

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (9)

September 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13920201118>

Article link

<http://sea.ufr.edu.br/index.php?journal=SEA&page=article&p=view&path%5B%5D=1118&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES, CrossRef, ICI Journals Master List.



## Desempenho agrônomo de híbridos de populações $F_2$ de milho quanto à adaptabilidade e estabilidade de produção

### Agronomic performance and stability and of grain yield of $F_2$ populations maize hybrids

C. S. Bernini<sup>1</sup> & P. S. Guimarães<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Cáceres

<sup>2</sup> Instituto Agrônomo de Campinas

Author for correspondence: [cristiani.bernini@unemat.br](mailto:cristiani.bernini@unemat.br)

**Resumo.** No Brasil, o milho é cultivado em uma ampla diversidade de ambientes, investimentos e tecnologias, demandando o desenvolvimento de diferentes tipos de híbridos. Os programas de melhoramento visam identificar genótipos com potencial produtivo aliado a uma melhor adaptação e estabilidade dos mesmos. O objetivo deste trabalho foi avaliar 28 híbridos de populações  $F_2$  de milho, obtidos de um dialelo completo, juntamente com as oito populações  $F_2$  genitoras e duas testemunhas comerciais, quanto aos principais caracteres agrônômicos: florescimento masculino (FM), altura de planta e espiga (AP e AE) e massa de grãos (MG) e estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Os experimentos foram desenvolvidos em 2008/2009 e 2009/2010, em três locais do Estado de São Paulo (Campinas, Mococa e Palmital) e o delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Efetuaram-se análises de variância individuais e conjunta, sendo as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott e os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade estimados pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992). Houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para os tratamentos, locais e interação tratamentos por ambientes em todos os caracteres avaliados. A média para MG foi de 7.515 kg ha<sup>-1</sup>, destacando-se o híbrido P4 x P1 com MG de 9.095 kg ha<sup>-1</sup>. A média dos híbridos foi 40,5% maior que a das populações  $F_2$  parentais. Os híbridos de populações  $F_2$  diferem quanto à adaptabilidade e estabilidade para MG, sendo que a maioria dos híbridos (82%) apresenta adaptabilidade geral. Os híbridos P4xP1 e P4xP2 são superiores quanto à MG e são promissores para recomendação em ampla gama de ambientes.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., produtividade de grãos, híbrido intervarietal e dialelo completo.

**Abstract.** In Brazil, corn is grown in a wide variety of environments, investments and technologies, requiring the development of different types of hybrids. Breeding programs aim to identify genotypes with productive potential combined with better adaptation and stability. The objective of this work was to evaluate 28 hybrids of  $F_2$  maize populations, obtained from a complete diallel, together with the eight parent  $F_2$  populations and two commercial witnesses, regarding the main agronomic traits: male flowering (FM), plant height and ear (AP and AE) and grain mass (MG) and estimate the parameters of adaptability and stability. The experiments were developed in 2008/2009 and 2009/2010, in three locations in the State of São Paulo (Campinas, Mococa and Palmital) and the experimental design used was the randomized blocks with three replications. Individual and joint analyzes of variance were performed, the means being grouped by the Scott-Knott test and the parameters of adaptability and stability estimated by the methods of Eberhart and Russell (1966) and Annicchiarico (1992). There was a significant difference ( $P < 0.01$ ) for treatments, locations and interaction between treatments in all evaluated characters. The average for MG was 7,515 kg ha<sup>-1</sup>, highlighting the hybrid P4 x P1 with MG of 9,095 kg ha<sup>-1</sup>. The average of hybrids was 40.5% higher than that of parental  $F_2$  populations. The hybrids of  $F_2$  populations differ in terms of adaptability and stability for MG, with the majority of hybrids (82%) showing general adaptability. The P4xP1 and P4xP2 hybrids are superior to MG and are promising for recommendation in a wide range of environments.

**Keywords:** *Zea mays* L., grain yield, intervarietal hybrid and complete diallel

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies de interesse agrônômico, mais cultivada no mundo e fornece múltiplos produtos com aplicações em diversos setores. No Brasil, o milho é usado para alimentação animal e produção de ampla variedade de alimentos e produtos industriais. Atualmente, o aumento do consumo de proteína animal nos países em desenvolvimento tem contribuído de forma significativa para o crescimento da demanda de milho.

A importância agrônômica do milho avança junto com o melhoramento genético que têm proporcionado à cultura excelentes ganhos em produtividade nos diferentes tipos de híbridos. A escolha do tipo de híbrido vai depender do objetivo a ser alcançado pelo agricultor, sendo fator primordial o nível de tecnologia e investimento adotado. O mercado de sementes no Brasil indica pouca oferta de híbrido intervarietal, demonstrando que o nível de investimento econômico para o agricultor é alto devido ao maior preço solicitado nos híbridos simples e triplos.

