

POTENCIAL DE HÍBRIDOS COMERCIAIS DE MILHO PARA OBTENÇÃO DE LINHAGENS EM PROGRAMAS DE MELHORAMENTO¹

Eliel Alves Ferreira², Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto Paterniani³, Fernanda Motta da Costa Santos⁴

ABSTRACT

POTENTIAL OF COMMERCIAL MAIZE HYBRIDS TO GENERATE INBRED LINES IN BREEDING PROGRAMS

With the objective of identifying the best commercial hybrids to extract maize lines, a top cross scheme of 49 endogamic partial lines (S_3) was carried out with the IA33 tester. The resultant hybrids were evaluated for grain yield, in Campinas, Mococa, and Palmital (São Paulo State, Brazil), in two agricultural years (2005/2006 and 2006/2007), in a randomized block design, with three replications, in two experiments (TC1 and TC2). Individual and group variance analysis and a grouped analysis of the experiments with common treatments were carried out, for each place. The top cross hybrids were grouped according to the line origins. Afterwards, orthogonal contrasts were carried out by using the Student's *t* test, in order to compare the hybrid groups. It was verified that the use of commercial hybrids to extract lines is an interesting strategy. In general, it was also verified that the top cross hybrid groups, whose lines originated from the AG1051, Master, and XL357 hybrids, obtained high yield, with a higher potential for lines extraction.

KEY-WORDS: *Zea mays* L.; top cross hybrids; partially endogamic lines (S_3).

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo identificar os melhores híbridos comerciais para extração de linhagens de milho. Para isto, foram realizados cruzamentos, em esquemas top crosses, de 49 linhagens parcialmente endogâmicas (S_3), com o testador IA 33. Os híbridos resultantes foram avaliados, quanto à produtividade de grãos, em Campinas, Mococa e Palmital (Estado de São Paulo), em dois anos agrícolas (2005/2006 e 2006/2007), utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em dois experimentos denominados TC1 e TC2. Efetuaram-se análises de variância individuais e conjuntas e, também, uma análise agrupada do TC1 e TC2, com tratamentos comuns, por local. Os híbridos top crosses foram agrupados de acordo com a origem das linhagens. Posteriormente, foram realizados contrastes ortogonais, para comparar os grupos de híbridos, pelo teste *t* de Student. Constatou-se que a utilização de híbridos comerciais, para extração de linhagens, é uma estratégia interessante. Verificou-se, também, que, em geral, os grupos de híbridos top crosses, cujas linhagens foram oriundas dos híbridos AG1051, Master e XL357, obtiveram elevada produtividade, tendo, portanto, maior potencial para extração de linhagens.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L.; híbridos top crosses; linhagens S_3 .

INTRODUÇÃO

A descoberta do vigor híbrido, que é uma das maiores contribuições práticas da genética à agricultura mundial, possibilitou ganhos consideráveis, em produtividade, à cultura do milho (Paterniani 2001).

Para o desenvolvimento de híbridos de milho, o melhorista exerce trabalhos de seleção, a fim de escolher o germoplasma que melhor atenda a seus propósitos. Segundo Paterniani & Campos (2005), os programas de melhoramento de milho envolvem,

pelo menos, quatro etapas: escolha de populações, obtenção de linhagens, avaliação da capacidade de combinação das mesmas e testes extensivos das combinações híbridas obtidas.

O sucesso de um programa de melhoramento de milho, visando à obtenção de híbridos, está ligado à identificação da população mais promissora para extração de linhagens (Lima et al. 2000). Um erro, nesta etapa, compromete todo o processo, pois são várias as opções de populações que podem ser utilizadas.

1. Trabalho recebido em ago./2009 e aceito para publicação em ago./2010 (n° registro: PAT 7017/ DOI: 10.5216/pat.v40i3.7017).

2. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: elielaf2003@yahoo.com.br.

3. Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras, Campinas, SP, Brasil. E-mail: elisa@iac.sp.gov.br.

4. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Lavras, MG, Brasil.

E-mail: costasantosfm@gmail.com.

Em 1909, Shull apresentou um esquema básico para obtenção de sementes de milho híbrido. As populações utilizadas, naquela época, eram de polinização livre (Viégas & Miranda Filho 1978). Mais tarde, com o avanço do conhecimento, estas populações foram melhoradas, principalmente pelo método de seleção recorrente recíproca, visando a melhorar a capacidade de combinação entre as duas populações (Paterniani & Campos 2005). A utilização de população de polinização livre, para extração de linhagens, é verificada na literatura (Gama et al. 1993, Souza Júnior 1995, Gama et al. 2001, Lopes et al. 2001, Aguiar et al. 2003, Gama et al. 2003), mas demanda tempo, recursos financeiros e pessoal, aumentando, desta forma, o custo de obtenção dos híbridos.

