

POTENCIAL DE HÍBRIDOS TOP CROSSES DE MILHO NO ESTADO DE SÃO PAULO

MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO PATERNIANI¹, ELIEL ALVES
FERREIRA², AILDSON PEREIRA DUARTE³ e PAULO BOLLER GALLO⁴

¹*Pesquisadora Científica do Instituto Agrônomo (IAC), Cx. Postal 28, CEP: 13001-970
Campinas, SP, Brasil, E-mail: elisa@iac.sp.gov.br*

²*Doutorando da Universidade Federal de Viçosa, Rua P.H. Rolfs, sn, CEP: 36570-000 Viçosa,
MG, Brasil, E-mail: elielaf2003@yahoo.com.br*

³*Pesquisador Científico da APTA Regional de Desenvolvimento do Médio Paranapanema, Cx.
Postal 263, CEP: 19800-000 Assis, SP, Brasil, E-mail: aildson@apta.sp.gov.br*

⁴*Pesquisador Científico da APTA Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista, Caixa
Postal 58, CEP: 13730-970, Mococa, SP, Brasil, E-mail: paulogallo@apta.sp.gov.br*

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.9, n.2, p.163-176, 2010

RESUMO - Com o objetivo de verificar o potencial de híbridos top crosses e de linhagens parcialmente endogâmicas (S_3) oriundas de híbridos comerciais de milho, avaliaram-se 27 híbridos top crosses, duas testemunhas comerciais e o testador IA 33. Os experimentos foram avaliados nos anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007, sob delineamento de blocos casualizados, com três repetições, no Centro Experimental Central, IAC (Campinas), na APTA Regional do Nordeste Paulista (Mococa) e do Vale do Paranapanema (Palmital). Foram avaliadas as seguintes características: florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (AC+Q) e peso de grãos corrigido para 14% de umidade (PG). Estimaram-se, ainda, a capacidade geral de combinação (CGC) e a heterobeltiose dos híbridos top crosses. Foram verificados híbridos top crosses com PG superiores ou semelhantes às testemunhas, comprovando o seu potencial produtivo. O híbrido IA 33 x HI 9-19-1 se destacou com elevada produtividade e heterobeltiose e as linhagens HI 9-19-1 e HG 7-12-1 obtiveram elevada capacidade combinatória (g_i), nas três localidades.

Palavras-chave: *Zea mays*, linhagens S_3 , heterobeltiose.

POTENTIAL OF MAIZE TOP CROSS HYBRIDS IN THE SÃO PAULO STATE

ABSTRACT - The objective of this work was to verify the potential of top cross hybrids and of partially endogamic lines (S_3) obtained from commercial maize hybrids. The 27 top cross hybrids, two commercial checks and the tester IA 33 were evaluated by complete block design with three replications, in two years (2005/2006 and 2006/2007) and in three locations (Campinas, Mococa and Palmital) of São Paulo State. The following traits were evaluated: male flowering, plant height, ear height, percentage of lodging and broken plants and grain weight corrected to 14% moisture. The effects of general combining ability and the heterobeltiosis of the top cross hybrids were considered. Top cross hybrids were verified with grain weight superior or similar to the commercial checks, proving the productive potential of the top cross hybrid. The hybrid IA 33 x HI 9-19-1 outstanding with high grain yield and heterobeltiosis, and the lines HI 9-19-1 and HG 7-12-1 showed high combining ability estimates in the three locations.

Key words: *Zea mays*, lines S_3 , heterobeltiosis.

O milho é uma das principais culturas do Brasil, ocupando uma área de 14,5 milhões de hectares e atingindo produção de 50,3 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3,5 toneladas por hectare (Companhia, 2009). A produtividade média brasileira é considerada baixa, quando comparada com o potencial produtivo da cultura, havendo relatos de produtividade superiores a 14,5 milhões de hectares (Amorim & Souza, 2005).

O método de milho híbrido vem sendo utilizado desde sua descoberta, no início do século XX, com a utilização de linhagens endogâmicas para obtenção dos híbridos simples, que representam 58% do mercado de

sementes do Brasil (Cruz & Pereira Filho, 2009).

Após a obtenção das linhagens, por autofecundações sucessivas, vários métodos são utilizados para a avaliação da capacidade de combinação, baseados nos conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), estabelecidos por Sprague & Tatum (1942).

Vale ressaltar que um dos maiores problemas enfrentados pelos melhoristas de milho que trabalham com híbridos de linhagens é a avaliação das linhagens genitoras. Para um número elevado de linhagens, a avaliação de todos os cruzamentos possíveis, como prevê o dialelo completo, torna-se impraticável. Para

contornar esse problema, foi proposto o método de top cross (Davis, 1927), que consiste na avaliação de um grande número de linhagens com um testador comum. O top cross, utilizando um testador, estima os efeitos da CGC ou CEC, dependendo da base genética do testador. Segundo Vencovsky (1978), se o testador for de base genética ampla, estima-se a CGC; se for de base genética estreita, possibilita a estimativa dos efeitos da CEC.