Na obtenção de híbridos de populações  $F_2$  são utilizadas as populações  $F_2$  como parentais, que podem ser mantidas em lotes isolados e utilizadas todos os anos para esta finalidade. O híbrido intervarietal resulta do cruzamento de duas variedades ou populações e tem o propósito de explorar o efeito heterótico ao nível interpopulacional. Ainda pode ser utilizado em algumas regiões do Brasil, principalmente pela rusticidade, baixo custo de produção de sementes e ampla adaptação, fatores estes que atendem à agricultura menos tecnificada.

Balestre et al. (2009) avaliaram a estabilidade e adaptabilidade da produtividade de grãos de híbridos intervarietais de milho, em relação a cultivares híbridas comerciais, obtendo elevada produtividade para o melhor híbrido intervarietal BIO 4, cujo desempenho foi melhor que todos os híbridos triplos, duplos e superior a 43% dos híbridos simples utilizados como testemunhas.

Historicamente, Instituições públicas como o Instituto Agrônômico e Universidades Federais e Estaduais vêm atuando no mercado de híbridos convencionais com o fornecimento de híbridos intervarietais de baixo custo da semente híbrida. Os híbridos de populações  $F_2$  representa uma alternativa viável de semente híbrida para agricultores de pequena e média tecnologia, com preços mais acessíveis, assim como a maior adaptabilidade dos mesmos, baixa depressão por endogamia e também na exploração da heterose, uma vez que as populações  $F_2$  ou populações em equilíbrio genotípico são recombinadas, para garantir a manutenção da heterose (Bernini et al., 2013).

Um híbrido proveniente de cruzamento de sintéticos é a primeira geração de um cruzamento que envolve mais de quatro linhagens. Na formação

e avaliação de híbridos de sintéticos, múltiplos e duplos foi exposto por Sprague e Tatum (1942), que comentaram a formação destes tipos de híbridos e confirmou que os híbridos de sintéticos podem ser mais produtivos que os híbridos duplos e variedades de polinização aberta assim como os híbridos múltiplos, tendo como outras vantagens: grande reservatório de combinações gênicas desejáveis, o custo de produção de semente é mais baixo que os híbridos duplos por incrementar os quatro progenitores em separado, e finalmente, sua maior variabilidade genética que lhe permite ter menos riscos ao estabelecer em condições não ótimas de produção. A vulnerabilidade genética é causada por uniformidade do genoma e se define como a suscetibilidade potencial de um cultivo a futuros ataques por estresses biológico ou ambiental, devido a um grande número de biótipos uniformes desde ponto de vista genético, que estão estabelecidos em uma grande área geográfica.

A dinâmica de renovação de híbridos convencionais ocorre em toda safra devido ao desempenho produtivo ser estável em um ano específico, porém desfavorável ao longo de outros anos devido a enorme variação ambiental entre anos e locais. Nas regiões agrícolas, o grau de adaptação dos híbridos comercializados pelas empresas públicas e privadas para estas regiões e anos é motivo de estudos de interação genótipo por ambiente pelos melhoristas de plantas, cuja finalidade é escolher estratégias que possam diminuir o impacto desta interação e na recomendação de híbridos regionais com melhor adaptação (Jensen, 1988). Na recomendação do material genético, deve-se verificar a resposta diferenciada de cada material à variação ambiental, pois os efeitos genéticos e ambientais não são independentes. Com isso, os estudos de adaptabilidade e estabilidade tende a contribuir para o fornecimento de informações sobre o desempenho de cada genótipo em diferentes condições ambientais.

Diferentes metodologias têm sido desenvolvidas para estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Para a obtenção de híbridos superiores, avaliando o seu desempenho agrônômico em diferentes condições agroclimáticas recomenda-se identificar genótipos com bom potencial genético em locais específicos, definidos pelo clima, solo e sistema de produção (Eberhart e Russel, 1966), assim para que a seleção de cultivares tenha a resposta favorável para a maior parte dos locais, também foi proposta a metodologia de Annicchiarini (1992). O método de Eberhart e Russel (1966) estima o coeficiente de regressão e os desvios de variância para cada um dos híbridos de  $F_2$  avaliados nos ambientes, enquanto que o método de Annicchiarini (1992) possui como estatística o índice de confiança ou de recomendação, de tal forma que os maiores valores de índice de confiança são obtidos para aqueles

genótipos que apresentam uma maior média percentual e menor desvio.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivos avaliar híbridos de populações  $F_2$  de milho, oriundos de geração  $F_2$  de híbridos simples comerciais, quanto à produtividade de grãos e estimar parâmetros de adaptabilidade e estabilidade destes híbridos, através dos métodos de Eberhart e Russel (1966) e Annicchiarica (1992).

#### Material e Métodos

As oito populações  $F_2$  de milho, denominadas de P1 a P8, foram obtidas da autofecundação de híbridos simples comerciais e posterior intercruzamento ao acaso da geração  $F_2$ , gerando populações em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Para cada um dos cruzamentos utilizou-se como genitor feminino populações  $F_2$  semeadas em 2 linhas de 10 m de comprimento, sendo que, no florescimento foram coletados pólenes de aproximadamente 100 plantas do genitor masculino que foram misturados e utilizados para realização das polinizações.

