

MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

ANÁLISE DIALÉLICA E HETEROSE DE POPULAÇÕES DE MILHO-PIPOCA ⁽¹⁾

CARLOS ALBERTO SCAPIM⁽²⁾; CLESO ANTÔNIO PATTO PACHECO⁽³⁾,
AELTON TONET⁽²⁾; ALESSANDRO DE LUCCA E BRACCINI⁽²⁾;
RONALD JOSÉ BARTH PINTO⁽²⁾

RESUMO

Realizaram-se cruzamentos dialélicos entre nove populações de milho-pipoca (*Zea mays* L.) - UNB-2, RS-20, UEM-J1, UEM-M2, CMS-42, CMS-43, Viçosa, Beija-flor e a geração avançada do híbrido triplo Zélia - para a obtenção dos 36 híbridos F_{1s} a fim de alcançar informação dos valores da capacidade combinatória e heterose. Essas populações e os F_{1s} foram avaliados em ensaios, em dois anos agrícolas (98/99 e 99/00), em Iguatemi (PR), com três repetições por ano. Os resultados permitiram recomendar compostos formados entre as populações de alta capacidade geral de combinação (CGC) para rendimento de grãos, UNB-2 e CMS-42 e as populações de alta CGC para capacidade de expansão, Zélia, RS-20 e UEM-M2. As populações Beija-flor e RS-20 foram recomendadas para iniciar programa de seleção recorrente recíproca, pois se complementam em relação ao rendimento de grãos e à capacidade de expansão (CE). Para CE, houve heteroses positiva e negativa, verificando-se dominância não unidirecional.

Palavras-chave: *Zea mays* L., compostos, cruzamentos dialélicos, rendimento e capacidade de expansão.

ABSTRACT

DIALLEL ANALYSES AND HETEROSIS IN POPCORN VARIETIES

A diallel set of crosses among nine varieties of popcorn (*Zea mays* L.) - UNB-2, RS-20, UEM-J1, UEM-M2, CMS 42, CMS 43, Viçosa, Beija-flor and advanced generation of hybrid three-way Zélia) and their hybrid combinations was carried out to obtain capacity ability and heterosis estimates. These varieties and F_{1s} were evaluated in two crop years (98/99 and 99/00) with three replications each year in Iguatemi, State of Paraná, Brazil. The results allowed the synthesis of composites based in varieties of high combining ability for yield, like UNB-2 and CMS-42 and the varieties Zélia, RS-20 e UEM-M2 to popping expansion. The varieties Beija-flor and RS-20 were recommend to be used in a reciprocal recurrent selection program. For popping expansion there are positive and negative heterosis, indicating non unidirectional dominance.

Key words: *Zea mays* L.; composites, diallel crosses, yield, popping expansion.

1. INTRODUÇÃO

O milho-pipoca é alimento bastante apreciado no Brasil. No entanto, seu plantio comercial é bastante modesto. De acordo com GALVÃO et al. (2000) foram importadas em 1998 aproximadamente 61 mil toneladas, e a produção nacional foi cerca de 20 mil toneladas de grãos. Isso se deve, sobretudo, à baixa qualidade da pipoca disponível no mercado brasileiro devido à limitação de

cultivares de alta qualidade e tecnologia de produção inadequada.

No melhoramento do milho-pipoca deve-se levar em consideração, além da produtividade e caracteres agronômicos, aspectos relacionados à qualidade da pipoca, como textura e maciez. Ao agricultor interessa produtividade elevada e os demais atributos de boa população de milho normal; ao consumidor, alta capacidade de expansão (CE), que confere à pipoca melhor textura e maciez.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 18 de julho de 2001 e aceito em 14 de agosto de 2002.

⁽²⁾ Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, 87020-900 Maringá (PR). E-mail: cascachim@uem.br

⁽³⁾ Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 371, 35701-970 Sete Lagoas (MG).

Nesse contexto, comparação inicial entre as populações brasileiras e norte-americanas de milho-pipoca mostrava que a qualidade da pipoca brasileira era muito inferior à da norte-americana. No primeiro Ensaio Nacional de Milho-Pipoca, realizado no ano agrícola 1991/92, a CE média foi de 17,5 mL.mL⁻¹ e a média da melhor cultivar foi de 20,8 mL.mL⁻¹. Na década de 40, a CE de híbridos e populações comerciais nos Estados Unidos variava de 23,2 a 32,7 mL.g⁻¹. Uma boa população de milho-pipoca deve ter CE acima de 21 mL.mL⁻¹. Valores acima de 26 mL.mL⁻¹ indicam excelente pipoca (GALVÃO et al., 2000).

Recentemente, SAWAZAKI et al. (2000) e GALVÃO et al. (2000) obtiveram bons resultados de produtividade e capacidade de expansão em São Paulo e Minas Gerais. Nesses ensaios, a capacidade de expansão média variou de 32 a 36 mL.g⁻¹ e a produtividade média de grãos ficou acima de 4.000 kg.ha⁻¹. São híbridos de linhagens Guarani e IAC-64 obtidos no Instituto Agrônômico (IAC), em Campinas (SP), que apresentaram boa adaptação à região, cujos resultados se aproximam dos melhores híbridos norte-americanos.

Apesar desses avanços, o número reduzido de cultivares é limitante para expansão da cultura no Brasil, haja vista que as empresas empacotadoras não trabalham com o milho-pipoca nacional devido à pouca oferta no mercado que é decorrente da falta de sementes. Nesse contexto, é necessário que novos programas de melhoramento sejam iniciados por empresas públicas ou privadas. Para se ter sucesso no programa são necessárias populações com alta variabilidade.

Uma das técnicas genético-estatísticas mais apropriadas tem sido a análise de cruzamentos dialélicos em razão do grande número de informações genéticas que pode oferecer ao melhorista (CRUZ, 1990; CRUZ e REGAZZI, 1994).

Poucos trabalhos têm sido relatados quanto à análise dialélica em milho-pipoca. Avaliação da CE de seis populações e de seus híbridos F_{1's}, realizada por SAWAZAKI et al. (1986), mostrou amplas possibilidades de melhoramento da CE com o uso de híbridos intervarietais. ZANETTE (1989) analisou dialelo entre sete populações de milho-pipoca e concluiu existir heterose para CE, embora esta não tenha variado de cruzamento para cruzamento.