Uma alternativa para a obtenção de linhagens é a utilização de híbridos comerciais, que têm a vantagem de já terem sido testados em vários ambientes, associando alta produtividade com grande proporção de locos favoráveis já fixados (Amorim & Souza 2005). Assim, a identificação de populações promissoras, derivadas de híbridos superiores, é uma estratégia interessante para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento (Bison et al. 2003). Na literatura, há relatos da utilização de tal prática (Lima et al. 2000, Carvalho et al. 2004, Souza Sobrinho et al. 2002).

Outro ponto importante é a redução de custos em programas de melhoramento de milho, com a utilização de híbridos intermediários, obtidos a partir de linhagens com níveis intermediários de endogamia. Em um programa de melhoramento de milho, visando à obtenção de híbridos, a etapa mais onerosa e demorada é a obtenção e avaliação das linhagens (Miranda Filho & Viégas 1987). Assim, os híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas e de gerações F_2 são opções para se reduzir o tempo e o custo de obtenção destes híbridos, pois o sistema de produção necessita de menor número de autofecundações sucessivas e menor área para obtenção e multiplicação das linhagens, chegando mais rápido ao mercado e mantendo maior produtividade, quando comparado com linhagens endogâmicas. Carvalho et al. (2004) acrescentam, ainda, a maior facilidade no manuseio das linhagens parcialmente endogâmicas.

Do exposto, o presente trabalho teve por objetivo identificar bons híbridos comerciais de milho para extração de linhagens, utilizando-se linhagens parcialmente endogâmicas (S_3), visando à obtenção

de novos híbridos junto ao programa de melhoramento do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

MATERIAL E MÉTODOS

Os híbridos top crosses foram obtidos por meio de cruzamentos de linhagens parcialmente endogâmicas (S_3), provenientes de quinze híbridos comerciais [AG 1051 (A), Z 8420 (B), CO 32 (D), Dina 1000 (E), BRS 3123 (G), Master (I), C 435 (L), AGN 2012 (M), AG 3010 (N), XL 380 (O), AS 3466 (P), AG 9010 (Q), Dina 500 (R), FT 5146 (T) e XL 357 (U)], mais as linhagens IP 330 (IAC) e v 11 (CIMMYT), com um testador (IA 33), que é um sintético derivado de um híbrido comercial. Obtiveram-se, assim, 49 híbridos top crosses, sendo avaliados 27 híbridos, no experimento denominado TC1, e 22 híbridos, no TC2, mais duas testemunhas comerciais (DKB 350 e IAC 8333) e o testador IA 33, estes últimos como tratamentos comuns aos dois experimentos. Os cruzamentos foram realizados no ano agrícola 2004/2005, na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Regional de Monte Alegre do Sul (SP).

Os híbridos top crosses foram avaliados em três locais do Estado de São Paulo: Instituto Agrônomo, Centro Experimental Central, Campinas (latitude 22°54'S, longitude 47°3'W e altitude de 600 m); APTA Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista, Mococa (latitude 21°28'S, longitude 47°01'W e altitude de 665 m); e APTA Regional de Desenvolvimento do Vale do Paranapanema, Área Experimental Agroflorestal Sustentável, Palmital (latitude 22°48'S, longitude 50°14'W e altitude de 650 m), nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007. Os solos de Campinas, Mococa e Palmital foram caracterizados, respectivamente, como Latossolo, Argissolo e Latossolo Vermelho distroférrico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 30 e 25 tratamentos, para os experimentos TC1 e TC2, respectivamente, e três repetições por experimento. Cada parcela foi constituída por duas linhas, com cinco metros de comprimento, e espaçamento de 0,9 m entre linhas, em Campinas e Mococa, e 0,8 m, em Palmital, com cinco sementes por metro linear, totalizando 50 plantas por parcela.

As sementeiras dos experimentos foram realizadas na primeira quinzena de novembro de 2005 e 2006, em Campinas e Mococa. Já em Palmital, foram realizadas em outubro de 2005 e 2006.

Para avaliação da produtividade de grãos, as espigas foram colhidas manualmente e debulhadas, para determinação do peso e da umidade dos grãos, obtida em aparelho determinador eletrônico. A produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹, foi corrigida para umidade de 14% e estande ideal de 50 plantas por parcela. Efetuaram-se análises de variância individuais e conjuntas, considerando-se o modelo fixo, utilizando-se o aplicativo estatístico Genes (Cruz 2007).

Com o intuito de verificar se os híbridos top crosses mais produtivos seriam aqueles cujas linhagens foram provenientes do mesmo híbrido comercial, realizou-se uma análise agrupada do TC1 e TC2, utilizando-se tratamentos comuns (Pimentel-Gomes 1990), por local.

Os híbridos top crosses foram agrupados de acordo com a origem das linhagens (híbrido comercial A a U). Posteriormente, foram realizados contrastes ortogonais, para comparar os grupos de híbridos, pelo teste t de Student.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A razão entre o maior e o menor valor do quadrado médio do resíduo entre os experimentos, obtidos pelas análises de variância individuais, foi inferior a sete. Desta forma, a análise conjunta pôde ser realizada (Pimentel-Gomes 1990).