O processo para obtenção de híbridos simples é oneroso e tem por consequência o encarecimento das sementes, ficando difícil o acesso aos produtores menos tecnicizados, que acabam utilizando variedades de polinização aberta.

Novas alternativas de híbridos têm sido propostas visando à redução dos custos das sementes híbridas, tornando-as acessível a esses produtores, melhorando sua produtividade e lucratividade. Dentre essas alternativas, destacam-se as utilizações de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas (S_2 e S_3) e de híbridos de F_2 (Souza Sobrinho et al., 2002; Carvalho et al., 2003; Salin Neto et al., 2004).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas (S_3), em cruzamentos top crosses com um testador elite (F_2) do programa de melhoramento de milho do IAC. Avaliaram-se, ainda, os efeitos da CGC das linhagens e a heterobeltiose dos híbridos top crosses.

Material e Métodos

Os híbridos top crosses foram obtidos através dos cruzamentos de linhagens S_3 provenientes de híbridos comerciais (denominados de A a U) com um testador de base genética ampla (IA 33), que é um sintético derivado de híbrido comercial. Os cruzamentos foram realizados no ano agrícola de 2004/2005, na APTA Regional de Monte Alegre do Sul.

Os 27 híbridos top crosses foram avaliados em três locais do Estado de São Paulo: Centro Experimental Central, Campinas (latitude 22° 54' S longitude 47° 3' W e altitude de 600 m), nos anos de 2005/2006 e de 2006/2007, APTA Regional de Desenvolvimento do Nordeste Paulista, Mococa (latitude 21° 28' S longitude 47° 01' W e altitude 665 m), no ano de 2006/2007, e APTA Regional do Vale do Paranapanema, Palmital (latitude 22° 48' S longitude 50° 14' W e altitude 650 m), em 2006/2007.

Os solos de Campinas, Mococa e Palmital foram caracterizados, respectivamente, como Latossolo, Argissolo e Latossolo Vermelho distroférico. Utilizaram-se como testemunhas o híbrido triplo DKB 350, o híbrido IAC 8333 (híbrido de sintéticos oriundos de híbridos comerciais) e o testador IA 33.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 30 tratamentos e três repetições por experimento. Cada parcela foi constituída por duas linhas com cinco metros de comprimento, espaçamento de 0,9 metro entre linhas e 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, novembro de 2006, em Mococa e, em Palmital, foram realizadas em outubro de 2006.

Foram avaliados nas análises individuais os seguintes caracteres agronômicos: florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), porcentagem de plantas acamadas e quebradas (AC+Q) e peso de grãos a 14% de umidade (PG).

Foram efetuadas as análises de variância individuais e conjuntas, considerando o modelo fixo, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade. Também foi realizada a correção do estande para 50 plantas por parcela. Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Genes (Cruz, 2008).

Em relação ao peso de grãos (PG), foram estimadas a capacidade geral de combinação (g_i), utilizando o modelo estatístico-genético:

$$Y_j = m + g_i + \bar{e}_j$$

em que,

m = média geral;

g_i = efeito da capacidade geral de combinação da linhagem i ;

\bar{e}_j = erro experimental médio.

O g_i foi obtido de acordo com a seguinte expressão:

$$g_i = \bar{c}_i - \bar{c}.$$

em que,

g_i = é o efeito da capacidade geral de combinação das linhagens;

\bar{c}_i = é a média de cada híbrido;

\bar{c} = é a média geral dos híbridos top crosses.

e a heterobeltiose \bar{Hb}

$$\bar{Hb} = \bar{H}_{tp} - \bar{PM}$$

em que,

\bar{H}_{tp} = média de cada híbrido top crosses;

\bar{PM} = média do pai maior, que é o testador IA33.

Resultados e Discussão

Verificaram-se efeitos significativos ($P < 0,01$) de tratamento, ambiente e interação tratamento x ambiente, na análise de variância conjunta (anos x locais x tratamentos), para peso de grãos (PG), indicando divergência entre os ambientes. As demais características apresentaram uma razão entre o maior QM/ menor QM superior a sete, não podendo ser analisadas conjuntamente, de acordo com Gomes (1990).

As análises de variância individuais apresentaram efeito significativo ($P < 0,01$) de tratamentos para todas as características, em todos os locais, exceto para AC+Q, em Palmital.