ANDRADE (1995) analisou dialelo entre seis populações de milho-pipoca, seus 15 híbridos F_{1's} e 15 híbridos F_{1's} recíprocos. A população Viçosa foi identificada como a mais promissora, podendo ser utilizada em híbridos ou como fonte de linhagens para uso em programas de melhoramento intra- ou

interpopulacionais. O híbrido Viçosa x Roxa mostrou-se o mais desejável quando se consideraram simultaneamente os caracteres rendimento de grãos e capacidade de expansão. Assim, as duas foram recomendadas para iniciar programa de seleção recorrente recíproca, como Rosa Claro e Beija-flor.

Recentemente, LARISH e BREWBAKER (1999) analisaram dois dialelos, um de seis populações de milho-pipoca (quatro dos trópicos e duas americanas) e outro de cinco linhagens americanas para as características rendimento de grãos e capacidade de expansão nos trópicos. Houve heterose positiva para rendimento de grãos e heterose negativa para capacidade de expansão para os dois dialelos. A razão entre a capacidade geral de combinação e a capacidade específica de combinação foi alta para todas as características, o que permitiria ganhos por seleção. Ambos os dialelos possibilitaram afirmar que os melhoristas dos trópicos deveriam trabalhar com o grupo heterótico formado pelas populações Supergold e Jap Hulless.

Devido à inexistência de relatos no Brasil de análise dialélica com as populações UNB-2, RS-20, UEM-J1, UEM-M2, CMS-42, CMS-43, geração avançada do híbrido triplo Zélia, Viçosa e Beija-flor, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar a capacidade geral de combinação e heterose das populações de milho-pipoca pelos métodos de GRIFFING (1956) e GARDNER e EBERHART (1966) e indicar quais as melhores combinações para a formação de composto de grãos de cor amarela.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados cruzamentos dialélicos entre nove populações de milho-pipoca (UNB-2, RS-20, UEM-J1, UEM-M2, CMS-42, CMS-43, geração avançada do híbrido triplo Zélia, Viçosa e Beija-flor). Para a obtenção dos híbridos, as populações foram semeadas em quatro linhas de 10 metros de comprimento pareadas em todas as combinações possíveis. Na época do florescimento foram feitos todos os cruzamentos possíveis entre as populações, manualmente, por meio de polinização planta a planta, com mistura de pólen. Realizou-se a multiplicação das populações em lote à parte, por meio de polinização manual com mistura de pólen. A seguir, descrição de cada população:

UNB-2 - a população UNB-2 originou-se de seleção em 'Composto Indígena', que a ESALQ/USP, de Piracicaba (SP), doou à Universidade Nacional de Brasília (DF). Com isso, gerou-se a população UNB-1, que foi cruzada com a população de milho-

pipoca Americana, cujas progênies selecionadas foram cruzadas com uma população de milho-pipoca de grãos amarelos e resistente a *Exserohilum turcicum*. Após dois ciclos de seleção massal obteve-se uma população formada por plantas resistentes, com alta produção e com grãos amarelos. Tal população foi retrocruzada por três vezes com a Americana, originando a UNB-2, de polinização aberta.

UEM M2 e UEM-J1 – são populações locais mantidas por pequenos agricultores, com genealogia desconhecida. Foram doadas para a Universidade Estadual de Maringá (PR), em 1996. A partir desse ano, foram submetidas a dois ciclos de seleção massal para características de sanidade foliar.

Viçosa e Beija-flor – pertencem à Universidade Federal de Viçosa (MG) e foram desenvolvidas com base em cruzamentos entre populações locais e híbridos norte-americanos.

RS-20 – população comercial desenvolvida pelo IPAGRO e comercializada pela AGROESTE-SC.

População derivada do híbrido triplo Zélia – cultivar comercial da empresa PIONEER. Apresenta quatro gerações de acasalamento ao acaso. Pode ser considerada uma população em equilíbrio.

CMS 42 e CMS-43 – o Composto Pipoca Amarelo Redondo (CMS-42) foi formado com base em 25 materiais de grãos amarelos e o Composto Pipoca Branco Redondo (CMS-43), em 33 materiais de grãos brancos, ambos selecionados no Banco Ativo de Germoplasma da EMBRAPA (CNPMS), Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG), quanto à resistência a *Puccinia* spp. e ao *Helminthosporium turcicum*. Em Maringá, foram submetidos a dois ciclos de seleção massal para características de sanidade foliar.

Os ensaios foram desenvolvidos em campos experimentais da Universidade Estadual de Maringá em dois anos (98/99 e 99/2000), no delineamento em blocos casualizados com três repetições e 36 tratamentos. Cada parcela foi representada por duas fileiras de 5 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m. Nas parcelas, o plantio foi feito em covas espaçadas de 0,2 m, com duas sementes por cova, deixando-se após o desbaste, realizado aos 20-25 dias após a emergência, uma planta por cova, de forma que cada parcela ficasse com 50 plantas. Efetuaram-se os tratos culturais de acordo com a necessidade da cultura.

As características avaliadas foram: **altura da planta (AP)** - tomada do nível do solo à inserção da folha bandeira, em seis plantas competitivas por parcela, após o pendoamento; **altura da espiga (AE)** - medida do nível do solo até a inserção da espiga

superior no colmo, nas mesmas seis plantas por parcela; **umidade dos grãos (UG)** - obtida em uma amostra de grãos de cada parcela; **rendimento de grãos (RG)** - obtido pela pesagem dos grãos debulhados na parcela e transformados em kg.ha⁻¹ corrigido para umidade de 15,5% e **capacidade de expansão (CE)** - obtida como a razão entre o volume da pipoca expandida e o volume dos grãos crus. Para cada parcela, estourou-se amostra de 30 mL de grãos, medida em proveta graduada de 100 mL, em pipoqueira elétrica com controle automático de temperatura, regulada para 237 °C, cedida pela EMBRAPA - Milho e Sorgo. Mediu-se o volume da pipoca expandida em proveta graduada de 1.000 mL. O volume de grãos submetidos ao estouro foi retirado da parte centro-basal das espigas. Antes de se avaliar a capacidade de expansão, as amostras de grãos e a amostra-piloto de 1,0 kg que serviu para monitoramento da umidade, foram armazenadas em câmara seca e fria. Efetuou-se o procedimento para obtenção da característica capacidade de expansão somente a partir do dia em que a amostra-piloto atingiu umidade próxima de 12% (HOSSENEY et al., 1983).

