

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E BROMATOLÓGICOS DA SILAGEM

ELIZA GRALAK¹, MARCOS VENTURA FARIA², OMAR POSSATO JÚNIOR²,
EVANDREI SANTOS ROSSI², CARLOS AUGUSTO DA SILVA², DIEGO ARY RIZZARDI²,
MARCELO CRUZ MENDES² e MIKAEL NEUMANN²

¹UFPR, Curitiba, PR, Brasil, elizagralak@yahoo.com.br

²Unicentro, Guarapuava, PR, Brasil, mfaria@unicentro.br, mcmendes@unicentro.br, omar.pj@hotmail.com,
evandreiscorpium@hotmail.com, diegoragro@hotmail.com, gutoaugusto2@hotmail.com, mikael@unicentro.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.2, p. 187-200, 2014

RESUMO - Na cultura do milho, a utilização de delineamentos dialélicos para seleção de genótipos é muito difundida devido à facilidade de cruzamentos para obtenção dos híbridos. Foram avaliadas as capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação de sete híbridos comerciais de milho em dialelo completo (genitores, cruzamentos F_1 e recíprocos), em dois locais do Centro-Sul paranaense (Guarapuava e Cândói), quanto às características agronômicas e bromatológicas da silagem. Foram verificados efeitos significativos da CGC para todos os caracteres agronômicos, exceto para rendimento de grãos em Cândói. Houve efeito significativo da CEC para altura de planta e rendimento de grãos. Houve efeito significativo da CGC para fibra em detergente neutro (FDN) e não houve efeito significativo da CEC para as características bromatológicas da silagem. Os híbridos P30P34 e GNZ2004 apresentaram estimativas favoráveis da CGC para rendimento de grãos e o cruzamento entre eles teve CEC também positiva em Guarapuava. Houve predomínio dos efeitos aditivos dos genes que controlam o teor de fibra em detergente neutro (FDN) e os híbridos GNZ2004 e DKB234 se mostraram promissores para a formação de populações base visando à redução dos teores de FDN. Não foi verificado efeito recíproco significativo nas características avaliadas.

Palavras-chave: dialelo; fibra em detergente neutro; melhoramento genético; *Zea mays*.

COMBINING ABILITY OF MAIZE HIBRIDS FOR AGRONOMIC AND BROMATOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SILAGE

ABSTRACT - The use of diallel designs for selecting maize genotypes is widespread because of its ease of crossing to obtain hybrids. General and specific combining ability of seven commercial hybrids were evaluated in a complete diallel (parents, F_1 and reciprocal crosses), at two locations in the Center-South Paraná (Guarapuava and Cândói) for agronomic and nutritive value of silage characteristics. Significant effects were observed in the general combining ability (GCA) for all agronomic traits except for grain yield in Cândói. The effects of specific combining ability (SCA) were significant for plant height and grain yield. There was a significant GCA for neutral detergent fiber (NDF) and there was no significant effect of SCA for bromatological characteristics of the silage. Hybrids P30P34 and GNZ2004 presented favorable estimates of GCA for grain yield and crossing between them also presented positive SCA in Guarapuava. There was a predominance of additive effects of genes controlling the content of neutral detergent fiber (NDF) and the hybrids GNZ2004 and DKB234 showed appropriate for the formation of base populations in order to reduce the NDF. No significant effect was observed in reciprocal characteristics.

Key words: diallel; neutral detergent fiber; plant breeding; *Zea mays*.

A planta de milho é considerada um padrão de forrageira para a produção de silagem, em virtude da alta produção de matéria seca, do elevado valor nutricional (Alvarez et al., 2006; Deminicis et al., 2009; Salazar et al., 2010), da excelente qualidade de fermentação no silo (Neumann et al., 2007) e da aceitabilidade pelos animais, características que podem ser observadas no aumento do desempenho animal (Rosa et al., 2004) nos diversos níveis tecnológicos adotados nos sistemas agropecuários. Segundo Neumann et al. (2009), grande parte dos ganhos em produção de leite e carne na região Sul do Brasil se dá em decorrência da utilização de silagem de milho.

A obtenção de novos híbridos com melhores características bromatológicas é importante (Pinto et al., 2010), já que o alimento com melhor digestibilidade proporcionará maior fornecimento de nutrientes aos animais, resultando em maior conversão alimentar e, conseqüentemente, maior lucratividade do sistema (Demicis et al., 2009).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) é determinado pela digestão da silagem em solução que solubiliza o conteúdo celular, que é constituído basicamente por celulose, hemicelulose e lignina. O teor de fibra em detergente ácido (FDA) indica a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen. A digestibilidade da parede celular é um dos principais limitadores do desempenho de animais ruminantes em países tropicais (Zeoula et al., 2003). É fundamental a seleção de forrageiras que possuam menores teores de FDN e FDA e maior digestibilidade para melhorar a eficiência de sistemas de produção com altos níveis de inclusão de forragens na dieta (Salazar et al., 2010). Há uma ampla disponibilidade de híbridos de milho no mercado

com características distintas e adaptação a diversas condições edáficas, climáticas e de manejo (Mittelmann et al., 2005). Esses genótipos podem ser reciclados em programas de melhoramento, na formação de populações para extração de linhagens para melhoramento intra ou interpopulacional, visando à produção de grãos (Oliboni et al., 2013) ou à produção de silagem (Chaves et al., 2008), minimizando o tempo para a obtenção de novos híbridos.