Na Tabela 1, está apresentada a análise de variância conjunta, onde se observa que os efeitos de genótipos, anos, locais, interações genótipos x anos, genótipos x locais, anos x locais e genótipos x anos x locais foram significativos, a 1%, em ambos os experimentos. Devido ao fato de o efeito de locais ser significativo, pode-se afirmar que Campinas, Mococa e Palmital são locais com condições ambientais distintas, principalmente edafoclimáticas. Tais resultados são corroborados por Paterniani et al. (2006). O mesmo efeito foi observado entre os anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007. As interações significativas genótipos x anos e genótipos x locais indicam que o comportamento dos genótipos foi diferente entre os ambientes (locais e anos), reforçando a importância da avaliação dos genótipos, tanto em anos diferentes como em locais.

Observa-se, na Tabela 2, que os efeitos de genótipos foram significativos a 1%, para todas as localidades, em ambos os experimentos, e que os efeitos de anos foram significativos a 1%, para Mococa e Palmital (TC1 e TC2), e, em Campinas, foram não

Tabela 1. Análise de variância conjunta de produtividade de grãos (PG), de 49 híbridos top crosses mais três testemunhas, divididos em dois experimentos (TC1 e TC2), em três localidades do Estado de São Paulo (Campinas, Mococa e Palmital), nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007.

FV	GL	QM	
		TC1	TC2
(B/L)/A	12	674686,13	611369,69
Genótipos (G)	29	5754837,35*	4835246,45*
Anos (A)	1	156967679,56*	12641342,91*
Locais (L)	2	114281745,18*	16987255,01*
G x A	29	912299,86*	1390649,08*
G x L	58	1138909,97*	974038,44*
A x L	2	80563061,38*	37560369,72*
G x A x L	58	677820,32*	662775,08*
Resíduo	348	357700,24	409345,02
Total	539		449
Média		7.427	7.722
CV(%)		8,05	8,28

* Significativo a 1%, pelo Teste F.

significativos, em ambos os experimentos. Os efeitos da interação genótipo x anos foram significativos a 1%, para Campinas (TC1) e Palmital (TC1 e TC2); a 5%, para Campinas (TC1); e não significativo, para Mococa (TC1 e TC2). Vale ressaltar que, no ano 2005/2006, em Palmital, ocorreram três estiagens, durante o período em que o experimento estava instalado. Diante disto, os genótipos obtiveram comportamentos diferentes, nos dois anos. Em Campinas, neste mesmo ano, também houve estiagens, porém com menor intensidade do que em Palmital. Desta forma, observa-se que o comportamento dos híbridos do experimento TC1 foi menos influenciado por esta estiagem, quando comparado com o dos híbridos do TC2. Já em Mococa, onde a interação genótipos x anos foi não significativa, os dois anos foram similares. Assim sendo, considerando-se, ainda, que resultados de dois anos agrícolas são mais consistentes, optou-se por apresentar os resultados baseados em médias de dois anos agrícolas (2005/2006 e 2006/2007), por local, desconsiderando-se, portanto, o efeito de anos.

Os coeficientes de variação (CV) foram inferiores a 10% e considerados baixos, de acordo com a classificação proposta por Scapim et al. (1995), indicando precisão experimental.

Tabela 2. Análise de variância conjunta, por local, da produtividade de grãos (PG), de 49 híbridos top crosses mais três testemunhas, divididos em dois experimentos (TC1 e TC2), em três localidades do Estado de São Paulo (Campinas, Mococa e Palmital), nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007.

FV	GL	QM			GL	QM		
		TC1				TC1		
		Campinas	Mococa	Palmital		Campinas	Mococa	Palmital
Blocos/ Ambiente	4	374780,63	2047896,95	274099,66	4	916690,67	507276,03	410142,36
Genótipos (G)	29	2983197,98**	2898449,46**	2041276,19**	24	2268127,28**	2851079,24**	1664116,81**
Anos (A)	1	2352685,58 ^{ns}	55589586,63**	269089487,98**	1	481498,91 ^{ns}	10774378,96**	76506204,48**
G x A	29	777517,16*	381486,14 ^{ns}	1073286,09**	24	968869,10**	470497,85 ^{ns}	1276832,29**
Resíduo	116	444466,10	335856,76	377471,01	96	479039,67	358831,77	390163,62
Total	179				149			
Média		8.280	6.654	7.301		8.079	7.678	7.410
CV(%)		8,05	8,71	8,41		8,57	7,80	8,43

ns, * e **: não significativo e significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo Teste F.

As médias dos híbridos, por local, estão apresentadas na Tabela 3, com produtividade média de 8.188 kg ha⁻¹, 7.120 kg ha⁻¹ e 7.351 kg ha⁻¹, em Campinas, Mococa e Palmital, respectivamente.