Por outro lado, o efeito da interação tratamentos x anos foi menos expressivo, possibilitando a apresentação dos resultados com base em médias de dois anos agrícolas (2005/2006 e 2006/2007), por local.

O número médio de dias para FM foi 67,07, em Campinas, onde houve dois grupos de híbridos quanto ao florescimento (Tabela 1). Em Mococa, a média de FM foi de 53,45 dias e sete híbridos apresentaram FM abaixo de 51 dias; em Palmital, a média foi de 64,95 dias (Tabelas 2 e 3).

As estimativas de AP foram 189,60 cm, 214,85 e 207,11 cm, em Campinas, Mococa e Palmital, respectivamente (Tabelas 1, 2 e 3), demonstrando, na média, serem de porte baixo. Em Campinas, o híbrido de menor AP foi o IA 33 x HQ 16-8-1, com 172,29, não diferindo de 12 híbridos e do testador IA 33. Os híbridos IA 33 x HN 13-9-1, IA 33 x HQ 16-8-1, IA 33 x HG 7-13-1 e IA 33 x HD 4-5-1 obtiveram, em Mococa, valores de AP inferiores a 200 cm. Em Palmital, apesar da análise de variância ser significativa para AP, o teste Scott & Knott (1974) não detectou nenhuma diferença entre os tratamentos.

Para AE, a média foi de 97,35, 113,74 e 110,56 cm, em Campinas, Mococa e Palmital, respectivamente (Tabelas 1, 2 e 3). Os híbridos IA 33 x HQ 16-8-1, IA 33 x HQ 16-8-1 e IA 33 x HD 4-5-1 merecem destaque, por pertencerem ao grupo de menor AE, nas três localidades.

A média de peso de grãos dos experimentos foi 7.977 kg ha⁻¹. O híbrido IA 33 x HI 9-19-1

teve a maior média (9.179 kg ha⁻¹), no entanto, não diferiu dos IA 33 x HM 12-3-1, IA 33 x HI 9-18-1, IA 33 x HG 7-12-1, IA 33 x HB 2-5-1, IA 33 x HG 7-3-1 e DKB 350, todos com valores de PG superiores a 8.500 kg ha⁻¹.

Em Campinas, os híbridos de maior produtividade foram IA 33 x HB 2-5-1 (9.440 kg ha⁻¹) e IA 33 x HI 9-19-1 (9.331 kg ha⁻¹), com valores superiores aos das testemunhas comerciais (IAC 8333 e DKB 350). Resultados semelhantes foram obtidos por Cabrera (2001), que relatou ser possível a produção de híbridos de milho utilizando-se linhagens parcialmente endogâmicas (S₃) e que as integridades genéticas das linhagens (S₃) foram mantidas após gerações de manipulações.

O híbrido IA 33 x HI 9-18-1, em Mococa, teve produtividade de 8.580 kg ha⁻¹, mas não diferiu de seis híbridos top crosses e da testemunha DKB 350 (8.327 kg ha⁻¹). Já em Palmital, o híbrido de maior produtividade foi o IA 33 x HM 12-3-1 (9.931 kg ha⁻¹), porém não diferiu de nove híbridos top crosses e da testemunha DKB 350 (8.678 kg ha⁻¹). Vale ressaltar que, em Palmital, oito híbridos top crosses obtiveram produtividades superiores a 9.000 kg ha⁻¹.

Tais resultados foram corroborados por Elias et al. (2000) e Rumin & Vencovsky (2001), utilizando linhagens parcialmente endogâmicas (S₂) em seus cruzamentos e obtendo elevadas produtividades. Elias et al. (2000) avaliaram o desempenho de 192 híbridos top crosses, verificando híbridos com produtividades de

TABELA 1. Médias de florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), peso de grãos (PG) e heterobeltiose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos top crosses de milho e três testemunhas referentes. Campinas, SP, nos anos agrícolas 2005/2006 e 2006/2007¹.