Inicialmente, realizou-se a análise da variância em cada ano, seguindo o modelo adotado. A homogeneidade das variâncias residuais dos anos foi avaliada por meio do teste do F máximo a 5% de probabilidade. Os efeitos de tratamentos e de anos foram considerados fixos. As análises da variância foram feitas usando-se o programa SAEG (GOMES e BRAGA, 1992) desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa. Analisou-se a homogeneidade das médias estimadas segundo o teste de SCOTT e KNOTT (1974), a 5% de probabilidade. Fez-se a aplicação do teste por meio do programa SAEG (GOMES e BRAGA, 1992).

Com base nos resultados das análises da variância, as somas de quadrados de tratamentos foram decompostas em capacidade geral de combinação. Para a decomposição, utilizou-se o método 4, modelo 1, de GRIFFING (1956), em que o sistema dialélico consta de híbridos F_{1s}. Posteriormente, para avaliação da heterose empregou-se o método de GARDNER e EBERHART (1966). A análise dialélica foi feita usando-se o programa GENES (CRUZ, 1997), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, procederam-se as análises da variância em cada ano. Uma vez que o teste F máximo não revelou, a 5% de probabilidade, heterogeneidade

entre os quadrados médios do resíduo das análises individuais, para todos os caracteres, foi possível a realização das análises da variância conjunta, considerando-se os dois anos.

No quadro 1 são apresentados os coeficientes de variação para todos os caracteres. De acordo com a classificação elaborada por SCAPIM et al. (1995) esses coeficientes são considerados como médios. A

Quadro 1. Médias das populações genitoras e de seus híbridos F_{1s} para quatro caracteres em milho-pipoca

População	Altura de planta	Altura de espiga	Rendimento de grãos		Capacidade de expansão	
			98/99	99/2000	98/99	99/2000
	m		kg.ha ⁻¹		mL.mL ⁻¹	
Beija-flor	1,67 a	0,93 a	1.673 c	1.425 c	9,0 d	13,8 c
Viçosa	1,66 a	0,90 b	1.820 c	1.437 c	9,8 c	14,6 c
UNB-2	1,70 a	0,90 b	2.661 b	2.819 a	9,3 d	14,2 c
Zélia	1,50 c	0,75 c	1.472 d	935 d	18,0 a	17,7 b
CMS 43	1,66 a	0,88 b	1.666 c	2.597 a	7,8 d	15,7 c
CMS 42	1,49 c	0,85 b	1.600 c	1.474 c	8,2 d	13,0 d
RS 20	1,31 d	0,55 e	833 d	904 d	19,0 a	21,5 a
UEM M2	1,43 c	0,70 d	1.355 d	1.376 c	12,2 c	19,5 a
UEM J1	1,64 b	0,87 b	1.282 d	1.888 b	6,7 d	9,3 e
Médias das populações	1,56	0,82	1.596	1.650	12,0	15,5
1 x 2	1,75 a	0,93 a	2.847 b	2.825 a	11,4 c	5,7 e
1 x 3	1,68 a	0,87 b	2.747 b	2.543 a	8,0 d	15,4 c
1 x 4	1,57 b	0,80 c	1.240 d	1.564 c	10,0 c	14,0 c
1 x 5	1,70 a	0,92 a	1.687 c	2.605 a	13,8 b	11,8 d
1 x 6	1,72 a	0,93 a	1.987 c	2.501 a	9,4 d	11,6 d
1 x 7	1,57 b	0,81 c	1.840 c	2.773 a	17,4 a	19,5 a
1 x 8	1,62 b	0,87 b	1.674 c	1.452 c	15,8 b	8,2 e
1 x 9	1,60 a	0,90 b	1.541 c	1.853 b	10,8 c	12,5 d
2 x 3	1,73 b	0,92 a	3.368 a	3.134 a	7,5 d	8,3 e
2 x 4	1,60 a	0,84 b	2.353 b	1.423 c	10,6 c	15,2 c
2 x 5	1,67 a	0,88 b	2.188 c	2.026 b	10,0 c	10,9 d
2 x 6	1,66 a	0,91 b	3.652 a	3.089 a	10,5 c	10,7 d
2 x 7	1,34 d	0,68 d	1.071 d	877 d	8,2 d	9,0 e
2 x 8	1,65 a	0,88 b	1.631 c	1.911 b	15,0 b	16,5 c
2 x 9	1,63 b	0,86 b	1.873 c	955 d	15,3 b	7,7 e
3 x 4	1,68 a	0,85 b	1.580 c	2.604 a	17,0 a	17,3 b
3 x 5	1,69 a	0,89 b	2.490 b	2.112 b	12,2 c	13,5 d
3 x 6	1,63 b	0,90 b	1.483 d	2.814 a	15,8 b	10,5 d
3 x 7	1,46 c	0,72 c	929 d	1.478 c	16,0 b	17,4 b
3 x 8	1,60 b	0,80 c	1.882 c	2.783 a	11,5 c	13,4 d
3 x 9	1,75 a	1,00 a	3.176 a	2.997 a	12,2 c	10,5 d
4 x 5	1,58 b	0,79 c	2.193 c	1.478 c	17,0 a	17,0 b
4 x 6	1,60 b	0,89 b	2.742 b	2.061 b	15,0 b	20,0 a
4 x 7	1,38 d	0,72 c	736 d	1.455 c	15,4 b	15,0 c
4 x 8	1,63 b	0,86 b	1.435 d	1.531 c	16,7 a	16,8 c
4 x 9	1,77 a	0,96 a	2.578 b	3.312 a	9,0 d	11,8 d
5 x 6	1,73 a	0,97 a	1.784 c	2.053 b	12,0 c	14,5 c
5 x 7	1,49 c	0,76 c	1.824 c	1.706 b	7,2 d	14,2 c
5 x 8	1,57 b	0,83 b	2.131 c	2.513 a	17,8 a	15,8 c
5 x 9	1,67 a	0,94 a	1.764 c	1.905 b	14,2 b	15,8 c
6 x 7	1,45 c	0,74 c	1.892 c	1.316 c	13,2 b	15,0 c
6 x 8	1,52 c	0,82 b	2.230 c	2.820 a	14,5 b	14,7 c
6 x 9	1,73 a	0,98 a	3.209 a	2.028 b	14,2 b	12,7 d
7 x 8	1,40 d	0,67 d	1.637 c	969 d	16,5 a	19,5 a
7 x 9	1,60 b	0,84 b	2.180 c	2.432 a	16,7 a	11,9 d
8 x 9	1,58 b	0,83 b	1.773 c	2.722 a	7,8 d	12,3 d
Médias dos híbridos	1,61	0,85	2.037	2.128	13,0	13,5
CV (%)	7,0	10,0	18,83	19,16	12,50	13,80

