado as metodologias baseadas em componentes principais, com o objetivo de representar a variação da performance dos genótipos nos ambientes em uma dispersão no plano com poucos eixos. Esta abordagem permite a análise simultânea da performance de um número de genótipos relativamente grande (Alves, 2002; Cruz & Regazzi, 2004).

Assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar o método centróide, com análise gráfica baseada em componentes principais, para a adaptabilidade de famílias de meio-irmãos provenientes de duas populações de milho, em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica e de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram tomadas, ao acaso, 49 famílias de meio-irmãos (FMI) da população UFVM 100 e 49 FMI da população UFVM 200, para avaliar a adaptabilidade em ambientes contrastantes quanto à disponibilidade hídrica e de nitrogênio.

Para cada população, foram instalados quatro experimentos, cada um representando um ambiente. Nos ambientes 1 e 2, avaliou-se a eficiência no uso de nitrogênio, representando dois níveis de aplicação deste nutriente no solo (alta e baixa disponibilidade de nitrogênio). O nível alto de nitrogênio (sem estresse) foi estabelecido com a adubação de semeadura (500 kg/ha da fórmula 08-28-16 + Zn) e duas adubações em cobertura, totalizando 120 kg/ha de N (40 kg/ha de N na adubação de semeadura; 40 kg/ha de N aos 15 dias após a emergência – DAE; 40 kg/ha de N aos 30 DAE). No nível baixo de nitrogênio (com estresse) foram aplicados somente 40 kg/ha de N na adubação de semeadura, utilizando-se 500 kg/ha da fórmula 08-28-16 + Zn. Nos ambientes 3 e 4, avaliou-se a tolerância ao déficit hídrico, representando déficit hídrico e condições ótimas de irrigação, respectivamente. Nos dois ambientes, foi utilizada a mesma adubação de semeadura e cobertura do ambiente 1 (sem estresse de N). O monitoramento da umidade do solo foi feito com tensiômetros de coluna de mercúrio, cujas leituras foram utilizadas para definir o momento de irrigar. As irrigações foram feitas, sempre, que o potencial da água no solo a 0,20 m de profundidade era de -0,03 MPa; no entanto, os experimentos em condições de déficit hídrico não foram irrigados durante sete dias (até que o potencial hídrico do solo ficasse entre -0,09 a -0,1 MPa), em três estádios de desenvolvimento: vegetativo (sexta folha completamente expandida), florescimento e enchimento de grãos. O período de déficit hídrico foi de 21 dias durante o ciclo da cultura. Os experimentos foram instalados em março de 2005, num Latossolo Vermelho Distrófico, no Campus Experimental Morada Nova, pertencente à Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí (FACTU) no município de Unaí – MG, com latitude de 16°22'45"S, longitude de 46°53'45"O e altitude de 576 m.

Utilizou-se o delineamento experimental em látice 7 x 7, com duas repetições. A parcela experimental foi constituída por uma fileira de cinco metros de comprimento com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas dentro de fileiras, resultando numa população de 55.000 plantas por hectare, aproximadamente.

Durante o cultivo, foram realizadas práticas recomendadas para condução da lavoura, tais como o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais e o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Foi avaliada a produção de grãos, em cada parcela. A análise de variância conjunta e as estimativas dos parâmetros genéticos foram realizadas segundo o método 4 apresentado por Regazzi *et al.* (1999), considerando-se a análise do látice como blocos casualizados completos, utilizando-se as médias ajustadas dos tratamentos, da análise com recuperação da informação interblocos, tendo como quadrado médio do resíduo a média dos resíduos (variância efetiva média) das análises individuais, desta mesma análise com recuperação da informação interblocos.

Para avaliar a adaptabilidade das famílias de meio-irmãos das populações UFVM 100 e UFVM 200, foi utilizada a técnica multivariada de componentes principais, que permite a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes, a fim de representar em ordem de estimativas, o máximo da variação total contida nas variáveis originais. A sua principal característica é possibilitar a redução da dimensão do conjunto de dados, com mínima perda da informação (Cruz & Carneiro, 2003). A análise consiste em empregar a metodologia de componentes principais, para representar a informação da performance diferencial dos genótipos diante das alterações ambientais.