Em Campinas, o grupo de híbridos top crosses, cujas linhagens foram oriundas do híbrido comercial AG1051, obteve a maior produtividade (9.422 kg ha⁻¹), estatisticamente superior à dos demais grupos, pelo teste t. Os híbridos que constituíram este grupo obtiveram produtividades superiores a 9.000 kg ha⁻¹. Outros grupos de híbridos top crosses que se destacaram foram obtidos de linhagens provenientes dos híbridos Master e XL357. O grupo Master obteve a segunda maior produtividade média (8.752 kg ha⁻¹), superando, estatisticamente, vários grupos, porém não diferiu dos grupos XL357 e AGN2012. Com média de produtividade de 8.529 kg ha⁻¹, o grupo XL357 destacou-se entre os mais produtivos, porém não diferiu dos grupos referentes aos híbridos Master, C435, AGN2012 e FT5146, com 8.752 kg ha⁻¹, 8.247 kg ha⁻¹, 8.472 kg ha⁻¹ e 8.380 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4).

Estes resultados concordam com os de Lima et al. (2000), que obtiveram populações segregantes S₀, S₁ e famílias S_{0,1} de quatro cultivares comerciais, sendo dois híbridos simples (C333B e Z8392), um duplo (AG1051) e uma variedade (BR-105). Os autores obtiveram estimativas da contribuição dos locos em homozigose (m+a) e em heterozigose (d) (Vencovsky 1987), que permitem avaliar o potencial das populações para extração de linhagens, em gerações precoces, por meio do contraste entre S₀ e S₁. Verificaram que a população S₀, oriunda do híbrido duplo AG1051, apresentou elevada estimativa de m + a.

O grupo de híbridos top crosses, cujas linhagens foram oriundas do híbrido XL357, obteve, em Mococa, a maior produtividade média (7.946 kg ha⁻¹), no entanto, não diferiu dos grupos de linhagens oriundas de Master e AGN2012. Vale ressaltar que os híbridos pertencentes ao grupo Master obtiveram produtividades satisfatórias, sendo portadores da segunda maior produtividade (7.805 kg ha⁻¹), entretanto, não diferiram dos grupos XL357 (7.946 kg ha⁻¹), AGN2012 (7.696 kg ha⁻¹) e AG1051 (7.549 kg ha⁻¹) (Tabela 5). O híbrido IA 33 x HA 1-1-1, pertencente ao grupo AG1051, que obteve a quarta maior produtividade, foi o de maior produtividade entre os top crosses, com 8.129 kg ha⁻¹ (Tabela 3).

Carvalho et al. (2003) avaliaram 135 híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas (S₂), oriundas de três populações derivadas de híbridos comerciais. Observaram híbridos de linhagens S₂ com produtividades de espigas despalhadas superiores às testemunhas, que são os parentais. Souza Sobrinho et al. (2002) compararam o desempenho de híbridos duplos, oriundos das gerações F₁ e F₂ de híbridos simples comerciais, e constataram híbridos duplos com produtividade superior a 9.000 kg ha⁻¹, sendo semelhante às testemunhas, que eram híbridos simples recomendados para a região. Dentro desta mesma linha, Amorim & Souza (2005) avaliaram a viabilidade de se produzir híbridos inter e intrapopulacionais, a partir de populações F₂ oriundas de três híbridos simples comerciais (P30F90, Dow657 e DKB333B). De 163 híbridos F₂ interpopulacionais, 11,65% obtiveram produtividades superiores à média dos híbridos comerciais utilizados como testemunhas.

Tabela 3. Médias de produtividade dos híbridos top crosses dos experimentos TC1 e TC2, agrupadas de acordo com a origem das linhagens (híbridos comerciais A a U), em três localidades do Estado de São Paulo (Campinas, Mococa e Palmital), nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007.

