

POTENCIAL DE HÍBRIDOS TEMPERADOS DE MILHO PIPOCA EM CRUZAMENTOS COM O TESTADOR SEMITROPICAL IAC 12¹

EDUARDO SAWAZAKI², JAIRO LOPES DE CASTRO³, PAULO BOLLER GALLO⁴, MARIA ELISA AYRES GUIDETTI ZAGATTO PATERNIANI², RICARDO MACHADO DA SILVA⁵, REGINALDO ROBERTO LUDERS⁶

¹Trabalho realizado com auxílio financeiro da FAPESP.

²Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras - Instituto Agrônomo. Caixa Postal. 28, CEP 13001-970 Campinas, SP. E-mail: sawazaki@iac.sp.gov.br (autor para correspondência)

³APTA – Pólo Regional de Capão Bonito

⁴APTA – Pólo Regional de Mococa

⁵Prof. Dr. da Universidade de Taubaté. Estagiário do Centro de Grãos e Fibras – IAC

⁶Pós-graduando do Curso de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical – IAC; Bolsista da FAPESP.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.2, p.61-70, 2003

RESUMO - Estudou-se o potencial de cruzamento de 22 híbridos norte-americanos de milho pipoca com o testador IAC 12, um híbrido simples semitropical. Os “top crosses” (tcs), mais duas testemunhas comerciais (IAC 112 e Zélia) e um híbrido experimental (IAC SG 24) foram avaliados em Campinas, Mococa e Capão Bonito, no Estado de São Paulo. Os plantios foram realizados de outubro a dezembro de 2000, em delineamento de blocos casualizados, com duas repetições e com parcelas de 2 linhas de 5 metros. Avaliaram-se a altura da planta (AP) e da espiga (AE), índice de espigas (IE), porcentagem de plantas acamadas + quebradas (A+Q), porcentagem de espigas doentes (ED), peso de 100 grãos (P100G), peso de grãos (PG) e a capacidade de expansão em pipocador elétrico (CE.c) e microondas (CE.m). Estimou-se também a correlação fenotípica entre os caracteres. Diferenças significativas entre ambientes (A) e híbridos (H) foram observadas para todos os caracteres e a interação H x A foi significativa para ED e PG a $P < 0,05$, e para CE.m, CE.c e P100G a $P < 0,01$. Em relação às testemunhas comerciais, os tcs não diferiram quanto a AP, AE, IE e A+Q. Embora os tcs mais produtivos não tenham apresentado qualidade da pipoca superior às testemunhas comerciais, alguns híbridos norte-americanos se destacaram quanto à capacidade de combinação com o IAC 12 para vários caracteres de interesse, mostrando potencial genético para utilização no programa de melhoramento de milho pipoca. O W 115 e A 3045 foram fontes satisfatórias para redução da altura da planta; o W 306, para redução da altura da espiga e aumento do tamanho do grão, o P 612, para aumento da prolificidade, o W 215, para maior resistência ao acamamento e ao quebraamento do colmo, o HW 236, para sanidade da espiga e aumento da produtividade, e o Exp. 8383, para maior capacidade de expansão da pipoca. O tc Exp. 8383 apresentou qualidade da pipoca superior, produtividade e outros caracteres agrônômicos equivalentes à média das testemunhas comerciais, sendo o híbrido mais promissor. Os caracteres correlacionados positivamente com a produção de grãos foram: altura da planta (AP), da espiga (AE) e o índice de espigas (IE), indicando que os tcs mais produtivos foram os mais altos e prolíficos.

Palavras-chave: milho pipoca, top crosses, caracteres agrônômicos, capacidade de expansão, correlação fenotípica.

POTENTIAL OF POPCORN TEMPERATE HYBRIDS CROSSED WITH THE SEMITROPICAL IAC 12 TESTER

ABSTRACT - Cross potential of twenty-two North American popcorn hybrids with the semi-tropical single cross IAC 12 tester was studied. The top crosses (tcs) plus two commercial checks (IAC 112 and Zélia) and one experimental hybrid (IAC SG 24) were evaluated in field experiments carried out in Campinas, Capão Bonito and Mococa, in São Paulo State. The trials were sowed from October to December 2000, using randomized block design with two replications. The plant height (PH), ear height (EH), number of ear per plant (NE), percentage of plant lodge plus stalk breakage (PL + SB), percentage of ear root (ER), grain yield (GY) and weight of 100 grains (W100G), standard machine (SPE) and microwave (MPE) popping expansions were evaluated. The phenotype correlation between the characters also was estimated. Environment (E) and hybrid (H) effects were significant for all traits and H x E interactions were significant for ER and GY at $p < 0,05$, and SPE, MPE and W100G at $p < 0,01$. The tcs did not present significant difference for PH, EH, NE and PL+SB in relation to checks. Although the best yield tcs did not show popcorn quality better than the checks, some North American hybrids showed a good combining ability with IAC 12 to many interesting characters, demonstrating genetic potential to the popcorn breeding program. The W 115 and A 3045 were sources to decrease the plant height; the W 306 to reduce the ear height and increase the grain size; the P 615 to increase prolificacy; the W 215 for lodging and stalking resistance; the HW 236 to increase the yield and ear quality; and Exp. 8383 to increase the popping expansion. These genotypes would be of great value as genetic sources of these characters in a popcorn breeding program for the state of São Paulo, Brazil. High combining ability to breed the quality popcorn grain was obtained by crossing the hybrid Exp. 8383 with an IAC 12 tester, being the most promising exotic hybrid cross. Positive phenotypic correlation was obtained for PH, EH and NE with GY.