Médias seguidas por uma mesma letra constituem um grupo homogêneo de acordo com o agrupamento de SCOTT e KNOTT (1974).

característica CE não apresenta classificação própria, no entanto, apresentou-se dentro dos limites aceitáveis para a experimentação agrícola (c.v. = 12,5% e 13,8%), quando comparada com outros autores (VENDRUSCOLO, 1997; PACHECO et al., 1998 e SIMON, 2000), ficando acima quando comparado com SAWAZAKI et al. (1986), que encontraram c.v. = 5,3%.

Os quadrados médios de anos foram significativos, a 5% de probabilidade, para todos os caracteres, com exceção do rendimento de grãos, indicando a existência de diferenças entre as médias dos anos para esses caracteres. Apenas os caracteres capacidade de expansão e rendimento de grãos apresentaram significância quanto à interação de populações x anos, mostrando que as populações comportaram-se distintamente nos dois anos.

As médias dos caracteres agrônômicos das populações e dos híbridos são apresentadas no quadro 1, juntamente com seus agrupamentos pelo teste de SCOTT e KNOTT (1974), a 5% de probabilidade.

Para altura de plantas e altura de espigas observaram-se a formação de quatro grupos (Quadro 1). Mesmo os tratamentos que apresentaram maiores altura de planta e da espiga (1,77 m e 1,00 m) não serão limitantes para a colheita.

Para rendimento de grãos e capacidade de expansão, o agrupamento das médias foi feito em cada ano separadamente, uma vez que houve interação dos tratamentos com os ambientes (Quadro 1). Os tratamentos que apresentaram maiores rendimento de grãos, nos dois anos, foram Viçosa x UNB-2, Viçosa x CMS-42 e UNB-2 x UEM J1. Suas produções variaram de 2.997 kg.ha⁻¹ a 3.652 kg.ha⁻¹, conforme o ano. Esses valores são considerados satisfatórios.

Para CE, observou-se a formação de quatro grupos no primeiro ano e cinco grupos no segundo. A população RS-20, os híbridos Beija-flor x RS-20; RS-20 x UEM M2 estiveram presentes e se destacaram nos dois primeiros grupos nos dois anos.

As médias de CE das populações neste trabalho foram de 12,0 mL.mL⁻¹ no ano agrícola 98/99 e 15,5 mL.mL⁻¹ em 99/00, sendo o maior valor observado de 21,5 mL.mL⁻¹ em 99/00. As médias de CE dos híbridos intervarietais foram de 13,0 mL.mL⁻¹ no ano agrícola 98/99 e 13,5 mL.mL⁻¹ em 99/2000. Assim, a capacidade de expansão é fator limitante ao uso comercial dos híbridos intervarietais aqui testados. O fato parece ser comum às populações brasileiras de milho-pipoca, com raras exceções, como Zélia que é híbrido triplo; IAC-112, híbrido simples e a população BRS-Ângela, melhorada a partir da CMS-43, por meio de quatro ciclos de seleção entre e dentro

de progênies de meios-irmãos (PACHECO et al., 1998).

É interessante comparar os valores de CE obtidos neste trabalho com aqueles de populações comerciais. Segundo ZINSLY e MACHADO (1987), o valor mínimo de CE da população comercial deve ser 15. GAMA et al. (1990) consideraram altos os valores acima de 25; provavelmente, esses autores se referiam à unidade mL.mL⁻¹.

GALVÃO et al. (2000) apresentaram discussão interessante sobre essa avaliação, visto que nos EUA a medida comercial mais utilizada é mL.g⁻¹. Na escala, mL.mL⁻¹, o valor de 18 a 20 é considerado aceitável, de 21 a 26, bom e acima de 26, excelente, segundo os autores.

Percebe-se que, apesar dos baixos valores de CE, os trabalhos de melhoramento indicam perspectivas de sucesso no melhoramento intrapopulacional para essa variável, empregando-se diferentes populações e métodos de melhoramento, como os relatados por PACHECO et al. (1998), LARISH e BREWBAKER (1999), PEREIRA e AMARAL-JÚNIOR (2001) e SIMON (2000). Esses artigos indicam a predominância de efeitos aditivos e alta herdabilidade no sentido restrito para essa característica.

Nos dois anos, o rendimento de grãos não se mostrou de forma consistente em todos os tratamentos que se destacaram para a capacidade de expansão, citados anteriormente. Por outro lado, os híbridos intervarietais mais produtivos, Viçosa x UNB-2, Viçosa x CMS-42 e UNB-2 x UEM-J1; não apresentaram alta capacidade de expansão. Assim, nenhum dos híbridos pôde ser considerado superior para os caracteres rendimento de grãos e capacidade de expansão, simultaneamente.

As somas de quadrados de capacidade geral (CGC) foram significativas ($P < 0,05$) para todos os caracteres. Tal fato evidencia a variabilidade genética entre as populações estudadas e a manifestação de ação gênica aditiva, situação favorável ao melhoramento.

As estimativas dos efeitos da CGC (\hat{g}_i) das populações encontram-se no quadro 2. Baixo valor de \hat{g}_i indica que a média dos híbridos em que a população i participa não difere muito da média geral do dialelo. Alto valor, positivo ou negativo, revela que a população i é muito melhor ou pior que as demais populações incluídas no dialelo, com relação à média de seus híbridos. Apresentará maior \hat{g}_i a população que possuir maior frequência de alelos favoráveis (CRUZ e VENCOSKY, 1989).