Híbridos	Campinas kg ha ⁻¹	Mococa kg ha ⁻¹	Palmital kg ha ⁻¹
IA 33 x HA* 1-1-1	9.442	8.129	8.519
IA 33 x HA 1-1-2	9.870	6.940	7.270
IA 33 x HA 1-2-1	9.053	7.549	7.840
IA 33 x HA 1-3-1	9.324	7.577	8.311
Média do grupo A	9.422	7.549	7.985
IA 33 x HB 2-2-1	8.294	7.686	7.189
IA 33 x HB 2-6-2	7.905	6.794	6.867
IA 33 x HB 2-7-1	8.165	7.092	6.812
Média do grupo B	8.121	7.191	6.956
IA 33 x HD 4-8-1	8.296	7.380	6.840
IA 33 x HD 4-9-1	7.738	6.874	6.733
Média do grupo D	8.017	7.127	6.787
IA 33 x HG 7-16-1	7.629	6.992	7.665
IA 33 x HG 7-2-1	8.528	6.142	8.085
IA 33 x HG 7-6-1	7.677	7.671	7.404
IA 33 x HG 7-6-2	7.501	7.442	7.185
IA 33 x HG 7-6-3	7.161	7.624	7.135
Média do grupo G	7.699	7.174	7.495
IA 33 x HI 9-11-1	9.140	8.038	7.964
IA 33 x HI 9-12-2	7.951	7.386	7.843
IA 33 x HI 9-14-1	8.535	7.791	7.703
IA 33 x HI 9-7-1	9.383	8.003	8.045
Média do grupo I	8.752	7.805	7.889
IA 33 x HL 11-2-1	8.169	6.088	7.344
IA 33 x HL 11-2-2	8.088	6.406	7.476
IA 33 x HL 11-4-1	8.483	6.842	6.948
Média do grupo L	8.247	6.445	7.256
IA 33 x HM 12-4-1	8.182	7.611	7.386
IA 33 x HM 12-6-1	8.763	7.782	7.690
Média do grupo M	8.472	7.696	7.538
IA 33 x HN 13-10-1	6.962	5.816	6.624
IA 33 x HN 13-1-1	8.217	6.571	7.338
IA 33 x HN 13-12-1	8.017	6.063	7.006
IA 33 x HN 13-13-1	7.506	6.352	6.773
IA 33 x HN 13-28-1	8.138	6.778	7.521
IA 33 x HN 13-5-1	7.947	7.191	7.146
IA 33 x HN 13-6-1	8.806	7.372	7.899
IA 33 x HN 13-8-1	7.839	7.528	7.082
Média do grupo N	7.929	6.709	7.174
IA 33 x HP ¹ 15-1-1	8.295	7.304	7.568
IA 33 x HP 15-20-1	7.929	7.545	7.316
Média do grupo P	8.112	7.425	7.442
IA 33 x HR 17-10-1	8.202	7.239	7.743
IA 33 x HR 17-12-1	7.941	7.189	6.751
IA 33 x HR 17-15-1	8.382	6.545	7.692
IA 33 x HR 17-17-1	7.322	6.856	7.053
Média do grupo R	7.962	6.957	7.310
IA 33 x HT 19-13-1	9.064	7.573	7.770
IA 33 x HT 19-13-3	7.554	7.857	6.850
IA 33 x HT 19-2-2	8.074	7.216	8.173
IA 33 x HT 19-8-1	8.827	6.814	7.373
Média do grupo T	8.380	7.365	7.541
IA 33 x HU 20-11-1	8.387	7.999	8.143
IA 33 x HU 20-16-1	8.818	8.047	7.917
IA 33 x HU 20-3-1	8.382	7.790	7.171
Média do grupo U	8.529	7.946	7.744
IA 33 x HE 5-3-2	9.397	7.024	7.827
IA 33 x HO 14-2-1	7.487	7.705	8.060
IA 33 x HQ 16-4-1	8.068	7.625	7.336
IA 33 x IP 330	7.511	6.930	6.679
IA 33 x V11	8.446	6.612	7.925
IA 33	6.653	5.362	5.819
DKB 350	8.418	8.223	7.428
IAC 8333	7.891	6.695	6.799
Média geral	8.188	7.120	7.351

* Híbridos utilizados para extração das linhagens: A = AG 1051, B = Z 8420, D = CO 32, G = BRS 3123, I = Master, L = C 435, M = AGN 2012, N = AG 3010, P = AS 3466, R = Dina 500, T = FT5146 e U = XL 357.

Com produtividade média de 7.985 kg ha⁻¹, o grupo de híbridos top crosses, cujas linhagens foram oriundas do híbrido AG1051, foi o mais produtivo em Palmital, porém não diferiu dos grupos Master (7.889 kg ha⁻¹) e XL357 (7.744 kg ha⁻¹) (Tabela 6). Os híbridos IA 33 x HA 1-1-1 e IA 33 x HA 1-3-1 obtiveram as maiores produtividades, com 8.519 kg ha⁻¹ e 8.311 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Um importante aspecto a ser levado em consideração é o tamanho das amostras a serem comparadas. Diante disto, Borges & Ferreira (1999) avaliaram o aumento de riscos de se tomar decisões erradas (erro tipo I e tipo II), na comparação de duas médias populacionais. Para isto, duas populações foram simuladas computacionalmente, sendo aplicado o teste t, para comparar as médias populacionais, em diferentes amostras extraídas das mesmas. Verificou-se que o poder do teste também foi influenciado pela diferença entre médias populacionais, pela razão entre variâncias populacionais e pelo tamanho da amostra, sem que, no entanto, se recomende um tamanho mínimo. Menor será o erro, à medida que forem maiores as diferenças entre médias populacionais e o tamanho da amostra e à medida que for menor a razão entre variâncias populacionais. Visando a resolver este problema, Cruz (2006) recomenda realizar o teste t de acordo com as variâncias, um teste t para homogêneas e outro para heterogêneas.

No geral, as linhagens divergem do testador IA 33, quanto ao tipo de grãos, pois o tipo de grão do testador IA 33 é dentado e, nas linhagens, predomina os do tipo duro e semiduro. Nos grupos que se destacaram com maiores produtividades (AG1051 e Master), as linhagens predominantes são do tipo semiduro e as do XL357 são de grãos duros.