Key words: popcorn, top crosses, agronomic traits, popping expansion, correlation.

Entre os tipos especiais de milho, destaca-se o milho pipoca, pelo seu valor comercial e por ter um mercado consumidor tradicional. Segundo informações de empresas do setor, em 1998, foram importadas 61 mil toneladas de grãos de milho pipoca. Considerando a produção nacional com base na quantidade de sementes ofertada do híbrido Zélia, Galvão *et al.* (2000) estimaram que o consumo nacional está em cerca de 80 mil toneladas.

No Brasil, o índice médio da capacidade de expansão (CE em $\text{ml} \cdot \text{ml}^{-1}$) encontrado por Pacheco *et al.* (1996) foi de 15,4, enquanto que o maior valor da CE foi de 24,0 em pipoca importada da Argentina. O valor máximo em híbridos

comerciais americanos dos anos 80, segundo Alexander (1988), foi $44 \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$. A baixa disponibilidade de sementes híbridas de alta qualidade tem sido o principal responsável pelo crescimento da importação de grãos de milho pipoca. Entretanto, nestes dois últimos anos, está havendo uma retração das importações, que estão sendo substituídas pela produção nacional proveniente do cultivo de sementes importadas de híbridos norte-americanos, no Rio Grande do Sul e em Goiás. Segundo relatos de Fávoro (2002), a produção de híbridos norte-americanos da Yoki Alimentos S.A., em parceria com agricultores do Rio Grande do Sul, evoluiu de 5 mil toneladas, em 1999, para perto de 30 mil toneladas, em 2002.

O programa de milho pipoca do Instituto Agrônomo, iniciado na década de 80, com o melhoramento de variedades, atualmente dá ênfase à obtenção de híbridos com elevada produtividade, sanidade, uniformidade e qualidade da pipoca. Embora alguns híbridos experimentais mais recentes de milho pipoca, combinando linhagens temperadas com tropicais, apresentem altas produtividades (Sawazaki *et al.*, 2000b e 2000c), os ganhos obtidos em qualidade ainda não foram suficientes para que sejam competitivos com os híbridos norte-americanos.

Em vista da baixa capacidade de expansão das variedades brasileiras, a introdução de germoplasma norte-americano de alta capacidade de expansão tem sido freqüente nos programas de melhoramento de populações e de híbridos.

Além dos esquemas de cruzamentos dialélicos utilizados para avaliação da capacidade geral e específica de um grupo de materiais em todas as combinações híbridas possíveis, em casos específicos, em que a prioridade maior é o cruzamento de um grupo de materiais com um ou mais testadores, são também utilizados os esquemas de “top cross”, de dialelo parcial ou delineamento genético fatorial (Vencovsky & Barriga, 1992).

O conceito original de “top crosses” (Davis, 1927) preconizava que os testadores utilizados em programas de híbridos deveriam ser de base genética ampla, como variedades de polinização aberta ou sintéticos. Posteriormente, o mesmo processo passou a utilizar híbridos simples-elite como testadores, possibilitando, além da avaliação de um grande número de materiais, a obtenção para uso imediato de híbridos superiores (Miranda Filho & Viégas, 1987).

Segundo Jugenheimer (1976), Hallauer & Miranda Filho (1981) e Vencovsky & Barriga (1992), a base genética do testador, que pode ser ampla ou restrita, é que define se as estimativas

obtidas serão, respectivamente, de capacidade geral ou específica de combinação.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a capacidade combinatória de híbridos temperados norte-americanos em cruzamentos com o híbrido simples semitropical IAC 12, e estimar o seu potencial para o programa de melhoramento de milho pipoca, visando à obtenção de linhagens e sintéticos superiores.

Material e Métodos

Foram obtidos 22 “top crosses” (tcs), por meio do cruzamento de 22 híbridos norte-americanos de milho pipoca procedentes de diversas empresas com um testador comum de base genética estreita, o híbrido simples semitropical IAC 12. Os tcs foram avaliados ao lado de duas testemunhas comerciais (IAC 112 e Zélia) e de um híbrido experimental (IAC SG 24), nas unidades experimentais da APTA, em Campinas, Mococa e Capão Bonito, em plantios realizados em 18/11/00, 07/12/00 e 17/10/00, respectivamente. Os experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos casualizados, com duas repetições. As parcelas foram constituídas de duas linhas de 5 metros, espaçadas de 0,90 metro entre linhas por 0,20 metro entre plantas.