Os experimentos de avaliação dos 28 híbridos de populações  $F_2$ , das 8 populações  $F_2$  genitoras e as testemunhas comerciais foram

conduzidas nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010 em Campinas, Mococa e Palmital, perfazendo um total de seis ambientes. As testemunhas empregadas foram as cultivares comerciais IAC 8333 que é um híbrido resultado do cruzamento de dois sintéticos e o híbrido triplo DKB 350. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições, sendo cada parcela constituída por duas linhas de 5m espaçadas de 0,85m em Campinas e Mococa e de 0,80m em Palmital, com um total de 50 plantas.

Na tabela 1, estão contidas informações sobre geografia e clima dos municípios onde os experimentos foram realizados. Em Campinas, o clima é classificado como Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Em Mococa, é classificado como Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. Enquanto que Palmital, é classificado como Am, que caracteriza o clima tropical chuvoso, com inverno seco onde o mês menos chuvoso tem precipitação inferior a 60 mm. O mês mais frio apresentou temperatura média superior a 18°C (Ciiagro, 2013).

**Tabela 1.** Localização geográfica, classificação climática, altitude e dados dos parâmetros climáticos temperatura e precipitação pluvial dos municípios de Campinas, Mococa e Palmital, Estado de São Paulo.

Município	Localização		Cl. Clim. Koeppen <sup>(1)</sup>	Alt. <sup>(2)</sup>	Temperatura média do ar			Precipitação Pluvial		
	Lat.	Long.			Ano	Mín.	Máx.	Ano	Mín.	Máx.
				m	°C			mm		
Campinas	22°31'	47°2'	Cwa	680	21,4	18	24	1372	30,6	243,3
Mococa	21°16'	47°0'	Aw	620	23,1	20	25	1560	21,5	273,7
Palmital	22°28'	50°7'	Am	459	22,9	19	26	1366	41,6	196,7

<sup>(1)</sup>: Classificação climática de Koeppen; <sup>(2)</sup>: Altitude.

Fonte: Ciiagro – Clima dos Municípios Paulistas

Foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos: dias para o florescimento masculino (FM), evidenciando quando 50% das plantas da parcela estiverem liberando pólen; altura de planta (AP), medida tomada do nível do solo até a inserção da última folha (cm); altura de espiga (AE), medida tomada do nível do solo até a inserção da espiga principal (cm); e massa de grãos (MG), obtida considerando a massa (kg) dos grãos resultantes da debulha do total de espigas. A massa de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foi corrigida para 14% de umidade e estande ideal de 50 plantas empregando-se o método da covariância (Vencovsky e Barriga1992).

Análises de variância individuais e conjuntas foram devidamente efetuadas, considerando-se os tratamentos fixos e os ambientes aleatórios. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para análise conjunta, considerou-se a homogeneidade das variâncias através dos quadrados médios (QM's) dos resíduos.

A partir dos resultados médios, estimaram-se parâmetros de adaptabilidade e a estabilidade.

No método de Eberhart e Russel (1966), os parâmetros que expressam a estabilidade e adaptabilidade são a média, a resposta linear à variação ambiental e o desvio da regressão para cada genótipo, foram obtidos a partir do seguinte modelo:  $Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{li}I_j + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$ . Em que:  $\beta_{oi}$ : média geral do genótipo i (i = 1,2,...,g);  $\beta_{li}$ : resposta linear do genótipo i à variação ambiental;  $I_j$ : índice ambiental (j= 1,2,...,a); sendo:  $I_j = Y_{.j} - Y_{..}$ ;  $\delta_{ij}$ : desvio da regressão; e  $\bar{\epsilon}_{ij}$ : erro experimental médio.

A análise baseada no modelo de Annicchiarica (1992) dá-se, inicialmente, com a transformação das médias de cada genótipo em cada ambiente ( $\bar{Y}_{ij}$ ), sendo o desvio-padrão ( $\sigma_i$ ) e

a média ( $\bar{Y}_i$ ) das porcentagens de cada genótipo. A partir destas estimativas, estimou-se o índice de confiança ( $\omega_i$ ) por meio do seguinte modelo:

$\omega_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} \cdot (\hat{\sigma}_i)$ . Em que:  $\omega_i$ : índice de confiança (%);  $\bar{Y}_i$ : média geral do genótipo i em porcentagem;  $Z_{(1-\alpha)}$ : percentil (1 -  $\alpha$ ) da função de distribuição normal acumulada;  $\alpha$ : nível de significância;  $\hat{\sigma}_i$ : desvio padrão dos valores percentuais. As análises foram efetuadas empregando-se o programa Genes (Cruz, 2013).