Híbridos	FM	AP	AE	PG	Hb	%
	(dias)	-----cm-----		-----kg ha ⁻¹ -----		
IA 33 X HI ⁽²⁾ 9-19-1	66,83 B	193,13 C	102,92 B	9331 A	2740	29,36
IA 33 X HI 9-20-1	65,83 B	190,00 C	92,92 C	7936 C	1345	16,95
IA 33 X HB 2-1-2	68,33 A	187,29 D	100,31 B	7301 D	710	9,72
IA 33 X HB 2-6-1	68,33 A	190,10 C	94,38 C	7342 D	751	10,23
IA 33 X HD 4-5-1	65,00 B	175,63 D	95,52 C	7645 C	1054	13,79
IA 33 X HI 9-3-1	65,67 B	180,83 D	95,63 C	7024 D	433	6,16
IA 33 X HN 13-4-1	66,50 B	205,71 B	112,29 A	8257 B	1666	20,18
IA 33 X HM 12-3-1	66,67 B	218,96 A	111,25 A	8223 B	1632	19,85
IA 33 X HT 19-9-1	67,33 B	201,77 C	97,19 C	7751 C	1160	14,97
IA 33 X HI 9-8-1	65,67 B	185,42 D	93,44 C	8468 B	1877	22,17
IA 33 X HP 15-19-1	64,33 B	175,00 D	90,42 C	7044 D	453	6,43
IA 33 X HI 9-18-1	67,50 A	198,13 C	99,58 B	8235 B	1644	19,96
IA 33 X HI 9-15-1	66,83 B	181,04 D	97,71 C	7882 C	1291	16,38
IA 33 X HD 4-12-1	71,33 A	185,63 D	96,04 C	7652 C	1061	13,87
IA 33 X HI 9-17-1	64,17 B	201,04 C	103,33 B	7570 C	979	12,93
IA 33 X HG 7-13-1	65,33 B	184,58 D	93,96 C	7763 C	1172	15,10
IA 33 X HB 2-4-1	67,00 B	190,63 C	112,50 A	8354 B	1763	21,10
IA 33 X HU 20-13-1	68,50 A	195,42 C	98,13 C	7066 D	475	6,72
IA 33 X HR 17-22-1	68,67 A	198,54 C	89,38 C	7915 C	1324	16,73
IA 33 X HG 7-12-1	69,17 A	191,67 C	103,96 B	8677 B	2086	24,04
IA 33 X HC 3-2-1	68,67 A	183,75 D	93,33 C	8260 B	1669	20,21
IA 33 X HL 11-1-1	68,83 A	199,58 C	107,29 A	7777 C	1186	15,25
IA 33 X HR 17-4-1	66,83 B	192,92 C	95,83 C	7903 C	1312	16,60
IA 33 X HB 2-5-1	66,67 B	177,50 D	88,96 C	9440 A	2849	30,18
IA 33 X HN 13-9-1	67,00 B	175,21 D	77,08 C	6811 D	220	3,23
IA 33 X HQ 16-8-1	65,17 B	172,08 D	86,88 C	6683 D	92	1,38
IA 33 X HG 7-3-1	68,50 A	195,31 C	103,13 B	8764 B	2173	24,79
IA33	69,17 A	183,85 D	100,83 B	6591 D		
DKB350	66,00 B	184,79 D	95,21 C	8417 B		
IAC8333	64,83 B	192,40 C	91,04 C	7840 C		
Média	67,07	189,60	97,35	7864		
CV %	2,90	5,49	9,11	9,75		

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974).

²Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

TABELA 2. Médias de florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (AC+Q), peso de grãos (PG) e heterobeltiose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos top crosses de milho e três testemunhas. Mococa, SP, 2006/2007¹.