Foram avaliados os caracteres: altura de planta (AP), altura de espiga (AE), índice de espigas por planta (IE), porcentagem de plantas acamadas mais quebradas (A + Q), porcentagem de espigas doentes (ED), peso de 100 grãos a 13 % de umidade (P100G), peso de grãos (PG) corrigido para 13 % de umidade e para o estande médio; nos casos de teste F não significativo, para o estande final; capacidade de expansão determinada em pipocador elétrico (CE.c) e em microondas (CE.m).

A CE.c foi obtida utilizando-se duas amostras de 35 gramas de grãos por repetição, que foram estouradas em um pipocador elétrico com controle

de temperatura, fabricado pela Oliva, apropriada para estourar os grãos sem óleo. A CE.m foi obtida em duas amostras de 50 gramas por repetição, que foram estouradas em microondas, marca Panasonic, de 35 litros e 1200 watts de potência, dentro de potes apropriados para estourar pipoca (modelo 5645-T da Anchor Hocking) sem óleo. Os grãos utilizados para avaliação da CE foram provenientes de seis espigas bem granadas, retiradas aleatoriamente de cada parcela e debulhadas manualmente; foram classificados em peneira 12, de furo redondo, para eliminação dos grãos miúdos, e armazenados em sala com ar refrigerado e umidade relativa em torno de 60-70%, até atingirem a umidade de 13 a 13,5%, antes de serem submetidos aos testes de capacidade de expansão.

A correção do peso de grãos para o estande médio foi realizada utilizando o método da covariância para o estande médio, de acordo com orientação de Vencovsky & Barriga (1992).

Realizaram-se análises conjuntas dos ensaios e obtiveram-se as estimativas da correlação fenotípica entre os caracteres avaliados, utilizando o programa SANEST (Zonta *et al.* 1987). Os dados em porcentagem de plantas acamadas + quebradas e de espigas doentes foram transformados em $(\%+0,5)^{1/2}$, segundo orientação de Steel & Torrie (1960). Para a comparação de médias, adotou-se o teste de Tukey a $P < 0,05$ (Pimentel Gomes, 1990)

As estimativas da capacidade de combinação foram obtidas de acordo com Vencovsky & Barriga (1992). Denominou-se apenas de capacidade de combinação (CC) pelo fato de ter sido utilizado apenas um testador, não se podendo, desse modo, separar a capacidade geral da capacidade específica de combinação.

Resultados e Discussão

Na análise de variância conjunta dos ensaios (Tabela 1), o teste F foi significativo a $P < 0,01$

TABELA 1. Análise de variância conjunta da altura de espiga (AE), altura da planta (AP), porcentagem de espigas doentes transformados para $(\%+0,5)^{1/2}$ (ED), capacidade de expansão (CE.c e CE.m), peso de 100 grãos (P100G) e peso de grãos (PG), dos “top crosses” de híbridos exóticos americanos com o híbrido simples IAC 12, mais duas testemunhas, avaliados em três locais do Estado de São Paulo, em 2000/01.

F. de variação	GL	AE (m)	AP (m)	ED ($(\%+0,5)^{1/2}$)	A+Q ($(\%+0,5)^{1/2}$)	IE	CE.m ml.g ⁻¹	Cec ml.g ⁻¹	P100G Gramas	PG t.ha ⁻¹
Blocos / Local	3	0,0694**	0,0518	1,6633	11,3416**	0,0822	1,4487	0,2711	0,7905	0,3582
Locais (L)	2	0,1163**	0,9526**	91,6926**	844,2859**	1,7912**	458,2139**	198,1012**	55,2730**	76,6376**
Híbridos (H)	24	0,0295**	0,0448**	2,4089*	2,1234**	0,0820**	42,3086**	27,1484**	2,8036**	1,3476*
Topcrosses (Tcs)	21	0,0207**	0,0304*	1,0982	1,7475*	0,0584*	47,5695**	29,8968**	2,5638**	0,4844**
Testemunhas (T)	2	0,0350*	0,1752**	16,033**	0,3374	0,2048**	3,6200	0,9600	3,3800**	5,1418**
Tcs vs T	1	0,2037**	0,0864*	2,6841	13,5890**	0,3334**	9,2078*	21,8100**	10,7510**	11,885**
Hx L	48	0,0120	0,0175	0,8289*	1,1916	0,0360	13,1281**	10,1087**	0,7552**	0,3185*
Resíduo	72	0,0088	0,0160	0,9305	0,9578	0,0334	2,2440	1,1149	0,1955	0,2234
C. V. %		8,9	6,35	17,69	20,70	13,76	3,91	2,93	3,32	13,72
Média geral		1,05	1,99	4,12	4,73	1,33	38,27	36,00	13,31	3,45