Uma vez que houve interação da CGC com anos para capacidade de expansão e rendimento de grãos, os efeitos de capacidade geral de combinação das

populações genitoras foram estimados em cada ano separadamente (Quadro 2). As populações UNB-2, CMS-42 e UEM-J1 apresentaram \hat{g}_i positivos nos dois anos para rendimento de grãos, enquanto as populações Zélia, RS-20, UEM-M2 e CMS 43 apresentaram efeitos negativos. As populações Beija-flor e Viçosa apresentaram efeitos positivos ou negativos, conforme o ano. Para capacidade de expansão, as populações Zélia, RS-20, UEM-M2, CMS-43 e CMS-42 apresentaram \hat{g}_i positivos nos dois anos, enquanto as populações Beija-flor, Viçosa, UNB-2 e UEM-J1 apresentaram \hat{g}_i negativos.

Para programas de melhoramento de milho-pipoca interessa encontrar populações que reúnam genes favoráveis quanto à produção e expansão altas. As populações que apresentaram as maiores frequências de alelos favoráveis para produção, UNB-2 e UEM-J1, foram também as que apresentaram as menores frequências de alelos favoráveis para expansão. As populações Zélia, UEM M2 e RS-20, que se destacaram para expansão, foram piores em produção. A população CMS-42 foi a única a apresentar estimativas de \hat{g}_i positivas para rendimento de grãos e capacidade de expansão. No entanto, as estimativas positivas de rendimento foram baixas em relação às outras populações. Dessa forma, nenhuma população pôde ser identificada como a mais promissora para ser usada em programa de melhoramento intrapopulacional.

Os quadrados médios dos efeitos de populações e de heterose foram significativos para todos os caracteres, com exceção da heterose para AE, indicando que as populações não constituem grupo homogêneo (diferem quanto à CGC) e que há manifestação de heterose em seus híbridos, ou seja, a heterose interfere na CGC.

Ao se desdobrar a soma de quadrados de heterose e as interações entre heteroses (média, varietal e específica)

e os anos para altura da planta e da espiga, apenas o quadrado médio da heterose média apresentou significância. Isso mostra que a variância das frequências gênicas entre as populações é alta em locos com dominância. A não-significância dos efeitos de heterose varietal e específica, por outro lado, sugere que as populações não diferem nas suas respectivas frequências gênicas médias e têm a mesma dispersão de frequências gênicas (VENCOSKY, 1970). Verificou-se que os efeitos se mantiveram constantes nos dois anos.

Para rendimento de grãos, o desdobramento da heterose e das interações heteroses x anos foi significativo ($P < 0,05$). Isso significa que existe variância suficiente das frequências gênicas entre as populações, que algumas delas diferem entre si, quanto às frequências gênicas médias ou quanto ao grau de dispersão dessas frequências. Diferenças entre os graus de complementação das frequências podem também estar presentes. Além disso, esses efeitos não se mantiveram constantes nos dois anos.

Para o caráter capacidade de expansão, o quadrado médio da heterose média não apresentou significância. O contrário ocorreu com os quadrados médios da heterose varietal e específica. Esse fato confirma a existência de dominância bidirecional na determinação deste caráter. Admitindo-se que o quadrado médio de heterose seja significativo, e a dominância, unidirecional, os quadrados médios das heteroses varietal e específica serão significativos apenas se o quadrado médio da heterose média for também (VENCOSKY, 1970). Para os caracteres altura da planta e da espiga, as populações que apresentaram os maiores \hat{V}_i foram UEM-J1, UNB-2 e Beija-flor (Quadro 3). As populações RS-20 e UEM-M2, por outro lado, apresentaram as menores estimativas.

Quadro 2. Estimativas de efeitos de capacidade geral de combinação (g_i) em milho pipoca, segundo o método de GRIFFING (1956)

População	AP		AE		RG		CE	
	Média	Média	98/99	99/2000	98/99	99/2000	98/99	99/2000
	m		kg.ha ⁻¹		mL.mL ⁻¹			
Beija-flor	0,044	0,028	-108,597	155,607	-0,984	-1,348		
Viçosa	0,019	0,011	380,637	-112,205	-2,141	-3,448		
UNB-2	0,049	0,017	190,466	491,169	-0,470	-0,262		
Zélia	-0,011	-0,020	-208,867	-228,285	1,044	2,710		
CMS-43	0,031	0,021	-37,301	-89,54	0,116	0,767		
CMS-42	0,024	0,042	393,797	236,499	0,159	0,224		
RS 20	-0,174	-0,128	-601,915	-574,602	1,016	1,910		
UEM M2	-0,043	-0,038	-261,32	-46,697	1,730	1,295		
UEM J1	0,059	0,068	253,099	168,055	-0,470	-1,848		

AP = Altura de planta; AE = Altura de espiga; RG = Rendimento de grãos; CE = Capacidade

Quadro 3. Estimativas dos efeitos de populações (\hat{V}_i) para quatro caracteres em milho-pipoca

População	RG	CE	AP	AE	Média	Média
	98/99	99/00	98/99	99/00		
	kg.ha ⁻¹		mL.mL ⁻¹		m	m
Beija-flor	77,22	-225,88	-2,12	-1,68	0,095	0,078
Viçosa	224,03	-213,56	-1,32	-0,87	0,060	0,043
UNB-2	1064,94	1168,46	-1,82	-1,28	0,113	0,052
Zélia	-123,30	-715,80	6,90	2,23	-0,035	0,049
CMS-43	70,73	946,75	-3,32	0,22	0,073	0,050
CMS-42	3,51	-176,01	-2,92	-2,48	0,004	0,067
RS-20	-762,66	-746,33	7,90	6,03	-0,313	-0,258
UEM-M2	-240,50	-274,87	1,10	4,03	-0,102	-0,090
UEM-J1	-313,97	237,24	-4,42	-6,20	0,104	0,107

RG = Rendimento de grãos; CE = Capacidade de expansão; AP = Altura de planta; AE = Altura de espiga.