É importante ressaltar que apenas a linhagem IP 330 é do tipo de grão dentado e que sua produtividade ficou abaixo da média, nas três localidades. Por outro lado, as linhagens que constituíram os híbridos de maiores produtividades foram do tipo de grãos semiduro ou duro, exceto a linhagem HA 1-3-1, que apresentou tipo de grão semidentado.

Bison et al. (2003) avaliaram dois híbridos (AG9012 e C333), quanto ao potencial para extração de linhagens, por três metodologias. Concluíram que a população derivada dos dois híbridos associou média alta (produção de grãos) e grande variação genética para características agrônômicas, sendo, portanto, promissora para extração de linhagens.

Viana (2007) estudou a viabilidade e o potencial de híbridos comerciais, na utilização em

Tabela 4. Valores de t dos contrastes ortogonais entre médias de produtividade, em kg ha⁻¹, dos top crosses constituídos por linhagens oriundas do híbrido comercial A a U (Campinas, SP, 2005/2006 e 2006/2007).

	Grupo A (9422)	Grupo B (8121)	Grupo D (8017)	Grupo G (7699)	Grupo I (8752)	Grupo L (8247)	Grupo M (8472)	Grupo N (7929)	Grupo P (8112)	Grupo R (7962)	Grupo T (8380)	Grupo U (8529)
Grupo A ¹ (9422) ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo B (8121)	(-1301) ³ 8,76*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo D (8017)	(-1405) 11,37*	(-104) 0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo G (7699)	(-1723) 11,46*	(-422) 2,34*	(-318) 1,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo I (8752)	(-670) 3,83*	(631) 3,77*	(735) 3,76*	(1053) 7,47*	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo L (8247)	(-1175) 7,91*	(126) 0,65	(230) 1,02	(548) 3,67*	(-505) 3,4*	-	-	-	-	-	-	-
Grupo M (8472)	(-950) 7,68*	(351) 1,51	(455) 1,84*	(773) 7,00*	(-280) 1,31	(225) 1,00	-	-	-	-	-	-
Grupo N (7929)	(-1493) 10,3*	(-192) 1,15	(-88) 0,45	(230) 1,63	(-823) 5,69*	(-318) 1,90*	(-543) 2,85*	-	-	-	-	-
Grupo P (8112)	(-1310) 10,6*	(-9) 0,04	(95) 0,39	(413) 2,00*	(-640) 5,18*	(-135) 0,59	(-360) 1,46	(183) 0,94	-	-	-	-
Grupo R (7962)	(-1460) 8,93*	(-159) 0,85	(-55) 0,26	(263) 1,58	(-790) 4,83*	(-285) 1,51	(-510) 2,61*	(33) 0,22	(-150) 0,70	-	-	-
Grupo T (8380)	(-1042) 6,37*	(259) 1,31	(363) 1,69*	(681) 4,83*	(-372) 2,13*	(133) 0,71	(-92) 0,43	(451) 3,65*	(268) 1,25	(418) 2,56*	-	-
Grupo U (8529)	(-893) 6,01*	(408) 1,90*	(512) 2,64*	(830) 6,02*	(-223) 1,18	(282) 1,40	(57) 0,25	(600) 5,00*	(417) 2,15*	(567) 3,82*	(149) 0,79	-

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

¹ Híbridos utilizados para extração das linhagens: A = AG 1051, B = Z 8420, D = CO 32, G = BRS 3123, I = Master, L = C 435, M = AGN 2012, N = AG 3010, P = AS 3466, R = Dina 500, T = FT5146 e U = XL 357.² Produtividade média do grupo, em kg ha⁻¹.³ Diferenças de produtividades entre os grupos, em kg ha⁻¹ (médias dos grupos da coluna – média dos grupos da linha).Tabela 5. Valores de t dos contrastes ortogonais entre médias de produtividade, em kg ha⁻¹, dos top crosses constituídos por linhagens oriundas do híbrido comercial A a U (Mococa, SP, 2005/2006 e 2006/2007).