***, Respectivamente significativos a 5% e 1%, pelo teste F.

para efeitos de ambientes e híbridos, em todos os caracteres, exceto para efeito de híbridos quanto a ED e o PG, que foram significativos a $P < 0,05$. No desdobramento dos efeitos de híbridos em “top crosses” (tcs) e testemunhas, verificou-se que os tcs não diferiram entre si para ED e foram significativos pelo teste F a $P < 0,01$ para AE, CE.m, CE.c, P100G e PG, e a $P < 0,05$ para AP, A+Q e IE. As testemunhas não diferiram entre si para CE.m, CE.c e A+Q, e diferiram pelo teste F a $P < 0,01$ para AP, ED, IE, P100G e PG, e a $P < 0,05$ para AE. O contraste de tcs vs. testemunhas foi significativo para todos os caracteres, exceto para ED. A interação híbridos por ambientes (H x A) foi significativa a $P < 0,01$ apenas para os caracteres CE.c, CE.m e P100G, e a $P < 0,05$ para PG e ED. A significância das interações H x A para CE.c e CE.m pode ser devido às variações entre as amostras de espigas quanto à umidade dos grãos, pois, apesar dos cuidados na padronização, não se obteve uniformidade da umidade nas amostras de grãos.

Os coeficientes de variação das análises estatísticas apresentaram valores de 2,9% (CE.c) a 20,7% (A+Q), indicando boa precisão experimental. Considerando a média dos três ambientes (Tabela 3), os tcs diferiram para AP e AE, pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, sendo de porte mais alto o IAC

SG 24. Os tcs não diferiram ($p < 0,05$) das testemunhas para AP e AE. A relação AE/AP, que indica o posicionamento relativo da espiga na planta, foi de 0,53 na média dos tcs, sendo menor que a média de 0,57 das testemunhas, indicando que muitos tcs apresentam inserção da espiga na posição mediana da planta. O IAC 12 tem porte alto, semelhante ao IAC 112, e os híbridos que mais contribuíram para redução da AP nos cruzamentos foram: W 115, A 3045, P 608, ME 453, Exp. 62217, A 5501 e A 2201. Para AE, houve maior redução nos cruzamentos com os híbridos W 306, P608 e W 105, que apresentaram menores valores de AE/AP.

O índice de espiga foi alto na maioria dos tcs, não diferindo dos híbridos IAC 112 e Zélia. Em relação ao híbrido experimental IAC SG 24, que teve o maior índice de espiga, os tc W115, tc W 306, tc P 608, tc A 3045, tc A 5501, tc ME 910 e tc A 2201 apresentaram menor IE (Tukey a $p < 0,05$). O tc W 306 apresentou o maior P100G, diferindo das testemunhas pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. Para microondas, há uma preferência para grãos grandes, que produzem maior flor de pipoca. A estimativa de r entre IE e P100G foi de -0,25 (Tabela 3), indicando uma tendência de os híbridos menos prolíficos produzirem grãos maiores.

TABELA 2. Coeficientes de correlação fenotípica (r) entre os caracteres: altura da planta (AP) e da espiga (AE), índice de espigas (IE), porcentagem de plantas acamadas + quebradas (A+Q), peso de 100 grãos (P100G), porcentagem de espigas doentes (ED), peso de grãos (PG) e capacidade de expansão (CE.c e CE.m), de “top crosses” de híbridos americanos com o IAC 12.

	AE	IE	A+Q	P100G	ED	PG	CE.c	CE.m
AP (cm)	0,54**	0,31	0,14	0,35	-0,25	0,68**	-0,18	-0,03
AE (cm)		0,51*	0,32	-0,05	-0,20	0,51*	-0,12	0,03
IE			0,01	0,004	-0,16	0,62**	-0,21	-0,10
A+Q (%+0,5) ^{1/2}				0,15	0,34	-0,06	0,38	0,30
M100G (g)					0,04	0,46	-0,06	-0,07
ED (%+0,5) ^{1/2}						-0,40	0,23	0,13
MG (t.ha ⁻¹)							-0,39	-0,21
CE.c (ml.g ⁻¹)								0,94**

*, ** Significativos a 5% e a 1%, pelo teste t.

TABELA 3. Média dos caracteres avaliados nos “top crosses” resultantes do cruzamento de híbridos americanos com o híbrido simples IAC 12, mais duas testemunhas e um híbrido experimental, nos ensaios de Capão Bonito, Mococa e Campinas – SP, na safra 2000/01.