Para rendimento de grãos, as populações UNB-2, Zélia, CMS-43 apresentaram \hat{V}_i positivos nos dois anos, enquanto as populações RS-20 e UEM-M2, \hat{V}_i negativos. Para capacidade de expansão, as populações Zélia, RS-20 e UEM-M2 apresentaram \hat{V}_i positivos nos dois anos, enquanto as populações Beija-flor, Viçosa, UNB-2, CMS-42 e UEM-J1, \hat{V}_i negativos no mesmo período (Quadro 3). Valores positivos de \hat{V}_i indicam populações de maior potencial per se, ou seja, para programas de melhoramento intrapopulacionais, em razão do efeito aditivo dos genes. Logo, não foi possível encontrar população com valores positivos de \hat{V}_i para rendimento de grãos e capacidade de expansão.

As estimativas da heterose dos híbridos, em relação à média das populações genitoras (H_{MP}), encontram-se no quadro 4. A heterose de híbrido é função do quadrado das diferenças de frequências gênicas entre as populações e do grau de dominância. Assim, para que haja heterose é necessário que exista diversidade genética entre as populações e algum grau de dominância. A ausência de heterose, entretanto, não implica ausência de diversidade genética entre as populações ou ausência de dominância, uma vez que o somatório dos desvios de dominância pode ser nulo, quando estes apresentam sinais positivos e negativos.

Para os caracteres altura de planta, altura de espiga e rendimento de grãos, alguns híbridos apresentaram heterose negativa, sem consistência nos dois anos. Dessa forma, pode-se deduzir que para esses caracteres, os desvios de dominância atuaram predominantemente no sentido de aumentá-los. Para capacidade de expansão, obtiveram-se H_{MP} positivos e negativos nos dois anos, de forma consistente, indicando a existência de dominância não

unidirecional na determinação desse caráter. Heterose negativa para capacidade de expansão foi relatada por ANDRADE (1995) e LARISH e BREWBAKER (1999), evidentemente, utilizando outras populações.

Para altura de planta e de espiga, o híbrido Zélia x UEM-J1 apresentou o maior valor de H_{MP} . Para rendimento de grãos, a maior heterose foi apresentada pelo híbrido Viçosa x CMS-42, enquanto os híbridos Viçosa x RS-20 e UNB-2 x RS-20 apresentaram H_{MP} negativos no ano agrícola 98/99.

Para capacidade de expansão, os híbridos CMS-3 x UEM J1, UNB-2 x Zélia, Beija Flor x RS-20 apresentaram heteroses positiva nos dois anos. No entanto, não são híbridos promissores, haja vista as baixas médias para capacidade de expansão nos dois anos, com exceção, do híbrido Beija-flor x RS-20, que apresentou média razoável.

Para os caracteres altura de planta, da espiga e rendimento de grãos a heterose média foi significativa, com estimativas (\bar{h}) de $0,047 \pm 0,023$ m, $0,038 \pm 0,018$ m e $444,75 \pm 79,0$ kg.ha⁻¹ respectivamente (Quadro 5). Para capacidade de expansão, a heterose média não foi significativa ($P > 0,05$), conseqüentemente as heteroses varietais e específicas explicaram praticamente toda a heterose observada. Esse resultado demonstra que para a variável CE, no conjunto, essas populações não são favoráveis para explorar o efeito de heterose em híbridos.

Para rendimento de grãos e capacidade de expansão, as heteroses varietais e específicas explicaram praticamente toda a heterose observada, com ampla vantagem para a heterose específica (com mais de 70% de heterose total).

Para rendimento de grãos, a população CMS-42 apresentou h_i elevado, nos dois anos, diferenciando-se dos demais, mostrando ser o mais divergente

Quadro 4. Estimativas da heterose em relação à média das populações genitoras (H_{MP}) para quatro caracteres em milho-pipoca

Híbridos	RG		CE		AP	AE
	98/99	99/00	98/99	99/002	Média	Média
	kg.ha ⁻¹		mL.mL ⁻¹		m	m
Beija-flor x Viçosa	1.100,0	1.394,0	2,0	-8,5	0,09	0,02
Beija-flor x UNB-2	580,5	420,7	-1,2	1,4	-0,01	-0,04
Beija-flor x Zélia	-333,2	384,4	-3,5	-1,7	-0,01	-0,05
Beija-flor x CMS 43	17,2	594,3	5,4	-3,0	0,02	0,01
Beija-flor x CMS 42	350,7	1.051,8	0,8	-1,8	0,14	0,03
Beija-flor x RS 20	587,0	1.608,4	3,4	1,8	0,08	0,06
Beija-flor x UEM M ₂	159,5	51,7	5,2	-8,4	0,07	0,05
Beija-flor x UEM J ₁	64,1	196,8	2,9	1,0	-0,06	-0,003
Viçosa x UNB-2	127,5	1.006,2	-2,1	-6,1	0,05	0,02
Viçosa x Zélia	711,0	237,5	-3,3	-0,9	0,01	0,01
Viçosa x CMS 43	444,5	9,4	1,2	-4,3	0,007	-0,004
Viçosa x CMS 42	1.943,0	1.633,7	1,5	-3,1	0,08	0,03
Viçosa x RS 20	-255,2	-293,5	-6,2	-9,0	-0,15	-0,04
Viçosa x UEM M ₂	44,0	504,4	4,0	-0,5	0,10	0,08
Viçosa x UEM J ₁	322,16	-707,5	7,1	-4,2	-0,02	-0,02
UNB-2 x Zélia	-486,6	727,5	3,3	1,4	0,07	0,02
UNB-2 x CMS 43	326,5	-595,7	3,6	-1,5	0,01	-0,005
UNB-2 x CMS 42	-647,6	667,2	7,0	-3,1	0,03	0,02
UNB-2 x RS 20	-817,5	-384,0	1,9	-0,4	-0,04	-0,004
UNB-2 x UEM M ₂	-126,0	685,7	0,7	-3,5	0,03	-0,003
UNB-2 x UEM J ₁	1.205,3	643,6	4,2	-1,2	0,07	0,12
Zélia x CMS 43	623,5	-287,5	4,1	0,3	0,003	-0,02
Zélia x CMS 42	1.206,4	866,0	1,9	4,6	0,10	0,08
Zélia x RS 20	-417,2	535,5	-3,1	-4,6	-0,02	0,07
Zélia x UEM M ₂	21,5	376,2	1,6	-1,8	0,16	0,13
Zélia x UEM J ₁	1.200,5	1.900,0	-3,3	-1,7	0,19	0,14
CMS 43 x CMS 42	151,3	17,6	4,0	0,1	0,16	0,09
CMS 43 x RS 20	574,4	-44,8	-6,2	-4,4	-0,001	0,04
CMS 43 x UEM M ₂	620,6	526,4	7,8	-1,8	0,03	0,03
CMS 43 x UEM J ₁	290,1	-337,5	6,9	3,3	0,02	0,06
CMS 42 x RS 20	675,8	126,3	-0,4	-2,2	0,05	0,03
CMS 42 x UEM M ₂	852,9	1.394,8	4,3	-1,5	0,06	0,04
CMS 42 x UEM J ₁	1768	347,0	6,7	1,5	0,16	0,11
RS 20 x UEM M ₂	542,5	-171,2	0,9	-1,0	0,03	0,04
RS 20 x UEM J ₁	1.122,6	1.035,8	3,8	-3,5	0,11	0,12
UEM J ₁ x UEM M ₂	454,3	1.090,0	-1,6	-2,1	0,04	0,04