	Grupo A (7549)	Grupo B (7191)	Grupo D (7127)	Grupo G (7174)	Grupo I (7805)	Grupo L (6445)	Grupo M (7696)	Grupo N (6709)	Grupo P (7425)	Grupo R (6957)	Grupo T (7365)	Grupo U (7946)
Grupo A ¹ (7549) ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo B (7191)	(-358) ³ 2,49*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo D (7127)	(-422) 3,53*	(-64) 0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo G (7174)	(-375) 2,58*	(-17) 0,10	(47) 0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo I (7805)	(256) 1,61	(614) 3,8*	(678) 3,38*	(631) 4,63*	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo L (6445)	(-1104) 7,68*	(-746) 4,18*	(-682) 3,64*	(-729) 5,47*	(-1360) 9,47*	-	-	-	-	-	-	-
Grupo M (7696)	(147) 1,23	(505) 3,66*	(569) 2,75*	(522) 4,88*	(-109) 0,91	(1251) 9,06*	-	-	-	-	-	-
Grupo N (6709)	(-840) 5,99*	(-482) 3,84*	(-418) 2,27*	(-465) 3,59*	(-1096) 7,82*	(264) 1,69*	(-987) 5,36*	-	-	-	-	-
Grupo P (7425)	(-124) 1,04	(234) 1,70*	(298) 1,44	(251) 2,34*	(-380) 3,18*	(980) 7,10*	(-271) 1,31	(716) 8,47*	-	-	-	-
Grupo R (6957)	(-592) 3,74*	(-234) 1,44*	(-170) 0,90	(-217) 1,59	(-848) 5,36*	(512) 3,16*	(-739) 3,91*	(248) 2,08*	(-468) 2,47*	-	-	-
Grupo T (7365)	(-184) 1,16	(174) 1,08	(238) 1,26	(191) 1,40	(-440) 2,78*	(920) 5,68*	(-331) 1,75*	(656) 5,49*	(-60) 0,32	(408) 2,58*	-	-
Grupo U (7946)	(397) 2,76*	(755) 4,24*	(819) 4,37*	(772) 5,79*	(141) 0,98	(1501) 8,42*	(250) 1,33	(1237) 10,65*	(521) 2,78*	(989) 6,88*	(581) 4,04	-

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

¹ Híbridos utilizados para extração das linhagens: A = AG 1051, B = Z 8420, D = CO 32, G = BRS 3123, I = Master, L = C 435, M = AGN 2012, N = AG 3010, P = AS 3466, R = Dina 500, T = FT5146 e U = XL 357.² Produtividade média do grupo, em kg ha⁻¹.³ Diferenças de produtividades entre os grupos, em kg ha⁻¹ (médias dos grupos da coluna – média dos grupos da linha).

Tabela 6. Valores de t dos contrastes ortogonais entre médias de produtividade, em kg ha⁻¹, dos top crosses constituídos por linhagens oriundas do híbrido comercial A a U (Palmital, SP, 2005/2006 e 2006/2007).

	Grupo A (7985)	Grupo B (6956)	Grupo D (6787)	Grupo G (7495)	Grupo I (7889)	Grupo L (7256)	Grupo M (7538)	Grupo N (7174)	Grupo P (7442)	Grupo R (7310)	Grupo T (7541)	Grupo U (7744)
Grupo A ¹ (7985) ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo B (6956)	(-1029) ³ 6,34*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo D (6787)	(-1198) 8,87*	(-169) 1,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo G (7495)	(-490) 2,98*	(539) 2,96*	(708) 3,33*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo I (7889)	(-96) 0,54	(933) 5,10*	(1102) 5,16*	(394) 2,56*	-	-	-	-	-	-	-	-
Grupo L (7256)	(-729) 4,49*	(300) 1,49	(469) 2,22*	(-239) 1,56	(-633) 3,90*	-	-	-	-	-	-	-
Grupo M (7538)	(-447) 3,31*	(582) 3,73*	(751) 3,21*	(43) 0,36	(-351) 2,60*	(282) 1,81*	-	-	-	-	-	-
Grupo N (7174)	(-811) 5,12*	(218) 1,23	(387) 1,86*	(-321) 2,19*	(-715) 4,51*	(-82) 0,47	(-364) 1,75*	-	-	-	-	-
Grupo P (7442)	(-543) 4,02*	(486) 3,11	(655) 2,8*	(-53) 0,44	(-447) 3,31*	(186) 1,19	(-96) 0,41	(268) 2,81*	-	-	-	-
Grupo R (7310)	(-675) 3,78*	(354) 1,94*	(523) 2,45*	(-185) 1,2	(-579) 3,24*	(54) 0,29	(-228) 1,07	(136) 1,01	(-132) 0,62	-	-	-
Grupo T (7541)	(-444) 2,48*	(585) 3,2*	(754) 3,53*	(46) 0,3	(-348) 1,94*	(285) 1,56*	(3) 0,02	(367) 2,72*	(99) 0,47	(231) 1,3	-	-
Grupo U (7744)	(-241) 1,49	(788) 3,91*	(957) 4,53*	(249) 1,65	(-145) 0,89	(488) 2,42*	(206) 0,97	(570) 4,34*	(302) 1,43	(434) 2,67*	(203) 1,25	-

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

¹ Híbridos utilizados para extração das linhagens: A = AG 1051, B = Z 8420, D = CO 32, G = BRS 3123, I = Master, L = C 435, M = AGN 2012, N = AG 3010, P = AS 3466, R = Dina 500, T = FT5146 e U = XL 357.

² Produtividade média do grupo, em kg ha⁻¹.