Híbridos	AP (m)	AE (m)	AE/AP	IE	A+Q (%+0,5) ^{1/2}	P100G Gramas	ED (%+0,5) ^{1/2}	PG t.ha ⁻¹	PG%	CE.c Ml.g ⁻¹	CE.c %	CE.m ml.g ⁻¹	CE.m %
tc W 105	2,05 ab	0,98 b-d	0,48	1,27 b	3,87 ab	13,5 b-f	4,14 a-c	3,470 bc	94	34,6 g-k	92	38,8 b-g	100
tc W 110	2,03 ab	1,06 a-d	0,52	1,40 ab	5,49 ab	13,8 a-d	4,53 ab	3,505 bc	95	35,1 e-k	94	36,0 f-i	93
tc W 115	1,87 b	0,98 b-d	0,52	1,14 b	5,03 ab	12,9 d-h	4,56 ab	2,928 bc	79	35,6 d-i	95	37,4 d-h	97
tc W 205	2,05 ab	1,07 a-d	0,52	1,41 ab	4,33 ab	13,6 b-e	3,82 bc	3,751 bc	102	34,0 i-k	91	36,7 d-h	95
tc W 211	2,01 ab	1,03 a-d	0,51	1,43 ab	4,20 ab	12,5 g-i	3,77 bc	3,329 bc	90	36,0 e-i	96	37,4 d-h	97
tc W 215	1,93 b	1,05 a-d	0,54	1,33 ab	3,51 b	13,0 c-g	4,35 a-c	3,341 bc	91	34,9 f-k	93	37,3 d-h	96
tc W 306	2,02 ab	0,92 d	0,46	1,09 b	4,34 ab	14,7 a	4,19 a-c	3,177 bc	86	35,4 d-j	94	35,7 g-i	92
tc P 608	1,90 b	0,95 cd	0,50	1,24 b	4,01 ab	13,7 b-d	4,08 a-c	3,195 bc	87	32,2 j-k	86	33,0 i	85
tc P 621	2,08 ab	1,15 a-c	0,55	1,37 ab	5,58 ab	13,6 b-e	4,83 ab	3,496 bc	95	33,0 k	88	35,2 hi	91
tc R90135	2,12 ab	1,14 a-c	0,54	1,28 ab	5,14 ab	13,6 b-d	3,49 bc	3,665 bc	99	35,4 d-j	94	39,3 b-f	102
tc HW 115	2,06 ab	1,14 a-c	0,55	1,31 ab	4,29 ab	13,4 b-g	4,16 a-c	3,368 bc	91	36,5 b-h	97	40,0 b-d	103
tc ME 453	1,91 b	1,01 b-d	0,53	1,37 ab	4,50 ab	13,3 b-g	4,86 ab	3,148 bc	85	35,8 d-i	95	38,3 c-h	99
tc HW 236	1,98 ab	1,07 a-d	0,54	1,39 ab	3,77 ab	13,0 c-g	3,47 bc	3,872 b	105	30,3 i	81	32,7 i	84
tc Exp.62217	1,91 b	1,03 a-d	0,54	1,40 ab	4,97 ab	14,3 ab	4,64 ab	3,478 bc	94	36,5 b-h	97	38,7 b-g	100
tc ASX 7	1,95 ab	1,02 b-d	0,52	1,39 ab	4,63 ab	13,5 f-i	3,82 bc	3,272 bc	89	37,5 b-d	100	41,1 bc	106
tc A 3045	1,87 b	1,02 b-d	0,55	1,20 b	4,63 ab	12,6 e-i	3,78 bc	2,805 c	76	37,1 b-f	99	39,2 b-f	101
tc P 615	1,97 ab	1,05 a-d	0,53	1,28 ab	5,13 ab	13,7 b-d	4,22 a-c	3,441 bc	93	38,5 ab	103	41,2 bc	106
tc P 612	2,03 ab	1,09 a-d	0,54	1,49 ab	4,73 ab	13,5 b-e	3,72 bc	3,589 bc	97	34,4 h-k	92	36,5 e-h	94
tc A 5501	1,93 b	1,08 a-d	0,56	1,24 b	4,85 ab	13,6 b-d	3,95 bc	3,271 bc	89	37,2 b-f	99	39,7 b-e	103
tc ME 910	1,95 ab	1,00 b-d	0,51	1,23 b	4,84 ab	12,5 g-i	4,96 ab	2,888 bc	78	38,7 ab	103	41,9 ab	108
tc A 2201	1,91 b	1,03 a-d	0,54	1,27 b	4,81 ab	11,7 i	4,19 a-c	2,944 bc	80	36,8 b-g	98	38,7 b-g	100
tc Exp. 8383	2,01 ab	1,02 b-d	0,51	1,33 ab	4,96 ab	13,9 a-c	4,15 a-c	3,598 bc	98	40,4 a	108	44,7 a	116
IAC 112 (T)	2,08 ab	1,17 ab	0,56	1,35 ab	5,28 ab	13,5 b-e	2,76 c	3,897 b	106	37,3 b-e	99	38,9 b-g	101
ZELIA (T)	1,88 b	1,07 a-s	0,57	1,35 ab	5,74 a	12,8 d-h	5,64 a	3,479 bc	94	37,7 b-d	101	38,5 c-h	99
IACSG24 (Te)	2,22 a	1,22 a-d	0,55	1,67 a	5,61 ab	12,0 hi	2,86 c	5,250 a	142	38,1 a-c	102	40,0 b-d	103
Média geral	1,99	1,05	0,53	1,33	4,73	13,2	4,12	3,446	93	36,0	96	38,3	99
Média tcs	1,98	1,04	0,53	1,31	4,62	13,36	4,17	3,342	91	35,7	95	38,2	99
Média (T)	1,98	1,12	0,57	1,35	5,51	13,2	4,20	3,688	100	37,5	100	38,7	100
CV (%)	6,35	8,9		13,76	20,7	3,49	17,69	13,72		2,9		3,9	
Dms(Tukey 5%)	0,28	0,21		0,40	2,15	1,0	1,60	1,039	28	2,3	6	3,3	8,3