Com este objetivo, o método denominado centróide (Rocha *et al.*, 2005) consiste em comparar os valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro pontos de referência, criados com base nos dados experimentais, para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade. O centróide de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (centróide I). Os pontos de referência de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (centróide II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (centróide III). O ponto que representa mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores observados em todos os ambientes estudados (centróide IV). Para utilização deste método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis, utilizando-se o índice ambiental, conforme proposto por Finlay & Wilkinson (1963).

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$$

Em que  $Y_{ij}$  é média do genótipo  $i$ , no ambiente  $j$ ;  $Y_{..}$  é o total das observações;  $a$  é o número de ambientes; e  $g$  é o número de genótipos.

Após a classificação dos ambientes, foram criados pontos referenciais que representam padrões de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando à classificação dos outros pontos do gráfico e considerando-se os valores de distância cartesiana entre os pontos a cada um dos quatro centróides. Uma medida de probabilidade espacial pode ser calculada  $P_{d(i,j)}$ , utilizando-se o inverso da distância entre um tratamento aos quatro centróides, para a alocação dos genótipos nos grupos de resposta mais adequados.

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Em que  $P_{d(i,j)}$  é a probabilidade de um genótipo apresentar padrão de estabilidade semelhante ao  $j$ -ésimo centróide; e  $d_i$  é a distância do  $i$ -ésimo ponto ao  $j$ -ésimo centróide.

Para avaliação da resposta diferencial dos genótipos, o método de componentes principais foi utilizado no conjunto de dados originais contendo a média dos  $g$  genótipos + 4 centróides em cada ambiente, conforme descrito por Cruz & Regazzi (2004). As análises foram realizadas, utilizando-se o programa GENES (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os quadrados médios obtidos na análise de variância conjunta relativa aos quatro ambientes, bem como a média e o coeficiente de variação experimental. A análise de variância conjunta revelou a existência de variância genética significativa entre as FMI, para a característica produtividade de grãos, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. A análise de variância conjunta indica diferença significativa entre os ambientes avaliados e existência de interação genótipos x ambientes pelo teste F a 5% de probabilidade, para a característica avaliada. A existência da interação genótipos x ambientes é, a princípio, condição necessária para este estudo e indica que os genótipos podem apresentar desempenho diferenciado, nos ambientes avaliados.

Os coeficientes de variação encontrados são considerados de valores médios e indicam precisão experimental satisfatória (Gomes, 1990; Scapim *et al.*, 1995).

As estimativas dos componentes de variância genotípica, de variância da interação genótipos x ambientes e da variância residual são apresentadas na Tabela 2. Obser-

**Tabela 1.** Valores e significâncias dos quadrados médios (QM) da característica produtividade de grãos (kg/ha) na análise conjunta dos quatro ambientes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Fontes de Variação	GL.	Quadrados Médios	
		UFVM 100	UFVM 200
Genótipos	48	1.063.613,6281*	2.035.227,1056*
Ambientes	3	186.634.828,252*	46.036.439,1069*
Genótipos x Ambientes	144	1.400.603,9184*	1.195.040,7266*
Erro Efetivo Médio	144	687.662,9771	948.418,0187
Média		4.331	4.591
CVe (%)		19,15	21,21

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

va-se que o efeito da interação genótipos x ambientes é maior do que os valores do componente de variância genotípica, assim como o efeito da variação residual é alto em comparação com os outros componentes. A constatação de efeitos significativos para genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes indica comportamento inconsistente e diferenciado entre genótipos nos ambientes, isto é, os comportamentos dos genótipos foram não coincidentes para os diferentes ambientes.