Híbridos	FM	AP	AE	AC+Q ⁽²⁾	PG	Hb	
	(dias)	----- cm -----			----- kg ha ⁻¹ -----	%	
IA 33 X HI ⁽³⁾ 9-19-1	54,33 B	223,67 D	123,67 B	0,41 B	8183 A	1473	18,00
IA 33 X HI 9-20-1	50,00 C	224,00 D	119,33 C	0,27 B	8163 A	1453	17,80
IA 33 X HB 2-1-2	54,00 B	214,67 F	106,67 E	0,47 B	7631 A	921	12,07
IA 33 X HB 2-6-1	54,00 B	210,67 G	125,00 B	0,30 B	7199 B	489	6,79
IA 33 X HD 4-5-1	50,00 C	195,67 J	100,67 F	0,71 A	7398 B	688	9,30
IA 33 X HI 9-3-1	50,00 C	203,00 I	97,67 F	0,29 B	7483 B	773	10,33
IA 33 X HN 13-4-1	54,00 B	230,33 C	128,00 B	0,45 B	7754 A	1044	13,46
IA 33 X HM 12-3-1	56,00 A	257,33 A	131,33 A	0,78 A	8152 A	1442	17,69
IA 33 X HT 19-9-1	54,00 B	214,00 F	107,67 E	0,51 A	8451 A	1741	20,60
IA 33 X HI 9-8-1	54,00 B	216,67 F	111,33 D	0,27 B	7740 A	1030	13,31
IA 33 X HP 15-19-1	54,00 B	220,33 E	124,67 B	0,47 B	7220 B	510	7,06
IA 33 X HI 9-18-1	50,33 C	201,33 I	116,33 C	0,38 B	8580 A	1870	21,79
IA 33 X HI 9-15-1	54,33 B	207,00 H	109,50 E	0,38 B	8423 A	1713	20,34
IA 33 X HD 4-12-1	56,33 A	203,33 I	110,67 D	0,47 B	7394 B	684	9,25
IA 33 X HI 9-17-1	50,00 C	208,00 G	114,00 D	0,53 A	8478 A	1768	20,85
IA 33 X HG 7-13-1	54,00 B	196,67 J	99,33 F	0,37 B	7657 A	947	12,37
IA 33 X HB 2-4-1	56,00 A	206,33 H	114,67 D	0,29 B	7703 A	993	12,89
IA 33 X HU 20-13-1	54,00 B	205,33 H	111,00 D	0,28 B	7083 B	373	5,27
IA 33 X HR 17-22-1	54,00 B	224,33 D	126,67 B	0,30 B	6736 B	26	0,39
IA 33 X HG 7-12-1	54,00 B	217,00 F	118,00 C	0,53 A	8360 A	1650	19,74
IA 33 X HC 3-2-1	56,00 A	215,33 F	109,00 E	0,59 A	7787 A	1077	13,83
IA 33 X HL 11-1-1	56,00 A	238,00 B	112,33 D	0,49 B	7942 A	1232	15,51
IA 33 X HR 17-4-1	54,00 B	236,67 B	121,00 C	0,43 B	8491 A	1781	20,98
IA 33 X HB 2-5-1	54,00 B	215,33 F	117,00 C	0,30 B	8106 A	1396	17,22
IA 33 X HN 13-9-1	54,00 B	194,67 J	99,00 F	0,81 A	6958 B	248	3,56
IA 33 X HQ 16-8-1	50,33 C	198,67 J	100,33 F	0,34 B	6606 B	-104	-1,57
IA 33 X HG 7-3-1	54,00 B	214,00 F	111,33 D	0,31 B	7175 B	465	6,48
IA 33	54,00 B	213,00 F	107,67 E	0,41 B	6710 B		
DKB 350	54,00 B	214,67 F	104,67 F	0,22 B	8327 A		
IA 8333	50,00 C	225,67 D	133,67 A	0,46 B	7295 B		
Média	53,45	214,85	113,74	0,43	7706		
CV %	0,44	1,01	2,53	39,66	8,55		

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974).

²Valores transformados por arco seno da raiz quadrada (%/100).

³Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

TABELA 3. Médias de florescimento masculino (FM), altura da planta (AP), altura da espiga (AE), plantas acamadas e quebradas (AC+Q), peso de grãos (PG) e heterobeliose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos top crosses de milho e três testemunhas. Palmital, SP, 2006/2007¹.

Híbridos	FM	AP	AE	AC+Q ⁽²⁾	PG	Hb	
	(dias)	----- cm -----			----- kg ha ⁻¹ -----	%	
IA 33 X HI ⁽³⁾ 9-19-1	63,50 D	211,67 A	116,67 A	0,10 A	9873 A	2870	29,07
IA 33 X HI 9-20-1	61,50 E	186,67 A	100,00 B	0,05 A	8728 A	1725	19,76
IA 33 X HB 2-1-2	66,50 A	208,33 A	115,00 A	0,11 A	7866 B	863	10,97
IA 33 X HB 2-6-1	65,50 B	195,00 A	105,00 B	0,09 A	8165 B	1162	14,23
IA 33 X HD 4-5-1	62,00 E	183,33 A	90,00 B	0,18 A	8475 B	1472	17,37
IA 33 X HI 9-3-1	64,50 C	198,33 A	111,67 A	0,18 A	8580 B	1577	18,38
IA 33 X HN 13-4-1	65,50 B	215,00 A	125,00 A	0,26 A	8279 B	1276	15,41
IA 33 X HM 12-3-1	66,50 A	240,00 A	125,00 A	0,29 A	9931 A	2928	29,48
IA 33 X HT 19-9-1	65,50 B	193,33 A	105,00 B	0,21 A	8515 B	1512	17,76
IA 33 X HI 9-8-1	66,00 A	196,67 A	108,33 B	0,05 A	8386 B	1383	16,49
IA 33 X HP 15-19-1	62,00 E	216,67 A	115,00 A	0,12 A	8398 B	1395	16,61
IA 33 X HI 9-18-1	65,50 B	216,67 A	105,00 B	0,28 A	9419 A	2416	25,65
IA 33 X HI 9-15-1	65,50 B	205,00 A	117,50 A	0,12 A	8894 A	1891	21,26
IA 33 X HD 4-12-1	66,50 A	220,00 A	113,33 A	0,18 A	9013 A	2010	22,30
IA 33 X HI 9-17-1	64,00 D	201,67 A	96,67 B	0,23 A	9030 A	2027	22,45
IA 33 X HG 7-13-1	64,50 C	216,67 A	106,67 B	0,17 A	8467 B	1464	17,29
IA 33 X HB 2-4-1	66,50 A	223,33 A	123,33 A	0,00 A	8553 B	1550	18,12
IA 33 X HU 20-13-1	66,50 A	210,00 A	127,50 A	0,00 A	7689 B	686	8,92
IA 33 X HR 17-22-1	66,50 A	205,00 A	106,67 B	0,18 A	7823 B	820	10,48
IA 33 X HG 7-12-1	65,50 B	206,67 A	131,67 A	0,09 A	9349 A	2346	25,09
IA 33 X HC 3-2-1	66,50 A	211,67 A	113,33 A	0,25 A	7782 B	779	10,01
IA 33 X HL 11-1-1	66,50 A	206,67 A	105,00 B	0,19 A	7855 B	852	10,85
IA 33 X HR 17-4-1	65,50 B	208,33 A	110,00 B	0,09 A	9143 A	2140	23,41
IA 33 X HB 2-5-1	65,00 C	195,00 A	103,33 B	0,09 A	7993 B	990	12,39
IA 33 X HN 13-9-1	62,50 E	201,67 A	101,67 B	0,21 A	7627 B	624	8,18
IA 33 X HQ 16-8-1	63,50 D	196,67 A	90,00 B	0,08 A	8354 B	1351	16,17
IA 33 X HG 7-3-1	66,50 A	218,33 A	123,33 A	0,09 A	9303 A	2300	24,72
IA 33	66,00 A	203,33 A	98,33 B	0,07 A	7003 B		
DKB 350	63,50 D	216,67 A	111,67 A	0,00 A	8678 A		
IA 8333	63,00 D	205,00 A	115,00 A	0,18 A	7021 B		
Média	64,95	207,11	110,56	0,14	8473		
CV%	0,79	7,07	10,77	108,69	8,25		