Médias seguidas com letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey, a p < 0,05.
 AP = altura da planta; AE = altura da espiga; IE = índice de espigas por planta; A+Q = porcentagem de plantas acamadas mais quebradas transformadas para (%+0,5)^{1/2}; P100G = peso de 100 grãos a 13% de umidade em gramas; ED = porcentagem de espigas doentes transformadas para (%+0,5)^{1/2}; PG = peso de grãos corrigido a 13% de umidade e estande médio, em t.ha⁻¹ e em % em relação a média das testemunhas; CE.c = capacidade de expansão obtida em pipocador elétrico, em ml.g⁻¹ e em % em relação a média das testemunhas; CE.m = capacidade de expansão obtida em forno microondas, em ml.g⁻¹ e em % em relação a média das testemunhas.

A porcentagem real de espigas doentes foi alta, considerando que a média transformada de 4,1% para ED equivale a 16,5%. Maior sanidade de espiga foi observada nos híbridos IAC 112 e IAC SG 24, que foram obtidos do cruzamento de linhagens temperada x tropical. Menor sanidade de espiga foi observada no híbrido Zélia, que diferiu das outras testemunhas e de alguns tcs. Os tcs de maior sanidade de espiga, diferindo do Zélia (Tukey a $p < 0,05$), foram: tc W 205, tc W 211, tc R90135, tc HW 236, tc ASX 7, tc A 3045, tc P 612 e tc A 5501 (Tabela 3).

Para PG, a maior média foi observada na testemunha experimental IAC SG 24, com 5,25 t.ha⁻¹, diferindo significativamente de todos os híbridos. O segundo mais produtivo foi a testemunha IAC 112, com 3,897 t.ha⁻¹, a qual foi superior apenas ao tc A 3045 (Tukey a $p < 0,05$). Em relação à média das testemunhas comerciais (IAC 112 e Zélia), considerada igual a 100%, apresentaram maiores valores de PG% o IAC SG 24, com 142%, IAC 112, com 106%, tc HW 236, com 105% e tc W 205, com 102% (Tabela 3).

Considerando-se os dois métodos de avaliação da capacidade de expansão da pipoca, o tc Exp. 8383 foi o único a apresentar qualidade superior à das testemunhas comerciais IAC 112 e Zélia, pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, com valores relativos de 108% e 116% em relação à média das testemunhas, respectivamente, para CE.c e CE.m. Outros tcs promissores quanto à CE.c foram o tc ME 910 (38,7 mlg⁻¹), o tc P 615 (38,5 mlg⁻¹) e a testemunha experimental IAC SG 24 (38,1 mlg⁻¹). Para microondas, também foi promissor o tc ME 910 (41,9 mlg⁻¹); destacaram-se ainda: tc P 615 (41,2 mlg⁻¹), tc ASX 7 (41,1 mlg⁻¹), tc HW 115 (40,0 mlg⁻¹), tc R90135 (39,3 mlg⁻¹) e tc A 3045 (39,2 mlg⁻¹), com valores relativos da CE.m maiores que os das testemunhas comerciais, porém sem diferenciar estatisticamente ($p < 0,05$). Em relação aos valores da CE.m

de 40,9 mlg⁻¹ a 45,5 mlg⁻¹, obtidos nos híbridos norte-americanos por Sawazaki *et al.* (2000a), os tcs dos híbridos Exp. 8383, P 615 e ME 910 que apresentaram CE.m maior que 40 mlg⁻¹ podem ser considerados com qualidade equivalentes à dos híbridos norte-americanos (Tabela 3).

A maior média de CE.m em relação a CE.c mostra que o método de microondas avalia melhor o potencial da capacidade de expansão que o pipocador elétrico, para amostras sem óleo, embora tenha um CV um pouco maior. Resultado semelhante foi obtido por Pacheco *et al.* (2001), comparando o efeito de tipos de pipocadores em amostras de grãos sem óleo de quatro cultivares de milho pipoca. Esses autores obtiveram, para pipoqueira elétrica da Oliva, uma média de 29,4 ml g⁻¹ e, para o microondas, utilizando sacos de papel kraft, uma média de 33,2 ml g⁻¹. Esses resultados não concordam com os de Dofing *et al.* (1990), que obtiveram valores da CE em pipocador elétrico (pipocador Cretors, com 1100 W, utilizando amostras de 150 gramas de grãos e mais 50 gramas de óleo de soja parcialmente hidrogenado) maiores que os da CE em microondas (saquinho com 75 gramas de grãos e mais 25 gramas de óleo de soja parcialmente hidrogenado). Isso indica que os pipocadores com aquecimento elétrico ou a gás são menos eficientes que os microondas apenas quando não se utiliza óleo na expansão dos grãos.