**Tabela 2.** Estimativas dos parâmetros genéticos e ambientais da característica produtividade de grãos (kg/ha) na análise conjunta dos quatro ambientes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Estimativas de Parâmetros	Produtividade de grãos (kg/ha)	
	UFVM 100	UFVM 200
$\hat{\sigma}_G^2$	- 42.123,7863	105.023,2974
$\hat{\sigma}_{GA}^2$	356.470,4706	123.311,3540
$\hat{\sigma}^2$	687.662,9771	948.418,0187

$\hat{\sigma}_G^2$  = variância genotípica;  $\hat{\sigma}_{GA}^2$  = variância da interação genótipos x ambientes;  $\hat{\sigma}^2$  = variância residual

Em vários estudos, tem sido relatada existência de interação genótipos x ambientes na cultura do milho e discutida a sua importância (Shimidt, 2000; Murakami, 2001), sendo que, na maioria dos casos, os autores recomendam metodologias que possibilitem identificar os indivíduos de melhor adaptabilidade e maior estabilidade fenotípica.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade, utilizado no método centróide, o diferencia dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (Rocha *et al.* 2005).

Após a classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis, os pontos dos centróides criados com base nos dados originais são acrescidos na análise (Tabela 3). Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ponto de referência, utiliza-se a análise de componentes principais envolvendo os genótipos iniciais e quatro outros representativos, que na análise gráfica representaram os quatro centróides em torno dos quais será avaliada a dispersão dos demais. A obtenção dos autovalores via

**Tabela 3.** Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos pontos de referência, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Centróide I	Centróide II	Centróide III	Centróide IV
<b>UFVM 100</b>								
1	4644,84	313,85	7111,94	2936,12	7111,94	7111,94	2936,12	2936,12
2	2374,15	-1956,84	4378,12	432,00	4378,12	432,00	4378,12	432,00
3	4685,67	354,68	6069,81	3464,35	6069,81	3464,35	6069,81	3464,35
4	5519,32	1288,32	7614,83	4283,70	7614,83	7614,83	4283,70	4283,70
<b>UFVM 200</b>								
1	5511,17	919,95	8636,83	2539,06	8636,83	8636,83	2539,06	2539,06
2	3943,40	-647,81	5803,09	1884,03	5803,09	1884,03	5803,09	1884,03
3	4224,63	-366,59	6067,38	2837,97	6067,38	2837,97	6067,38	2837,97
4	4685,67	94,45	6069,81	3464,35	6069,81	6069,81	3464,35	3464,35

Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Ideótipo IV = Pouco adaptado (—).

método de componentes principais, partindo dos dados originais incluídos os pontos dos centróides, mostram que apenas dois componentes principais foram suficientes para explicar proporções próximas ou superiores a 70% da variação total contida nos dados originais, sendo esta estimativa considerada razoável, por Pelúzio (1999) (Tabela 4). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, é possível avaliar a posição dos genótipos em um gráfico bidimensional (Figuras 1 e 2).

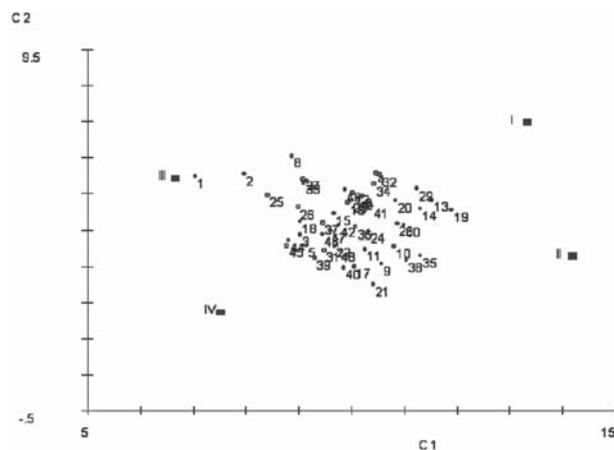
A alocação dos centróides no gráfico deve variar conforme os dados avaliados, o que faz com que a divisão do plano em quadrantes, como normalmente ocorre em análises de componentes principais, seja dificultada. Neste caso, o critério mais importante a ser observado é a proximidade do genótipo a um dos quatro centróides. Observam-se pequenas alterações no posicionamento dos centróides, para a característica avaliada neste estudo; no entanto, seu posicionamento pode variar, drasticamente, em função da amplitude e variação dos dados originais (dados não apresentados).