### Resultados e discussão

Na análise conjunta de dois anos 2008/09 e 2009/10 (Tabela 2), verificou-se que não houve efeito da interação tratamentos x locais para todos os caracteres estudados, evidenciando o comportamento semelhante dos tratamentos nos locais de estudo. O efeito de anos foi mais pronunciado e significativo para todos os caracteres. No entanto, para maior representatividade na discussão dos resultados, serão consideradas as médias dos três locais e dois anos, totalizando seis ambientes. Os coeficientes de variação experimental (CV%) obtidos para todos os caracteres correspondem à precisão experimental em nível satisfatório para a cultura do milho.

A produtividade média geral observada foi de 7.515 kg ha<sup>-1</sup>, com destaque para o híbrido de F<sub>2</sub> (P4 x P1) que obteve maior MG de 9.095 kg ha<sup>-1</sup> e não diferiu estatisticamente da testemunha comercial

(DKB 350), enquanto que os híbridos P5 x P2, P4 x P2, P5 x P3, P5 x P1, P5 x P4 e P2 x P1 ficaram no mesmo grupo da testemunha IAC8333. Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Souza Sobrinho et al. (2002), que constataram que alguns híbridos duplos de F<sub>2</sub> avaliados foram tão produtivos quanto os melhores híbridos simples recomendados para a região sul de Minas Gerais.

Os híbridos de populações F<sub>2</sub> apresentaram para MG superior a dos parentais em 2.297 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, a média dos híbridos foi 40,5% maior que a dos parentais, demonstrando existência de heterose em cruzamentos envolvendo populações F<sub>2</sub> de milho. Ressalta-se a expressividade dos valores de heterose encontradas nos cruzamentos entre estas populações em comparação com valores encontradas por outros autores como Paterniani (1980) e Silva e Miranda Filho (2003) que encontraram valores inferiores em cruzamentos envolvendo populações de milho. Bernini et al. (2013) encontraram valores de heterose média de 64,7% para cruzamento P12 x P10 envolvendo populações de híbridos comerciais e com produtividade compatível a testemunhas comerciais. Pacheco et al. (2010) constataram que alguns híbridos de F<sub>2</sub> avaliados, obtiveram elevadas produtividades de 8.129 e 8.047 kg ha<sup>-1</sup> para o HDS (3x5)F<sub>2</sub> e HDS(5xBRS2020M)F<sub>2</sub>, respectivamente e não diferenciaram estatisticamente do HDS (1xBRS2020F) F<sub>1</sub> mostrando grande potencial genético destes em função da expressão de heterose da geração F<sub>2</sub> em cruzamentos específicos.

**Tabela 2** – Análise de variância conjunta de florescimento masculino (FM), altura de espiga (AE) e produtividade de grãos (PG) de 28 híbridos de populações F<sub>2</sub> de milho, dos 8 parentais e mais duas testemunhas comerciais. Campinas, Mococa e Palmital em 2008/09 e 2009/10.

FV	GL	Quadrados Médios			
		FM	AP	AE	MG <sup>(2)</sup>
		d.a.s. <sup>(1)</sup>	cm		kg ha <sup>-1</sup>
(B/L)/A	12	9,93	574,13	340,56	2034269,28
Trat. (T)	37	42,03**	1941,80**	1247,78**	21393062,60**
Anos (A)	1	15177,32**	53671,76**	3813,19**	451322,95 <sup>ns</sup>
Locais (L)	2	2100,32 <sup>ns</sup>	18637,86 <sup>ns</sup>	13437,12 <sup>ns</sup>	94822046,12 <sup>ns</sup>
T x A	37	6,68**	331,75**	170,09*	1129265,27**
T x L	74	3,62 <sup>ns</sup>	174,91 <sup>ns</sup>	105,37 <sup>ns</sup>	805180,75 <sup>ns</sup>
A x L	2	1161,28**	107720,36**	56615,55**	64763455,44**
T x A x L	74	2,66 <sup>ns</sup>	142,74 <sup>ns</sup>	124,74 <sup>ns</sup>	667962,87**
Resíduo	444	1,63	155,63	105,44	429584,37
Média		62	203	109	7.515
CV(%)		2,05	6,16	9,38	8,72

<sup>ns</sup>, \* e \*\*: não significativo, significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

<sup>(1)</sup>: d.a.s.= dias após semeadura

<sup>(2)</sup>: corrigido para 14% de umidade e estande ideal pelo método da covariância.

Dentre os híbridos mais produtivos, agrupados como "a" ou "b", apenas o P5 x P3 apresentou altura de planta semelhante ao híbrido triplo DKB 350, de menor valor, agrupados como "c" pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ), evidenciando tendência de híbridos mais produtivos apresentarem maior porte (Tabela 3). Essa tendência ocorre devido a correlações positivas altas entre MG e os caracteres AP e AE. Há de se considerar, no entanto, que em geral os híbridos apresentaram porte baixo, com altura média de plantas e de espigas de 204 cm e 111 cm, respectivamente. A maior média de AE foi observada para o híbrido P5 x P3 (128 cm) e a menor para o híbrido P8 x P3 (98 cm).