A elevada correlação fenotípica ($r = 0,94$ a $p < 0,01$) mostra que os dois métodos de avaliação da capacidade de expansão produziram resultados semelhantes na discriminação dos tcs (Tabela 2). Outros caracteres que se mostraram correlacionados positivamente foram: AP, AE e IE com PG, AP com AE, e AE com IE. A correlação entre IE e PG tem sido observada em outros trabalhos com milho (Lonnquist, 1967 e Souza Jr. *et al.*, 1985) e milho pipoca (Lira, 1983). Evidência de correlação negativa (valores de r médios negativos e não significativos)

foram observadas entre ED com PG e PG com CE.c e CE.m, concordando com resultados encontrados por Lyerly (1942), Lira (1983) e Dofing *et al.* (1991), que encontraram valores negativos para a correlação (r) entre produção e CE.

Os valores estimados para capacidade de combinação (CC), que, de acordo com Vencovsky & Barriga (1992), pode ser interpretada como capacidade específica de combinação de cada híbrido norte americano com o híbrido simples IAC 12 (Tabela 4), mostram que os melhores híbridos em cruzamento com o IAC 12 foram: W 115 e A 3045,

para redução da AP; W 306, para redução de AE; P 612, para aumento de IE; W 215, para redução de A+Q; W 306, para aumento de P100G; HW 236 e R 90135, para redução de ED; HW 236, para aumento de PG; e Exp. 8383, para aumento da CE.c e CE.m (Tabela 4).

O tc Exp. 8383, que teve as maiores estimativas da CC para aumento da CE.c e CE.m, apresentou, para as outras estimativas da CC, aumento de 7,66% e 4,05%, respectivamente, para PG e P100G, redução de AE e ED e aumento de IE, tendo como desvantagem apenas um aumento de 7,38%

TABELA 4. Estimativas da capacidade de combinação(CC) dos “top crosses” (em porcentagem em relação à média dos tcs) resultantes do cruzamento de híbridos americanos com o híbrido simples IAC 12.

“Topcrosses”	AP %	AE %	IE %	A+Q %	P100G %	ED %	PG %	CE.c %	CE.m %
tc W 105	3,54	-5,77	-3,20	-16,22	1,06	-0,65	3,85	-3,14	1,68
tc W 110	2,53	1,92	6,71	18,90	3,30	8,71	4,88	-1,74	-5,66
tc W 115	-5,56	-5,77	-13,10	8,90	-3,44	9,43	-1,40	-0,34	-1,99
tc W 205	3,54	2,88	7,47	-6,26	1,80	-8,33	12,24	-4,82	-3,83
tc W 211	1,52	-0,96	8,99	-9,07	-6,43	-9,53	-0,39	0,78	-1,99
tc W 215	-2,53	0,96	1,37	-24,01	-2,69	4,39	-0,03	-2,30	-2,25
tc W 306	2,02	-11,54	-16,90	-6,04	10,04	0,55	-4,94	-0,90	-6,45
tc P 608	-4,04	-8,65	-5,49	-13,18	2,55	-2,09	-4,40	-9,86	-13,50
tc P 621	5,05	10,60	4,42	20,80	1,80	15,90	4,61	-7,62	-7,76
tc R 90135	7,07	9,62	-2,44	11,30	1,80	-16,25	9,67	-0,90	2,99
tc HW 115	4,04	9,62	-0,15	-7,12	0,31	-0,17	0,78	2,18	4,82
tc ME 453	-3,54	-2,89	4,42	-2,58	-0,44	16,60	-5,80	0,22	0,37
tc HW 236	-0,00	2,88	5,95	-18,38	-2,69	-16,73	15,86	-15,20	-14,30
tc Exp. 62217	-3,54	-0,96	6,71	7,60	7,04	11,40	4,07	2,18	1,42
tc ASX 7	-1,52	-1,92	5,95	0,24	1,06	-8,33	-2,09	4,97	7,71
tc A 3045	-5,56	-1,92	-8,54	0,24	-5,68	-9,29	-16,10	3,86	2,73
tc P 615	-0,51	0,96	-2,44	11,10	2,55	1,27	2,96	7,77	7,97
tc P 612	2,53	4,81	13,57	2,40	1,06	-10,73	7,39	-3,70	-4,35
tc A 5501	2,53	3,85	-5,49	5,00	1,80	-5,21	-2,12	4,14	4,04
tc ME 910	-1,52	-3,85	-6,25	4,78	-6,43	19,00	-13,60	8,33	9,80
tc A 2201	-3,54	-0,96	-3,20	4,14	-12,40	0,55	-11,90	3,02	1,42
tc Exp. 8383	1,52	-1,92	1,37	7,38	4,05	-0,41	7,66	13,09	17,14
Médias**	1,98	1,04	1,31	4,62	13,36	4,17	3,342	35,72	38,16

** AP = altura da planta em metros; AE = altura da espiga em metros; IE = índice de espigas por planta; A+Q = plantas acamadas mais quebradas em $(\%+0,5)^{1/2}$; P100G = peso de 100 grãos em gramas; ED = espigas doentes em $(\%+0,5)^{1/2}$; PG = peso de grãos em t ha⁻¹; CE.c = capacidade de expansão obtida em pipocador elétrico em ml g⁻¹; CE.m = capacidade de expansão obtida em forno microondas em ml g⁻¹.

no acamamento e no quebramento das plantas, indicando ser um genótipo promissor. Outros tcs que se destacaram pelo valor relativo da CE.m maior que a média das testemunhas não foram tão equilibrados quanto às estimativas da CC nos outros caracteres.