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974).

²Valores transformados por arco seno da raiz quadrada (%/100).

³Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

espiga despalhadas superiores a 10.000 kg ha⁻¹. Já Rumin & Vencovsky (2001) verificaram híbridos de linhagens S₂ cruzadas com uma linhagem endogâmica com peso de grãos de até 10.460 kg ha⁻¹.

Gama et al. (2003) avaliaram o desempenho de 142 híbridos top crosses provenientes do cruzamento de progênies endogâmicas S₂ com um sintético. Obtiveram híbridos top crosses com produtividades superiores a 12.000 kg ha⁻¹ de espigas despalhadas, superando a testemunha. Carvalho et al. (2004) avaliaram 90 híbridos de linhagens S₂ e destacaram um híbrido com produtividade de espigas despalhadas superior a 13.000 kg ha⁻¹, superando os híbridos comerciais utilizados como testemunha.

Levando em consideração a média geral, sete híbridos obtiveram heterobeltiose igual ou superior a 20%, sendo que o IA 33 x HI 9-19-1 destacou-se com 27% (2.455 kg ha⁻¹). Em Campinas, Mococa e Palmital, vários híbridos obtiveram heterobeltiose igual ou superior a 20%, onde se destacaram os IA33 x HB 2-5-1 (30% - 2.849 kg ha⁻¹), IA33 x H 9-18-1 (22% - 1.870 kg ha⁻¹) e IA33 x HM 12-3-1 (2.928 - kg ha⁻¹), respectivamente. Tais resultados são corroborados por Santos et al. (2001) e Gama et al. (1982).

Elias et al. (2000) estimaram a heterose em relação às famílias S₂ de 192 híbridos top crosses. Foram verificados elevados valores de heterose, acima de 300%. Esses elevados valores foram devido à forma que foram estimados, pois levaram em consideração a linhagem per se e não a média dos parentais.

Segundo Vencovsky (1978), o cruzamento de linhagens com um testador de base genética ampla, permite estimar a capacidade geral de combinação. Os híbridos top crosses foram obtidos através do cruzamento de linhagens com uma população F₂ (IA 33), portanto, a capacidade combinatória estimada é a geral.

A linhagem HI 9-19-1 obteve o maior efeito da capacidade geral combinatória (g_i), em relação à média dos experimentos, com 1.159 kg ha⁻¹ (Tabela 5). As linhagens que se destacaram em Campinas foram: HI 9-19-1 (1.439 kg ha⁻¹), HB 2-5-1 (1.548 kg ha⁻¹) e HG 7-12-1 (785 kg ha⁻¹); em Mococa: HR 17-4-1 (756 kg ha⁻¹), HI 9-18-1 (845 kg ha⁻¹) e HT 19-9-1 (716 kg ha⁻¹); em Palmital: HM 12-3-1 (1.357 kg ha⁻¹), HI 9-19-1 (1.299 kg ha⁻¹) e HI 9-18-1 (845 kg ha⁻¹).