Nos dois anos agrícolas, foi observada que na média de florescimento masculino houve existência de variabilidade entre os tratamentos. Foram observadas médias variando de 66 d.a.s. nos parentais P4 e P5 a 60 d.a.s. nos híbridos P6 x P2, P6 x P3, P7 x P6 e P8 x P6. Estes híbridos destacaram-se como mais precoces na média de dois anos e que estatisticamente foram reunidos em um grupo diferente dos demais, inclusive das testemunhas comerciais.

Analisando-se o desempenho das populações  $F_2$ , observa-se que todas apresentaram adaptabilidade geral ( $\hat{\beta}_i = 1$ ), e somente as populações P1 e P2 (25%) não apresentaram estabilidade da produção de grãos, apresentando variâncias dos desvios da regressão significativas ( $\sigma^2_{di} \neq 0$ ) (Tabela 4). As populações heterogêneas tendem ser mais tolerantes frente às adversidades ambientais do que populações homogêneas.

Os híbridos P3 x P1 e P5 x P1 apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente maiores que a unidade ( $\hat{\beta}_i > 1$ ), evidenciando adaptabilidade a ambientes favoráveis. Vinte e três híbridos de populações  $F_2$  (82%) apresentaram adaptabilidade geral ou ampla, sendo que, destes, 21 com produtividade de grãos superior à média geral (Tabela 4).

Os híbridos P4 x P1, P4 x P2 e P5 x P4 destacaram-se como promissores para futuras recomendações por apresentarem médias elevadas (agrupados como "a" e "b" pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade), adaptabilidade geral, ou seja, coeficiente de regressão estatisticamente semelhante à unidade ( $\hat{\beta}_i = 1$ ) e alta estabilidade de comportamento, determinada pelos desvios da regressão não significativos ( $\sigma^2_{di} = 0$ ).

Três híbridos de populações  $F_2$ , P7 x P4, P8 x P5 e P7 x P6, apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente menores que a unidade ( $\hat{\beta}_i < 1$ ), o que, de acordo com o método de

Eberhart e Russell (1966), representa adaptabilidade a ambientes desfavoráveis (Tabela 3). Entretanto, apesar da estabilidade ( $\sigma^2_{di} \neq 0$ ), tais híbridos de  $F_2$  possuem média de produtividade de grãos relativamente baixa, com valores próximos da média geral (7.515 kg ha<sup>-1</sup>).

Mediante situação semelhante Schmidt e Cruz (2006), concluíram que a adaptabilidade, segundo esta metodologia, independe da magnitude da média da produção. Devido às dificuldades de interpretação dos resultados dessa análise pelo elevado número de parâmetros, esta metodologia não se torna muito apropriada para indicação de materiais genéticos. Para Schmidt e Cruz (2006) o método de Annicchiarico (1992) indica as cultivares com base na adaptabilidade e estabilidade usando apenas um parâmetro, é mais confiável que o de Eberhart e Russell (1966).

Analisando-se as estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992) apresentado na Tabela 4, observa-se que somente os híbridos de  $F_2$  P4 x P1, P4 x P2 e P5 x P2 e a testemunha comercial DKB 350 apresentaram índice de confiança ( $\omega_i$ ) acima de 110, ou seja, índice por meio do qual é possível concluir que com 75% de probabilidade a produtividade destes híbridos será pelo menos 10% superior à média dos ambientes.

Novamente, dentre os híbridos de  $F_2$ , destacou-se o híbrido P4 x P1 com os maiores índices de confiança nas três condições de ambiente: geral, favorável e desfavorável, sendo que neste último, o valor de  $\omega_{ifav}$  foi de 125,7, o que permite concluir que com 75% de probabilidade sua produtividade será 25,7% acima da média dos ambientes considerados como desfavoráveis.

Os híbridos P5 x P1 e P5 x P3 apresentaram  $\omega_i$  acima de 110 nas condições de ambiente geral e ambiente favorável, entretanto para ambiente desfavorável este índice ficou abaixo deste valor, evidenciando que estes híbridos são adaptados a ambientes favoráveis, mas podem decepcionar em ambiente desfavorável. Desses, apenas o P5 x P1 destacou-se quanto à média geral da MG em todos os ambientes, mas agora seu posicionamento foi de maneira menos ampla nos ambientes.

Foram considerados ambientes desfavoráveis os municípios de Palmital (safra 2008/09 e 2009/10) e de Campinas (safra 2009/10). Dentre os fatores que contribuíram negativamente para a menor produtividade em Palmital na safra 2008/09 ressalta-se a ocorrência de déficit hídrico durante o mês de dezembro de 2008, que coincidiu com a fase de pré-florescimento da cultura, associado à menor altitude deste município em relação aos demais.