Conclusões

Embora os “top crosses” mais produtivos não tenham apresentado qualidade da pipoca superior à das testemunhas comerciais, os híbridos temperados norte-americanos apresentaram potencial genético com base na capacidade de combinação com o híbrido semitropical IAC 12, para obtenção de linhagens.

O W 115 e A 3045 foram fontes satisfatórias para redução da altura da planta; o W 306, para redução da altura da espiga e aumento do tamanho do grão, o P 612, para aumento da prolificidade, o W 215, para maior resistência ao acamamento e quebramento do colmo, o HW 236, para sanidade da espiga e aumento da produtividade e o Exp. 8383, para capacidade de expansão da pipoca.

O tc Exp. 8383 foi o único híbrido que apresentou qualidade da pipoca superior, produtividade e outros caracteres agrônômicos equivalentes à média das testemunhas comerciais, sendo o “top cross” mais promissor.

Os caracteres correlacionados positivamente com a produção de grãos foram: altura da planta (AP) e da espiga (AE) e índice de espigas por planta (IE), indicando que os tcs mais produtivos foram os mais altos e prolíficos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração dos funcionários Dorival Fávoro e Maria de Lourdes Sandrini Ischio, do estagiário Michael Nunes Tenório e à FAPESP o apoio financeiro.

Literatura Citada

ALEXANDER, D.E. Breeding special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. 3.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1988. Cap. 14, p. 869-80.

DAVIS, R.L. **Report of the plant breeder. Puerto Rico: Agricultural Experiment Station**, 1927. p.14-15.

DOFING, S.M.; THOMAS-COMPTON, M.A.; BUCK, J.S. Genotype x popping method interaction for expansion volume in popcorn. **Crop Science**, Madison: v.30, p.62-65, 1990.

DOFING, S.M.; D’CROZ-MAZON, N.; THOMAZ-COMPTON, M.A. Inheritance of expansion volume and Yield in two popcorn x dent-corn crosses. **Crop Science**, Madison, v.31, p.715-718, 1991.

FÁVARO, T. Yoki e BB garantem compra de produção de grãos e mandioca. **O Estado de São Paulo**, 20/02/2002. **Suplemento Agrícola**, 2.415, p. 3.

GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.47, n.270, p.201-218, 2000.

HALLAUER, A.R; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468p.

JUGENHEIMER, R.W. **Corn improvement, seed production, and uses**. New York: J. Wiley, 1976. 670p.

LIRA, M. A. **Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos para produção, capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (*Zea mays* L.)**. 1983.

63f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

LONNQUIST, J. H. Mass selection for prolificacy in maize. **Zuchter**, Berlin, v.37, p.185-188, 1967.

LYERLY, P.J. Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. **Journal American Society of Agronomy**, Madison, v.34, p.986-995, 1942.

MIRANDA, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed.) **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.277-326.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plants traits. **Egyptian Journal Genetics and Cytology**, Alexandria, v.7, p.40-51, 1978.

PACHECO, C. A. P., CASTOLDI, F. L., ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.18, n.2, p.267-270, 1996.

PACHECO, C. A. P.; VIANA, J.M.S.; SAWAZAKI, E. Avaliação de equipamentos utilizados na determinação do índice de capacidade de expansão em programas públicos de melhoramento de milho pipoca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFGO/Embrapa Arroz e Feijão / Agência Rural, 2001. CD ROM.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13: ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 467p.

SAWAZAKI, E; CASTRO, J.L; GALLO, P. B.; IGLESIAS, C.; JUNQUEIRA, M. T. Avaliação de genótipos de milho pipoca em plantio tardio e

antecipado em dois locais do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000, Uberlândia. [Resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS / Embrapa Milho e Sorgo / Universidade Federal de Uberlândia, 2000a. CD ROM.

SAWAZAKI, E; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; CASTRO, J.L; GALLO, P.B.; BORTOLETTO, N.; BOLONHESI, D.; MARTINS, E. Estabilidade da produção e qualidade de grãos de híbridos de milho pipoca no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. [Resumos expandidos] Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Universidade Federal de Uberlândia, 2000b. CD ROM.

SAWAZAKI, E; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; CASTRO, J.L; GALLO, P.B.; GALVÃO, J.C.C.; SAES, L.A. Potencial de linhagens de populações locais de milho pipoca para síntese de híbridos. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.143-151, 2000c.

SOUZA JÚNIOR, C. L.; GERALDI, I. O.; ZINSLY, J. R. Influence of tassel size on the expression of prolificacy in maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v.30, p.321-328, 1985.

STEEL, R.G.D; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

ZONTA, E.P.; MACHADO.A.A.; SILVEIRA JUNIOR, P. **Sistema de análise estatística para microcomputadores**. manual técnico. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1987.