A análise visual do gráfico de componentes principais possibilita avaliar que as FMI da população UFVM 100 apresentam distribuição bem homogênea, para a característica avaliada (Figura 1) e que existem pontos de maior proximidade a um centróide (Centróide III), possibilitando, ao melhorista, investir na recomendação de genótipos de adaptabilidade específica em ambientes desfavoráveis (Carvalho *et al.* 2002).

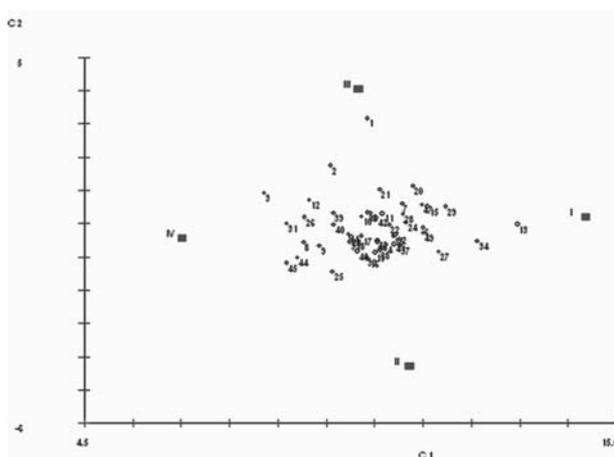
Na Figura 2, a análise visual do gráfico de componentes principais mostra que as FMI da população UFVM 200 apresentam distribuição mais heterogênea que a população UFVM 100, para a característica avaliada e que existem pontos de maior proximidade a três centróides (I, III e IV), possibilitando, ao melhorista, investir tanto na recomendação de genótipos de adaptabilidade geral a um conjunto de ambientes quanto na recomendação de

**Tabela 4.** Estimativas dos autovalores da técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes, considerando as famílias de meio-irmãos oriundas das duas populações (UFVM 100 e UFVM 200), submetidas a condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio

Estimativa dos autovalores (Produtividade de Grãos)		
Raiz	Raiz (%)	% Acumulada
<b>UFVM 100</b>		
1,7233	43,0834	43,08
0,9739	24,3489	67,43
0,7625	19,0620	86,49
0,5402	13,5057	100
<b>UFVM 200</b>		
1,6473	41,1816	41,18
1,2836	32,0905	73,27
0,6987	17,4688	90,74
0,3704	9,2590	100



**Figura 1.** Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais de 49 genótipos da resposta da variável produtividade de grãos das FMI da população UFVM 100 em quatro ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides: I – adaptabilidade geral, II – adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, III – adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, IV – baixa adaptabilidade.



**Figura 2.** Dispersão gráfica dos dois primeiros componentes principais de 49 genótipos da resposta da variável produtividade de grãos das FMI da população UFVM 200 em quatro ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides: I – adaptabilidade geral, II – adaptabilidade específica a ambientes favoráveis, III – adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis, IV – baixa adaptabilidade.

genótipos de adaptabilidade específica a um subgrupo de ambientes (Carvalho *et al.*, 2002; Rocha *et al.* 2005).

Nas figuras 1 e 2, além da ocorrência de genótipos de maior proximidade a um dos quatro centróides, observa-se distribuição de pontos na região central do gráfico. Estes pontos apresentam menor semelhança com os pontos de referência estabelecidos pelo método de comportamento desejado, razão pela qual sua classificação é menos precisa. Para facilitar a classificação dos genótipos, sugere-se a utilização do inverso do valor de distância entre um ponto aos quatro centróides, como estimativa da confiabilidade de agrupamento dos genótipos. Assim,

um ponto equidistante aos quatro pontos referenciais apresenta 25% de probabilidade de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Observa-se que valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento (Rocha *et al.* 2005). As

tabelas 5 e 6 apresentam a classificação dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada à sua classificação.