**Tabela 3** – Médias de florescimento masculino (FM), altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), peso de grãos (PG) de 28 híbridos de populações  $F_2$  de milho, dos 8 parentais e mais duas testemunhas comerciais, em Campinas, Mococa e Palmital, em 2008/09 e 2009/10.

Híbridos/ Populações $F_2$	FM <sup>(1)</sup>	AP	AE	PG <sup>(2)</sup>
	d.a.s.	cm	Cm	Kg ha <sup>-1</sup>
P2 x P1	63 d	223 a	126 a	8.284 b
P3 x P1	62 e	212 b	115 b	7.985 c
P4 x P1	63 d	218 a	120 b	9.095 a
P5 x P1	64 c	223 a	127 a	8.496 b
P6 x P1	61 f	210 b	108 c	8.110 c
P7 x P1	62 e	211 b	117 b	7.854 c
P8 x P1	63 d	207 b	102 d	7.811 c
P3 x P2	61 f	203 c	111 c	7.682 d
P4 x P2	64 c	223 a	124 a	8.640 b
P5 x P2	63 d	220 a	128 a	8.669 b
P6 x P2	60 g	200 c	108 c	7.629 d
P7 x P2	62 e	198 c	110 c	8.010 c
P8 x P2	62 e	199 c	107 c	7.605 d
P4 x P3	63 d	204 c	109 c	8.065 c
P5 x P3	63 d	202 c	113 b	8.564 b
P6 x P3	60 g	197 c	99 d	7.872 c
P7 x P3	62 e	191 d	101 d	7.898 c
P8 x P3	61 f	192 d	98 d	7.626 d
P5 x P4	64 c	208 b	118 b	8.293 b
P6 x P4	62 e	200 c	106 c	7.941 c
P7 x P4	62 e	200 c	111 c	8.040 c
P8 x P4	62 e	202 c	108 c	6.771 f
P6 x P5	61 f	198 c	106 c	7.692 d
P7 x P5	62 e	196 c	110 c	7.989 c
P8 x P5	63 d	193 d	107 c	7.473 d
P7 x P6	60 g	199 c	105 c	7.604 d
P8 x P6	60 g	201 c	103 d	7.498 d
P8 x P7	61 f	191 d	106 c	7.732 d
Média dos híbridos	62	204	111	7.962
P1	65 b	200 c	102 d	4.937 h
P2	64 c	192 d	110 c	5.601 g
P3	62 e	195 d	102 d	6.942 e
P4	66 a	205 c	116 b	5.890 g
P5	66 a	209 b	117 b	5.501 g
P6	61 f	184 d	94 d	5.230 h
P7	62 e	184 d	101 d	5.764 g
P8	63 d	189 d	97 d	5.458 g
Média dos parentais	64	195	105	5.665
DKB 350	61 f	203 c	108 c	8.929 a
IAC 8333	61 f	216 a	113 b	8.398 b
Média	62	203	109	7.515
CV %	2,05	6,16	9,38	8,72

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ( $P < 0,05$ ).

<sup>(1)</sup>: dias após semeadura. <sup>(2)</sup>: dados corrigidos para 14% umidade e estande ideal.

A limitação na disponibilidade de água no solo durante o período de pré-florescimento afeta o desenvolvimento das estruturas vegetativas das plantas, reduzindo a capacidade de produção de fitomassa pela cultura. Denmead e Shaw (1960) revelaram que a ocorrência de déficit hídrico se reflete em decréscimo de produção de milho em 25% antes da emissão dos estigmas e 50% na fase de florescimento e, portanto, talvez isso explique a menor produção observada em Palmital.

Quanto ao fator altitude, a análise dos dados de Ensaios Nacionais de Cultivares de Milho na safra 2000/2001 em diversos locais das regiões centro e sul do Brasil, mostram menores

produtividades de grãos de milho em baixas altitudes (<700 m) em relação a altas altitudes, apresentando maiores diferenças na região Sul para todos os grupos de maturidade de milho. O município de Campinas, embora seja o de maior altitude (680 m) entre os avaliados, apresentou queda na média de produtividade em relação à safra 2008/09, cujo motivo pode ser em decorrência das chuvas excessivas ocorridas após o plantio e durante a fase de florescimento. Os três municípios – Campinas, Mococa e Palmital – são de altitude inferior a 700 m acima do nível do mar. Dessa forma, ressalta-se a produtividade média de 7.514 kg ha<sup>-1</sup> obtida nos seis ensaios, evidencia o bom

potencial produtivo e adaptabilidade dos híbridos de F<sub>2</sub> nestas condições.

Comparando-se as metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992), verifica-se que ambas apontam os híbridos P4 x P1 e P4 x P2 como sendo os mais produtivos e de

adaptabilidade geral. Esses híbridos são considerados promissores para uma ampla gama de ambientes, quando se adota o critério de indicar apenas os híbridos que possuam produtividade desejada superior à média do ambiente em no mínimo 10% pelo método de Annicchiarico (1992).