Através dos g_is, pode-se verificar que houve interação genótipos por ambientes, pois a linhagem HB 2-5-1 obteve o maior g_i em Campinas (1.548 kg ha⁻¹), não se destacando em Mococa (371 kg ha⁻¹) e sendo negativo em Palmital (-581 kg ha⁻¹). O mesmo aconteceu com a linhagem HM 12-3-1, que foi a de maior g_i em Palmital, mas teve baixo valor de g_i em Campinas e intermediário em Mococa. Por outro lado, a linhagem HG 7-12-1 obteve g_is intermediários nas três localidades, sendo, portando, uma linhagem de comportamento estável. A linhagem HI 9-19-1 merece destaque, pois se destacou em Campinas e Palmital com elevado g_i (acima de 1000 kg ha⁻¹) e em Mococa obteve um resultado intermediário.

Foram observadas linhagens S₃ com elevado g_is, confirmando que linhagens S₃

TABELA 4. Médias de peso de grãos (PG) e heterobeltiose em relação ao testador IA 33 (Hb), de 27 híbridos top crosses de milho e três testemunhas. Campinas (2005/2006 e 2006/2007), Mococa e Palmital (2006/2007),SP¹.

Híbridos	PG		Hb
	-----kg ha ⁻¹ -----		%
IA 33 X HI ⁽²⁾ 9-19-1	9179 A	2455	27
IA 33 X HI 9-20-1	8191 B	1467	18
IA 33 X HB 2-1-2	7525 C	801	11
IA 33 X HB 2-6-1	7512 C	788	10
IA 33 X HD 4-5-1	7790 C	1067	14
IA 33 X HI 9-3-1	7528 C	804	11
IA 33 X HN 13-4-1	8137 B	1413	17
IA 33 X HM 12-3-1	8632 A	1908	22
IA 33 X HT 19-9-1	8117 B	1393	17
IA 33 X HI 9-8-1	8266 B	1542	19
IA 33 X HP 15-19-1	7427 C	703	9
IA 33 X HI 9-18-1	8617 A	1893	22
IA 33 X HI 9-15-1	8270 B	1546	19
IA 33 X HD 4-12-1	7928 B	1204	15
IA 33 X HI 9-17-1	8162 B	1438	18
IA 33 X HG 7-13-1	7913 B	1189	15
IA 33 X HB 2-4-1	8241 B	1517	18
IA 33 X HU 20-13-1	7226 D	502	7
IA 33 X HR 17-22-1	7597 C	874	11
IA 33 X HG 7-12-1	8766 A	2042	23
IA 33 X HC 3-2-1	8022 B	1298	16
IA 33 X HL 11-1-1	7838 C	1114	14
IA 33 X HR 17-4-1	8360 B	1636	20
IA 33 X HB 2-5-1	8745 A	2021	23
IA 33 X HN 13-9-1	7052 D	328	5
IA 33 X HQ 16-8-1	7082 D	358	5
IA 33 X HG 7-3-1	8501 A	1777	21
IA 33	6724 D		
DKB 350	8460 A		
IA 8333	7499 C		
Média	7977		
CV %	9,08		

¹Médias com letras diferentes na coluna diferem a 5% pelo Teste de Scott & Knott (1974).

²Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

TABELA 5. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i) para peso de grãos (PG), de 27 linhagens de milho. Campinas (2005/2006 e 2006/2007), Mococa e Palmital (2006/2007), SP.

Linhagens	Campinas	Mococa	Palmital	Média
	2005/2006 e 2006/2007	2006/2007	2006/2007	
	g_i			
	----- kg ha ⁻¹ -----			
HI ⁽¹⁾ 9-19-1	1439	448	1299	1156
HI 9-20-1	44	428	154	168
HB 2-1-2	-591	-104	-708	-498
HB 2-6-1	-550	-536	-409	-511
HD 4-5-1	-247	-337	-99	-233
HI 9-3-1	-868	-252	6	-495
HN 13-4-1	365	19	-295	114
HM 12-3-1	331	417	1357	609
HT 19-9-1	-141	716	-59	94
HI 9-8-1	576	5	-188	243
HP 15-19-1	-848	-515	-176	-596
HI 9-18-1	343	845	845	594
HI 9-15-1	-10	688	320	247
HD 4-12-1	-240	-341	439	-95
HI 9-17-1	-322	743	456	139
HG 7-13-1	-129	-78	-107	-110
HB 2-4-1	462	-32	-21	218
HU 20-13-1	-826	-652	-885	-797
HR 17-22-1	23	-999	-751	-426
HG 7-12-1	785	625	775	743
HC 3-2-1	368	52	-792	-1
HL 11-1-1	-115	207	-719	-185
HR 17-4-1	11	756	569	337
HB 2-5-1	1548	371	-581	722
HN 13-9-1	-1081	-777	-947	-971
HQ 16-8-1	-1209	-1129	-220	-941
HG 7-3-1	872	-560	729	478