As Tabelas 5 e 6 mostram as análises e interpretações da adaptabilidade por meio da metodologia apresentada, que proporciona, como resultado, a classificação dos genótipos, tornando a recomendação bastante simplifi-

**Tabela 5.** Classificação das famílias de meio-irmãos oriundas da população UFVM 100, submetidas às condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação

Genótipos	Média	Grupo	Prob. (I)	Prob. (II)	Prob. (III)	Prob. (IV)
1	3972,19	III	0,0977	0,0791	0,6911	0,1322
2	4246,09	III	0,1605	0,1254	0,5265	0,1877
3	3978,77	IV	0,1815	0,1867	0,303	0,3288
4	4693,67	III	0,2513	0,2056	0,3092	0,2339
5	3741,27	IV	0,1584	0,1741	0,2739	0,3936
6	4565,46	III	0,2455	0,2175	0,2901	0,2468
7	4535,77	III	0,2305	0,1771	0,3706	0,2248
8	4568,18	III	0,2065	0,152	0,4414	0,2001
9	4245,09	II	0,2094	0,3011	0,204	0,2855
10	4344,06	II	0,2168	0,2988	0,2078	0,2766
11	4121,33	IV	0,2008	0,2586	0,2244	0,3162
12	4770,40	I	0,2822	0,2222	0,2763	0,2193
13	4736,89	II	0,2614	0,2761	0,2265	0,236
14	4817,96	II	0,2797	0,2894	0,2133	0,2175
15	4356,67	III	0,2234	0,2116	0,2954	0,2696
16	4325,15	III	0,216	0,2072	0,2995	0,2773
17	3923,79	IV	0,178	0,2359	0,2183	0,3677
18	3955,93	IV	0,1717	0,1718	0,3278	0,3286
19	5182,77	II	0,3281	0,3435	0,1633	0,1651
20	4877,99	I	0,3061	0,264	0,2241	0,2059
21	3881,16	IV	0,1765	0,2708	0,195	0,3577
22	3798,92	IV	0,1631	0,1896	0,2492	0,3982
23	4430,65	III	0,2334	0,2178	0,2884	0,2604
24	4257,86	IV	0,2097	0,2418	0,2458	0,3027
25	3868,64	III	0,1509	0,1381	0,4405	0,2706
26	4125,79	III	0,1831	0,1686	0,3682	0,2802
27	4269,06	III	0,1948	0,1655	0,394	0,2457
28	4428,58	IV	0,2259	0,2539	0,2423	0,2779
29	5103,12	I	0,3305	0,2577	0,2187	0,1931
30	4481,77	II	0,2324	0,2801	0,2232	0,2643
31	4139,24	IV	0,2097	0,2407	0,2469	0,3027
32	4786,20	III	0,2667	0,2122	0,2953	0,2258
33	4365,60	III	0,218	0,1816	0,3584	0,242
34	4817,88	I	0,2972	0,2325	0,258	0,2123
35	4618,09	II	0,23	0,3929	0,1682	0,2089
36	4372,23	IV	0,2317	0,2503	0,2475	0,2705
37	4014,26	IV	0,1802	0,1852	0,3042	0,3304
38	4338,24	II	0,2102	0,3385	0,1879	0,2634
39	3814,59	IV	0,1645	0,1956	0,2418	0,3981
40	4008,44	IV	0,1922	0,2585	0,2173	0,3319
41	4532,34	III	0,2439	0,2341	0,2674	0,2546
42	4530,85	II	0,2643	0,2647	0,2353	0,2357
43	4603,29	III	0,2642	0,2267	0,2755	0,2337
44	3740,34	IV	0,1542	0,1656	0,2881	0,3921
45	3776,00	IV	0,1586	0,1718	0,2823	0,3873
46	4152,66	IV	0,2128	0,2292	0,2626	0,2954
47	4196,77	IV	0,2211	0,2373	0,2574	0,2842
48	4077,28	IV	0,1956	0,236	0,2395	0,3288
49	4729,46	I	0,283	0,2514	0,2433	0,2223

Classe I = Adaptabilidade geral (++); Classe II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Classe III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Classe IV = Pouco adaptado (-).

cada. Assim, a análise dos valores de probabilidade permite classificar as 49 FMI de cada população em um dos quatro grupos. Para a população UFVM 100, destacam-se as FMI de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis 1 e 2. Na população em questão, verifica-se que a distribuição dos pontos, em relação aos componentes

principais, é homogênea (Figura 1), dificultando a classificação, isto é, a maioria dos pontos localiza-se no centro da dispersão, sendo aproximadamente, equidistantes em relação aos quatro centróides e representam os genótipos de comportamento invariante e, portanto, diferenciados em relação aos centróides.