**Tabela 4.** Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidos pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e Annicchiarico (1992), para peso de grãos (PG), de 28 híbridos de populações F<sub>2</sub> de milho, dos oito parentais e mais duas testemunhas comerciais, avaliados em Campinas, Mococa e Palmital (SP), em 2008/09 e 2009/10.

Híbridos/ populações F <sub>2</sub>	PG média	Eberhart e Russell (1966)			Annicchiarico (1992)		
		$\hat{\beta}_i$	$\sigma^2_{di}$	R <sup>2</sup>	$\omega_{ig}$	$\omega_{ifav}$	$\omega_{idesf}$
	kg ha <sup>-1</sup>			%	%		
P2 x P1	8.284 b	1,37 ns	254516,09 +	77	107,9	112,4	104,0
P3 x P1	7.985 c	1,47 *	205342,72 +	81	103,5	103,8	102,8
P4 x P1	9.095 a	0,67 ns	67543,96 ns	60	119,4	115,3	125,7
P5 x P1	8.496 b	1,46 *	369,91 ns	91	111,3	115,2	108,4
P6 x P1	8.110 c	0,89 ns	102739,65 ns	69	106,4	104,1	108,6
P7 x P1	7.854 c	1,19 ns	-10784,37 ns	88	103,2	104,8	101,5
P8 x P1	7.811 c	0,99 ns	-33351,48 ns	86	102,9	102,3	103,3
P3 x P2	7.682 d	1,15 ns	330879,55 +	66	99,9	97,2	102,3
P4 x P2	8.640 b	1,09 ns	-54173,59 ns	90	114,0	113,0	115,1
P5 x P2	8.669 b	0,93 ns	275756,34 +	59	113,3	112,9	113,3
P6 x P2	7.629 d	1,18 ns	140062,22 ns	78	99,7	98,3	101,1
P7 x P2	8.010 c	0,70 ns	282913,65 +	45	104,4	105,7	103,1
P8 x P2	7.605 d	1,12 ns	227290,79 +	70	99,1	103,5	95,2
P4 x P3	8.065 c	0,83 ns	-49671,71 ns	84	106,4	103,7	109,4
P5 x P3	8.564 b	1,34 ns	459625,13 ++	68	111,3	114,7	107,8
P6 x P3	7.872 c	0,84 ns	517913,43 ++	43	102,3	96,3	109,6
P7 x P3	7.898 c	1,08 ns	248103,50 +	68	103,0	104,7	101,1
P8 x P3	7.626 d	0,71 ns	147567,92 ns	55	99,9	97,6	101,9
P5 x P4	8.293 b	1,25 ns	130727,27 ns	80	108,5	111,6	105,6
P6 x P4	7.941 c	1,00 ns	212422,94 +	67	103,7	101,8	105,5
P7 x P4	8.040 c	0,54 *	-103459,69 ns	84	105,7	103,2	108,6
P8 x P4	6.771 f	0,78 ns	151966,21 ns	59	88,5	88,3	88,8
P6 x P5	7.692 d	0,97 ns	249066,48 +	63	100,3	100,7	99,7
P7 x P5	7.989 c	0,89 ns	-125534,40 ns	97	105,8	105,2	106,4
P8 x P5	7.473 d	0,51 *	-2623,22 ns	56	98,1	95,3	100,9
P7 x P6	7.604 d	0,50 *	-23627,95 ns	60	99,6	98,3	101,8
P8 x P6	7.498 d	1,21 ns	95347,01 ns	81	97,8	100,4	95,3
P8 x P7	7.732 d	0,94 ns	-29784,41 ns	84	101,9	101,4	102,1
P1	4.937 h	0,94 ns	239975,66 +	62	63,2	67,1	59,6
P2	5.601 g	0,95 ns	284948,73 +	60	71,8	73,0	71,4
P3	6.942 e	0,87 ns	-3936,54 ns	79	91,2	90,8	91,4
P4	5.890 g	1,04 ns	76989,84 ns	77	76,4	79,2	73,7
P5	5.501 g	1,27 ns	178175,36 ns	78	70,1	74,8	65,6
P6	5.230 h	1,41 ns	-86813,92 ns	96	66,8	74,0	61,5
P7	5.764 g	1,00 ns	1891,58 ns	83	75,0	77,3	73,2
P8	5.458 g	1,41 ns	193543,82 ns	81	69,1	74,1	64,5
DKB 350	8.929 a	0,48 *	115247,79 ns	39	116,8	110,4	126,2
IAC 8333	8.398 b	1,04 ns	534868,55 ++	53	109,1	112,2	105,8

\* difere significativamente de 1 pelo teste t a 5%; + e ++: significativos pelo teste F a 5% e 1%; ns: não significativo; médias seguidas pelas mesmas letras pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Scott-Knott (p<0,05); P1: F<sub>2</sub>AG8060; P2: F<sub>2</sub>Fort; P3: F<sub>2</sub>DAS2B710; P4: F<sub>2</sub>30F87; P5: F<sub>2</sub>A2555; P6: F<sub>2</sub>AS1548; P7: F<sub>2</sub>30K75; P8: F<sub>2</sub>DKB330;  $\omega_{ig}$ ,  $\omega_{ifav}$ , e  $\omega_{idesf}$ : índice de confiança para ambiente geral, favorável e desfavorável, respectivamente.