¹Híbrido comercial utilizado para obtenção da linhagem S₃.

extraídas de híbridos comerciais têm a vantagem de os híbridos já terem sido testados em vários ambientes e de apresentarem locos favoráveis já fixados, portanto, aumentando as chances de sucesso em combinações híbridas.

Nesse contexto, Raposo & Ramalho (2004) avaliaram 169 progênies S_1 derivadas de dois híbridos simples comerciais para a extração de linhagens e concluíram que as populações oriundas dos dois híbridos comerciais são promissoras para a extração de linhagens, concordando com Bison *et al.* (2003) e Lima *et al.* (2000). Carvalho *et al.* (2003) utilizaram linhagens S_2 oriundas de três híbridos simples comerciais, tendo como resultados híbridos com produtividade acima de 12000 kg ha⁻¹ de peso de espiga despalhadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho *et al.* (2004).

Conclusões

Híbridos top crosses apresentaram elevado potencial produtivo e resultados promissores, quando comparados às testemunhas comerciais, destacando-se o híbrido IA 33 x HI 9-19-1, com elevada produtividade e heterobeltiose nos três locais.

É possível produzir híbridos comerciais de milho de alta produtividade a partir de linhagens parcialmente endogâmicas.

As linhagens HI 9-19-1 e HG 7-12-1 se destacaram com elevados valores da capacidade combinatória (g,s), nas três localidades.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), a bolsa de mestrado concedida.

Literatura Citada

AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S_0 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.

CABRERA, A. C. **Uso de linhagens parcialmente endogâmicas S_3 para a produção de híbridos simples de milho.** 2001. 134 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Capacidade de combinação de progênies parcialmente endogâmica obtidas de híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 414-428, 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.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (2008/2009)**. Brasília, DF: CONAB, 2009. 39 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes-Versão Windows**: Aplicativo computacional em Genética e Estatística. Versão 2008.6.0. Viçosa, MG: UFV, 2008.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 1). Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_5ed/cultivares.htm. Acesso em: 13 abr.

DAVIS, R. L. **Repot of the plant breeder**. Puerto Rico: Agr. Exp. Sta., 1927. p. 14-15.

ELIAS, H. T.; CARVALHO, S. P.; ANDRE, C. G. M. Comparação de testadores na avaliação de famílias S₂ de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1135-1142, 2000.

GAMA, E. E. G.; SANTOS, M. X.; FERRÃO, R. G.; MEIRELES, W. F.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, P. E. O. 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.; VIANA, R. T.; NASPOLINI FILHO, V.; MAGNAVACA, R. Heterosis for four characters in nineteen populations of

maize. **Egyptian Journal Genetics Cytology**, Alexandria, v. 13, p. 69-80, 1982.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.
LIMA, M. W. O. P.; SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. P. **Procedimentos para a escolha de populações de milho para a extração de linhagens**. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p.153-158, 2000.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: History, Methods and Perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2 p. 159-178, 2001.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P. Componentes de variância genética de populações derivadas de híbridos simples de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 402-413, 2004.

RUMIN, G. C. R.; VENCOVSKY, R. Índice baseado em RFLPs para seleção de linhagens visando sintéticos de milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 303-311, 2001.

SALIN NETO, A. A. M. de; RIBEIRO, H. E. P.; SOUZA, J. J. R.; ROSA, S. F. N. da. Desempenho produtivo de híbridos de milho de endogamia parcial (S₃ X S₃) em nove locais do estado de Goiás. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO SPODOPTERA FRUGIPERDA, 1., 2004, Cuiabá. **Da agricultura familiar ao agronegócio: tecnologia, competitividade e sustentabilidade**. Cuiabá: ABMS, 2004. CD-ROM

SANTOS, M. X. dos, POLLAK, L. M.; CARVALHO, H. W. L.; PACHECO, C. A.

P.; GAMA, E. E. G.; GUIMARÃES, P. E. O.; ANDRADE, R. V. de. Heterotic responses of tropical elite maize accessions from latin America with Brazilian testers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 767-775, 2001.

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

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.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs specific combining ability in single crosses of cross. **Journal of the American Society of Agronomy**, Washington, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p. 122-195.