RG = Rendimento de grãos; CE = Capacidade de expansão; AP = Altura de planta; AE = Altura de espiga.

Quadro 5. Estimativas das heteroses de populações (\hat{h}_i) e média (\bar{h}), e desvio-padrão (DP) de \bar{h} , para quatro caracteres em milho-pipoca

População	RG		CE		AP	AE
	98/99	99/00	98/99	99/00	-	-
	kg.ha ⁻¹		mL.mL ⁻¹		m	m
Beija-flor	-147,20	268,54	0,07	-0,51	-	-
Viçosa	268,62	-5,42	-1,48	-3,00	-	-
UNB-2	-342,00	-93,06	0,44	0,37	-	-
Zélia	-147,22	129,62	-2,41	1,59	-	-
CMS-43	-72,67	-562,92	1,76	0,65	-	-
CMS-42	392,04	324,50	1,61	1,46	-	-
RS-20	-220,58	-201,43	-2,92	-1,10	-	-
UEM-M2	-141,07	90,80	1,19	-0,71	-	-
UEM-J1	410,09	49,43	1,73	1,24	-	-
\bar{h}	444,57	477,83	1,82	-1,96	0,047	0,038
DP (\bar{h})	79,0	133	0,36	0,33	0,023	0,018

RG = Rendimento de grãos; CE = Capacidade de expansão; AP = Altura de planta; AE = Altura de espiga.

dentro do grupo de populações testadas (Quadro 5). Com relação a heteroses específicas (S_{ij}), destacaram-se os híbridos Viçosa x UNB-2, CMS 42 x Viçosa, Beija-flor x RS-20 (Quadro 6). Para capacidade de expansão, as populações CMS-43, CMS-42 e UEM J1, apresentaram heteroses varietais positivas nos dois anos, podendo ser consideradas divergentes em relação ao grupo. Com relação às heteroses específicas, destacaram-se os híbridos RS-20 x Beija-flor e Viçosa x UEM-M2, cujas estimativas foram positivas nos dois anos.

A dificuldade em reunir alta produtividade e boa capacidade de expansão em um mesmo híbrido ficou evidenciada, pois os híbridos Viçosa x UNB-2 e Viçosa x CMS-42, os mais desejáveis do ponto de vista da produção, encontram-se entre os piores para expansão; o híbrido RS-20 x Beija-flor, mais desejável do ponto de vista da expansão, apresenta médias de produtividade inferior ao desejável para o lançamento de um híbrido intervarietal.

Embora neste trabalho não tenha sido possível identificar um híbrido que reunisse alto rendimento de grãos e boa capacidade de expansão, algumas estratégias para sua obtenção podem ser analisadas. Uma estratégia para se obter populações de milho-pipoca de alta produtividade e boa capacidade de expansão seria a síntese de compostos para programas de melhoramento intrapopulacional. A escolha das populações para a formação desses compostos deve se basear na CGC, que depende de efeitos aditivos. Assim, recomendam-se compostos formados entre as populações de alta CGC para

rendimento de grãos, UNB-2 e CMS-42 e as populações de alta CGC para capacidade de expansão, população derivada do híbrido triplo Zélia, RS-20 e UEM-M2.

Outra opção seria iniciar programa de seleção recíproca com as populações Beija-flor x RS-20. Esse híbrido apresenta heterose específica (S_{ij}) positiva para rendimento de grãos e capacidade de expansão. Muita atenção deve ser dada à capacidade de expansão.

A inter-relação entre os parâmetros estimados pelos dois métodos utilizados é relatada na literatura (VENCOSKY, 1970; CRUZ e VENCOSKY, 1989 e SINGH e SINGH, 1984). Sabe-se que os efeitos da CGC de duas populações estimados pelo método de GRIFFING (1956) devem-se, em parte, ao contraste entre os efeitos de populações e ao contraste entre os efeitos de heterose varietal, estimados pelo método de GARDNER e EBERHART (1966).

Partindo desse ponto, as populações que apresentaram os maiores efeitos da CGC para rendimento de grãos foram UNB-2 e CMS-42. A população UNB-2 apresentou \hat{V}_i superior a CMS-42, sendo o \hat{h}_i do composto CMS-42 bem superior. A população UNB-2 mostrou-se superior à CMS-42 quanto ao comportamento per se, enquanto CMS-42 determinou maior valor heterótico nos híbridos em que participou. Para capacidade de expansão as populações RS-20, Zélia e UEM-M2 apresentaram maiores efeitos da CGC. Todas apresentaram comportamento per se como o principal determinante do efeito da CGC.