³ Diferenças de produtividades entre os grupos, em kg ha⁻¹ (médias dos grupos da coluna – média dos grupos da linha).

programas de melhoramento. Para isto, estimou a contribuição dos locos em heterozigose (d) e a dos locos em homozigose (m+a) de características morfológicas, de dez híbridos simples comerciais. Os híbridos que obtiveram as maiores estimativas de m+a foram o A2555 e o AG7000, evidenciando elevado potencial para extração de linhagens.

Os resultados obtidos corroboram a hipótese de que a utilização de híbridos comerciais, para extração de linhagens, é uma estratégia interessante para obtenção de linhagens superiores. Esta estratégia vem sendo utilizada em programas de melhoramento no Brasil e, atualmente, encontra-se tal prática na literatura (Bison et al. 2003, Carvalho et al. 2004, Amorim & Souza 2005, Ferreira et al. 2009). Nos Estados Unidos, esta é uma prática comum, sendo que os materiais oriundos deste processo são denominados linhagens de segundo ciclo (Lamkey et al. 1995, Wolf & Hallauer 1997, Troyer 1999).

CONCLUSÕES

1. Híbridos comerciais de milho são opções viáveis para extração de linhagens, em programas de melhoramento, visando à produtividade de grãos.

2. Os híbridos AG 1051, Master e XL 357, em geral, apresentam maior potencial para extração de linhagens superiores, para combinação com o testador IA 33.
3. Apenas em Campinas, os melhores híbridos top crosses de milho são aqueles cujas linhagens foram oriundas do mesmo híbrido comercial (AG1051).
4. Não se pode inferir que linhagens provenientes de determinado híbrido comercial tenham comportamento superior, em combinações híbridas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pela bolsa de Mestrado concedida.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. M. et al. Combining ability of inbred line of maize and stability of their respective singler-cross. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 83-89, 2003.
- AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S₀ de híbridos simples comerciais. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 3, p. 561-567, 2005.

- BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; RAPOSO, F. V. Potencial de híbridos simples de milho para a extração de linhagens. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 2, p. 348-355, 2003.
- BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Comparação de duas aproximações do teste t com variâncias heterogêneas através de simulação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 23, n. 2, p. 390-403, 1999.
- CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Capacidade de combinação de progênies parcialmente endogâmicas obtidas de híbridos comerciais de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 429-437, 2004.
- CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RIBEIRO, P. H. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos Estados de Roraima e Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 8, p. 985-990, 2003.
- CRUZ, C. D. *Estatística experimental e matrizes*. Viçosa: UFV, 2006.
- CRUZ, C. D. *Programa Genes - versão Windows*: aplicativo computacional em Genética e Estatística. Versão 2007.0.0. Viçosa: UFV, 2007.
- FERREIRA, E. A. et al. Desempenho de híbridos top crosses de linhagens S_3 de milho em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 319-327, 2009.
- GAMA, E. E. G. et al. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) top crosses for their potential use in a breeding program. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 481-487, 1993.
- GAMA, E. E. G. et al. Potencial genético de um sintético de milho de grão duro para formação de híbridos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 615-619, 2003.
- GAMA, E. E. G. et al. Tropical maize synthetics improvement for moisture-stress tolerance for small-scale farmers. In: EASTERN AND SOUTHERN AFRICA REGIONAL MAIZE CONFERENCE, 7., 2001, Nairobi. *Anais...* Nairobi: CIMMYT, 2001. p. 288-291.
- LAMKEY, K. R.; SCHNICKER, B. J.; MELCHINGER, A. E. Epistasis in an elite maize hybrid and choice of generation for inbred line development. *Crop Science*, Madison, v. 35, n. 5, p. 1272-1281, 1995.
- LIMA, M. W. O. P.; SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Procedimentos para a escolha de populações de milho para a extração de linhagens. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 2, p. 153-158, 2000.
- LOPES, M. T. G.; VIANA, J. M. S.; LOPES, R. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de famílias ebdogâmicas de milho, obtidos pelo método de híbridos crípticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 3, p. 483-491, 2001.
- MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 122-201.
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: UFV, 2005. p. 491-552.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 159-178, 2001.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z. et al. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de top crosses em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597-605, 2006.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.
- 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, DF, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.
- SOUZA JÚNIOR, C. L. Avaliação de híbridos de linhagens S_3 de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1995, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: UFG, 1995. p. 95.
- SOUZA SOBRINHO, F. de; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. de. Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 70-76, 2002.
- TROYER, A. F. Background of U. S. hybrid corn. *Crop Science*, Madison, v. 39, n. 3, p. 601-626, 1999.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 122-201.
- VIANA, L. F. Estimativas de $m+a'$ e d como indicadores do potencial de híbridos de milho para extração de linhagens. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)—Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- VIÉGAS, G. P.; MIRANDA FILHO, J. B. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E. (Ed.). *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p. 257-298.
- WOLF, D. P.; HALLAUER, A. R. Triple testcross analysis to detect epistasis in maize. *Crop Science*, Madison, v. 37, n. 3, p. 763-770, 1997.