**Tabela 6.** Classificação das famílias de meio-irmãos oriundas da população UFVM 200, submetidas às condições contrastantes quanto à disponibilidade de água e nitrogênio em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação

Genótipos	Média	Grupo	Prob. (I)	Prob. (II)	Prob. (III)	Prob. (IV)
1	4691,80	III	0,1842	0,1405	0,4776	0,1977
2	4229,28	III	0,1745	0,1615	0,3802	0,2838
3	3456,06	IV	0,1253	0,1361	0,2662	0,4724
4	4543,94	IV	0,2208	0,2402	0,254	0,2849
5	4595,50	III	0,2403	0,2334	0,2678	0,2584
6	5116,73	I	0,3252	0,267	0,2135	0,1942
7	5048,16	I	0,3256	0,2524	0,2256	0,1964
8	3894,49	IV	0,1729	0,2208	0,2247	0,3816
9	4102,24	IV	0,1998	0,255	0,2264	0,3188
10	4361,78	III	0,1952	0,1905	0,3167	0,2977
11	4616,22	III	0,2276	0,2128	0,2948	0,2648
12	3942,70	IV	0,1608	0,1649	0,3188	0,3555
13	5887,90	I	0,4516	0,2044	0,1953	0,1487
14	4167,29	IV	0,181	0,1909	0,2904	0,3378
15	5273,08	I	0,3627	0,2393	0,2181	0,1799
16	4437,96	IV	0,2205	0,2704	0,2268	0,2823
17	4531,83	II	0,2404	0,2898	0,2176	0,2522
18	4436,49	II	0,23	0,2817	0,2216	0,2667
19	4612,89	II	0,2458	0,3082	0,2065	0,2395
20	4986,11	III	0,2713	0,2094	0,2982	0,2211
21	4603,72	III	0,2058	0,1745	0,373	0,2466
22	4665,25	III	0,2375	0,2328	0,2683	0,2615
23	4236,85	IV	0,1913	0,2127	0,2643	0,3318
24	4902,04	I	0,2763	0,2634	0,2342	0,2261
25	4173,96	II	0,202	0,3111	0,1961	0,2908
26	3849,81	IV	0,1557	0,1695	0,2794	0,3954
27	5305,77	I	0,3524	0,3187	0,1665	0,1625
28	4764,07	III	0,2363	0,2094	0,3027	0,2515
29	5390,18	I	0,3835	0,2418	0,204	0,1707
30	4393,84	IV	0,2135	0,2741	0,2213	0,2911
31	3841,13	IV	0,1753	0,2142	0,2363	0,3742
32	4706,57	III	0,2441	0,2419	0,2583	0,2557
33	4324,99	IV	0,2121	0,2525	0,2372	0,2982
34	5761,00	I	0,4572	0,2681	0,1432	0,1315
35	4899,61	I	0,2972	0,2922	0,2062	0,2044
36	4536,75	III	0,2277	0,2177	0,2869	0,2676
37	4612,83	I	0,2946	0,2921	0,2071	0,2062
38	4673,71	II	0,2581	0,2931	0,2149	0,2339
39	4220,59	III	0,2001	0,1989	0,3025	0,2985
40	4290,27	IV	0,2185	0,2448	0,2481	0,2886
41	4787,15	II	0,2701	0,2719	0,2284	0,2295
42	4807,05	I	0,2899	0,2592	0,234	0,2169
43	4604,11	II	0,2441	0,2573	0,2428	0,2558
44	3860,21	IV	0,1808	0,2659	0,2018	0,3515
45	3821,41	IV	0,1854	0,2723	0,2029	0,3394
46	4573,75	II	0,2497	0,3392	0,1898	0,2213
47	5175,85	I	0,3385	0,2345	0,236	0,191
48	4766,07	II	0,2817	0,2866	0,2148	0,2169
49	5188,78	I	0,3315	0,2586	0,2174	0,1924

Classe I = Adaptabilidade geral (++); Classe II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Classe III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Classe IV = Pouco adaptado (—).