## Conclusões

Os híbridos de populações  $F_2$  apresentaram comportamentos diferentes quanto à estabilidade e adaptabilidade nos seis ambientes estudados para produtividade de grãos. Os híbridos de  $F_2$  com maiores produtividades foram P4 x P1, P4 x P2 e P5 x P2. Baseados na metodologia de Eberhart e Russell (1966), considerando a produtividade, adaptabilidade e estabilidade o melhor híbrido a ser recomendado ao agricultor é P4 x P2.

A metodologia de Annicchiarico (1992) identifica os híbridos de  $F_2$  P4 x P1, P4 x P2 e P5 x P2 como os mais desejáveis para o agricultor, considerando sua estabilidade e produtividade. Contudo os dois métodos tenham selecionado o P4 x P1 e P4 x P2 como boa produtividade, adaptabilidade e estabilidade, recomenda-se utilizar ambos os métodos de Eberhart e Russell e Annicchiarico de forma complementar.

## Referências

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptations and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics e Breeding*, Rome, v.46, n.1, p.269-278, 1992.

BALESTRE, M.; SOUZA, J.C.; VON PINHO, R.G.; OLIVEIRA, R.L.; PAES, J.M.V. Yield stability and adaptability of maize hybrid based on GGE biplot analysis characteristics. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v.9, p. 219-228, 2009.

BECKER, H.C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, Berlin, v.101, n.1, p.1-23, 1988.

BERNINI, C.S. Avaliação agrônômica e heterose de híbridos de populações  $F_2$  de milho, visando nova alternativa para o estado de São Paulo. 2011. 84f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Pós-Graduação – IAC, Campinas.

BORÉM, A (1999). Melhoramento de plantas Cultivadas. Viçosa: UFV. 817p.

CIAGRO (CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEORÓLOGICAS). 2013. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/MenuBH.htm>>. Acesso em: 13 out. 2013.

COSTA, J.G. da; MARINHO, J.T.S.; PEREIRA, R.C.A.; LEDO, F.J.S.; MORAES, R.N.S. Adaptabilidade e estabilidade da produção de cultivares de milho recomendadas para o Estado do Acre. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.23, n.1, p.7-11, 1999.

CRUZ C.D. Programa Genes: A software package for analysis in experimental statistics and

quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, Maringá, v.35, n.3 p.271-276, 2013.

DENMEAD, O.T.; SHAW, R.H. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Journal Agronomic*, v.52, n.5, p.272-274, 1960.

DONÁ, S. Desempenho e heterose de híbridos de populações  $F_2$  de milho. 2010. 78f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Pós-Graduação – IAC, Campinas. EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

JENSEN, N.F. *Plant breeding methodology*. John Wiley e Sons. 676 p. 1988.

PACHECO, C.A.P.; SILVA, A.R.; CASELA, C.R.; CARVALHO, H.W.L.; VASCONCELLOS, J.H.; TABOSA, J.N.; GUIMARÃES, L.J.M.; LIRA, M.A.; CARDOSO, M.J.; GUIMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N.; MEIRELLES, P.E.O. Desenvolvimento de híbridos não convencionais de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE LAGARTA DO CARTUCHO, 4, 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade: trabalhos e palestras. [Goiânia]: ABMS, 2010. 1 CD-ROOM.

PATERNIANI, E. Heterosis in intervarietal crosses of maize (*Zea mays* L.) and their advanced generations. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, SP, v.3, p. 235-249, 1980.

RAMALHO, A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. O. de. Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

RAPOSO, F. V. Seleção Recorrente Recíproca em Populações Derivadas de Híbridos Simples de Milho. Lavras, 2002. 106p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras - UFLA.

ROSINHA, R.O. Estratégias competitivas e reestruturação da indústria de sementes no Brasil: a análise do segmento do milho. 2000. 143p. dissertação (Mestrado em Mercadologia e Administração Estratégica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SCHMILDT, E. R.; CRUZ, C. D. Análise da adaptabilidade e estabilidade do milho pelos métodos de Eberhart e Russell (1966) e de

Annicchiarico (1992). Revista Ceres, Viçosa, v. 52, n. 299, p. 45-58, 2005.

SILVA, R.M.; MIRANDA FILHO, J.B. Heterosis expression in crosses between maize populations: ear yield. Scientia agrícola, Piracicaba, SP, v.60, p. 519-524, 2003.

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, jan/abr. 2002.

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

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2010. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?idReportRetrievalName=BVSehidReportRetrievalID=884ehidReportRetrievalTemplateID=1>. Acesso em: 8 mar. 2010.

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