Quadro 6. Estimativas da heterose específica (\hat{S}_{ij}) para dois caracteres em milho-pipoca

Híbrido	RG		CE	
	98/99	99/00	98/99	99/02
	kg.ha ⁻¹		mL.mL ⁻¹	
Beija-flor x Viçosa	534,25	653,40	1,58	-3,02
Beija-flor x UNB-2	625,16	-232,54	-3,48	3,49
Beija-flor x Zélia	483,30	-491,57	-2,98	-0,87
Beija-flor x CMS 43	-207,55	410,85	1,74	-1,13
Beija-flor x CMS 42	-338,68	19,11	-2,71	-0,79
Beija-flor x RS 20	510,27	1063,39	4,42	5,42
Beija-flor x UEM M ₂	3,18	-785,43	2,11	-5,26
Beija-flor x UEM J ₁	-643,34	-598,99	-0,68	2,17
Viçosa x UNB-2	756,28	626,89	-2,82	-1,50
Viçosa x Zélia	145,00	-364,50	-1,22	2,42
Viçosa x CMS 43	-196,08	99,90	-0,89	0,06
Viçosa x CMS 42	837,62	836,74	-0,45	0,40
Viçosa x RS 20	-747,73	-564,48	-3,61	-2,97
Viçosa x UEM M ₂	-528,22	-58,77	2,47	5,13
Viçosa x UEM J ₁	801,12	-1229,18	4,97	0,52
UNB-2 x Zélia	-441,97	213,15	3,50	1,33
UNB-2 x CMS 43	296,63	417,59	-0,37	-0,52
UNB-2 x CMS 42	-1141,66	-42,14	3,17	-2,97
UNB-2 x RS 20	-699,50	-657,24	2,51	2,23
UNB-2 x UEM M ₂	-87,56	210,09	-2,69	-1,15
UNB-2 x UEM J ₁	692,62	209,37	0,20	-0,90
Zélia x CMS 43	398,84	-332,05	2,92	0,00
Zélia x CMS 42	516,94	-75,98	0,87	3,54
Zélia x RS 20	-493,90	129,52	0,41	-3,13
Zélia x UEM M ₂	-134,72	-332,00	1,00	-0,72
Zélia x UEM J ₁	493,10	1243,43	-4,49	-2,57
CMS 43 x CMS 42	612,70	-221,78	-1,19	-0,00
CMS 43 x RS 20	423,02	241,79	-6,85	-1,99
CMS 43 x UEM M ₂	389,73	520,66	3,02	0,22
CMS 43 x UEM J ₁	-491,89	-301,79	1,62	3,36
CMS 42 x RS 20	59,74	-474,60	-0,91	-0,65
CMS 42 x UEM M ₂	157,35	501,64	-0,32	-0,33
CMS 42 x UEM J ₁	521,37	-504,76	1,57	0,80
RS 20 x UEM M ₂	459,53	-538,26	0,81	2,77
RS 20 x UEM J ₁	488,55	709,87	3,21	-1,67
UEM J ₁ x UEM M ₂	-259,30	472,05	-6,39	-0,66

RG = Rendimento de grãos; CE = Capacidade de expansão.

4. CONCLUSÕES

1. Recomendam-se compostos formados entre as populações de alta capacidade geral de combinação (CGC) para rendimento de grãos, UNB-2 e CMS-42 e as populações de alta CGC para capacidade de expansão, Zélia, RS-20 e UEM-M2.

2. As populações Beija-flor e RS-20 foram recomendadas para iniciar programa de seleção recorrente recíproca, uma vez que se complementam em relação ao rendimento de grãos e à capacidade de expansão.

3. Para CE houve heteroses positiva e negativa, verificando-se dominância não unidirecional.

4. As populações e híbridos intervarietais apresentam alto rendimento de grãos e baixa capacidade de expansão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R.A. *Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho-pipoca*. 1995. 79f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- CRUZ, C.D. *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. 1990. 188f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CRUZ, C.D. *Programa Genes: Aplicativo Computacional em Genética e Estatística*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 443p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 390p.
- CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.12, p.425-438, 1989.
- GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI, E.; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.47, n.270, p.201-218, 2000.
- GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; SILVA, J.B.; SANS, L.M.A.; VIANA, P.A.; PARENTONI, S.N.; PACHECO, C.A.P.; CORREA, L.A.; FERNANDES, F.T. Milho-pipoca. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, p.12-16, 1990.
- GARDNER, C.D.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and retarded populations. *Biometrics*, North Carolina, v.22, p.439-452, 1966.
- GOMES, J.M.; BRAGA, J.M.F. *SAEG*. Viçosa: UFV, 1992. 100p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science*, East Melbourne, v.9, p.463-493, 1956.
- HOSENEY, R.C.; ZELEZNAK, K.; ABDELRAHMAN, A. Mechanism of popcorn popping. *Journal Cereal Chemistry*, v.1, p.43-52, 1983.
- LARISH, L.L.B.; BREWBAKER, J.L. Diallel analyses of temperate and tropical popcorns. *Maydica*, Bergamo, v.44, p.279-284, 1999.
- PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.E.; GUIMARÃES, P.E.O.; SANTOS, M.X.; FERREIRA, A.S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho-pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v.33, n.12, p.1995-2001, 1998.
- PEREIRA, M.G.; AMARAL-JÚNIOR, A.T. Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop breeding and Applied biotechnology*, Londrina, v.1, n.1, p.3-10, 2001.
- SAWAZAKI, E.; GALLO, P.B. SORDI, G.; LONGO, L.S. Estudo da capacidade de expansão em cruzamentos dialélicos entre variedades de milho-pipoca. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., 1984, Maceió. *Anais...* Brasília, EMBRAPA - DDT, 1986. p.157-160.
- SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; CASTRO, J.L.; GALLO, P.B.; GALVÃO, J.C.G.; SAES, L.A.; Potencial de linhagens locais de milho-pipoca para síntese de híbridos. *Bragantia*, Campinas, v.59, n.2, p.143-151, 2000.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, p.683-686, 1995.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, North Carolina, v.30, p.507-512, 1974.
- SIMON, G.A. *Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca*. 2000. 60f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá.
- SINGH, M.; SINGH, R.K. A comparison of different methods of half diallel analysis. *Theoretical Applied Genetics*, New York, v.67, p.323-326, 1984.
- VENCOVSKY, R. *Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamento dialélicos de variedades*. 1970. 59f. Tese (Livre-Docente) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- VENDRUSCOLO, E.C.G. *Comparação de métodos e avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho-pipoca (Zea mays L.) na região Centro-Sul do Brasil*. 1997. 79f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Maringá.

ZANETTE, V.A. Análise da variabilidade genética em variedades de milho-pipoca (*Zea mays* L.): I. Heterose da capacidade de expansão do grão. *Agropecuária Sulriograndense*, Porto Alegre, v.25, p.173-181, 1989.

ZINSLY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho-pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). *Melhoramento e Produção do Milho*. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2. p.413-421.