Na população UFVM 200, observa-se que as FMI 13 e 34 apresentaram adaptabilidade geral, a FMI 1 apresentou adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e a FMI 3 apresentou baixa adaptação. Na Figura 2, os pontos que se localizam no centro da dispersão, são de classificação dificultada, pois estão aproximadamente equidistantes em relação aos quatro centróides e representam os genótipos de comportamento invariante. Nas duas populações, observa-se que as FMI apresentam tendência de aumento na média dos genótipos à medida que estes se aproximam do centróide I – adaptabilidade geral. Quanto menor for a diferença entre um genótipo qualquer e o centróide I, menor será a diferença entre este e as FMI de máximo desempenho em todos os ambientes, fazendo com que a adaptabilidade geral esteja, necessariamente, associada ao melhor desempenho.

## CONCLUSÕES

Nas duas populações, a maioria das famílias de meio-irmãos apresentou comportamento invariante nos quatro ambientes.

O método centróide apresentou dificuldade na interpretação, uma vez que, a adaptabilidade específica está associada a desempenhos máximos e ao mesmo tempo desempenhos mínimos, o que agronomicamente é extremamente indesejável.

A análise gráfica pelo método centróide apresentou dificuldade para a interpretação tanto para os dados com distribuição homogênea quanto para os dados com distribuição heterogênea.

## REFERÊNCIAS

- Alves RM (2002) Caracterização genética de populações de cupuazeiro, *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum., por marcadores microssatélites e descritores botânico-agronômicos. Tese de doutorado. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 146p.
- Byrne PF, Bolaños J, Edmeades GO & Eaton DL (1995) Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. *Crop Science*, 35: 63-69.
- Carvalho HWL, Silva ML, Cardoso MJ, Santos MX, Tabosa JN, Carvalho CL & Lira MA (2002) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 1581-1588.
- Cruz CD (2006) Programa GENES: análise multivariada e simulação. Viçosa, Editora UFV. 175 p.
- Cruz CD & Regazzi AJ (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Vol 1. 3 nd ed., Viçosa, Editora UFV. 480 p.
- Cruz CD & Carneiro PCS (2003) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Vol 2. Viçosa, Editora UFV. 585 p.
- Farias FJC, Ramalho MAP, Cavalho LP, Moreira JAN & Costa JNC (1997) Parâmetros de estabilidade propostos por Lin e Binns (1988) comparados com o método de regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32: 1-9.

- Finlay KW & Wilkinson GN (1963) The analysis of adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14: 742-754.
- Gomes FP (1990) Curso de Estatística Experimental. 13 nd ed. Piracicaba, Nobel. 468p.
- Murakami (2001) Novas metodologias de análise de interação de genótipo x ambientes: análise combinada de estratificação, adaptabilidade e estabilidade e análise de representatividade ambiental. Tese de doutorado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 142p.
- Nunes HV, Miranda GV, Galvão JCC, Souza LV & Guimarães LJM (2002) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-piçoca por meio de dois métodos de classificação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1: 78-88.
- Pelúzio JB (1999) Utilização de métodos multivariados na seleção em milho. Tese de doutorado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 119p.
- Regazzi AJ, Silva H.D, Viana JMS & Cruz CD (1999) Análise de experimentos em látice de quadrado com ênfase em componentes de variância. II. Análise conjunta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34: 1987-1997.
- Rocha RB, Muro-Abad JI, Araújo EF & Cruz CD (2005) Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, 15: 255-266.
- Scapim CA, Carcalho CGP & CRUZ CD (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30: 683-686.
- Schmidt ER (2000) Correção de rendimento de parcelas, estratificação ambiental e adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho. Tese de doutorado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 178p.