Sob o enfoque na produção de grãos, os ganhos com o melhoramento genético do milho têm sido consideráveis, resultando em híbridos de alto rendimento produtivo. Entretanto, no Brasil, são raros os programas de melhoramento do milho com finalidade específica de seleção de genótipos e obtenção de cultivares com características favoráveis para produção de silagem. Dessa forma, a utilização de informações obtidas de genótipos avaliados em cruzamentos dialélicos pode contribuir significativamente para esse propósito (Gralak, 2011).

Os cruzamentos dialélicos são muito utilizados, pois permitem a escolha dos genitores promissores com base nos conceitos de capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e heterose. Na cultura do milho, a utilização de delineamentos dialélicos para seleção de genótipos é muito difundida em virtude da sua facilidade de cruzamento para obtenção dos híbridos e das progênies. O milho é a espécie em que mais se utilizam as informações dos cruzamentos dialélicos com objetivo de seleção (Hallauer & Miranda Filho, 1981). Dessa forma, a utilização de informações obtidas de genótipos avaliados em cruzamentos dialélicos pode contribuir significativamente com o programa de melhoramento (Pfann et al., 2009; Oliboni et al., 2013) e, entre as

metodologias mais comumente utilizadas, cita-se a proposta por Griffing (1956).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de combinação de híbridos comerciais de milho e o efeito recíproco para características agrônomicas e bromatológicas da silagem.

Material e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos na região Centro-Sul do Paraná, no ano agrícola de 2009/2010. O primeiro foi conduzido no município de Guarapuava, PR, no Campo Experimental da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro), localizado a 25° 23' 02" de latitude Sul, 51° 29' 43" de longitude Oeste e a 1100 m de altitude. O segundo experimento foi conduzido no município de Cândói, PR, na Fazenda Touros, localizada a 25° 37' 46" de latitude Sul e 52° 01' 55" de longitude Oeste e a 900 m de altitude. O clima de ambos os locais, segundo classificação de Köppen, é Cfb subtropical, sem estação seca definida, temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e com precipitação anual média de 1800 mm (Santos et al., 2006).

Em ambos os experimentos, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições, sendo avaliados sete híbridos comerciais de milho com recomendação para produção de grãos ou dupla aptidão e seus cruzamentos em esquema dialélico completo, incluindo os recíprocos, totalizando 49 genótipos. Os híbridos utilizados foram P30P34 - híbrido triplo de ciclo precoce para dupla aptidão (grãos e silagem), com grãos semiduros; AG8021 - híbrido simples de ciclo precoce com aptidão para grãos (semidentados); GNZ2004 - híbrido simples de ciclo precoce para

dupla aptidão com grãos (semidentados); Sprint - híbrido simples de ciclo hiperprecoce com aptidão para grãos (duros); AS1575 - híbrido simples de ciclo precoce com aptidão para grãos (semiduros); 2B688 - híbrido triplo de ciclo precoce para dupla aptidão, com grãos semiduros; e DKB234 - híbrido triplo de ciclo precoce para dupla aptidão, com grãos semiduros.

Cada parcela foi constituída de duas linhas de 6 m de comprimento, espaçadas em 0,80 m, com 60 plantas após o desbaste. Foi empregado, no plantio, 400 kg ha⁻¹ de adubo NPK da fórmula 08-30-20. Nas adubações de cobertura, utilizaram-se 113 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de ureia, parcelada em duas aplicações.

Nos dois experimentos, foram avaliados os seguintes caracteres agrônomicos: altura de planta (AP); altura de inserção da primeira espiga (AE); prolificidade (PF); e rendimento de grãos (RG).

No experimento de Guarapuava, o ponto para a ensilagem das plantas de cada parcela foi monitorado até os grãos atingirem 75% da linha de leite. Nesse ponto, foi realizado o corte manual, a 20 cm do solo, de seis plantas de uma linha de cada parcela, que foram picadas em uma máquina forrageira estacionária, com tamanho médio de partículas de 2 cm. O material picado de cada parcela foi homogeneizado e ensilado em silos experimentais de PVC (cloreto de polivinil), com 10 cm de diâmetro e 45 cm de comprimento. A compactação da silagem foi realizada manualmente com um bastão de madeira. Para o fechamento dos silos, foi utilizada lona plástica vedada com fita adesiva. Após 150 dias do processo de ensilagem, os silos foram abertos, as porções da silagem localizadas nas extremidades de cada silo foram descartadas e a porção central foi homogeneizada.

Uma amostra de 0,3 kg da massa central ensilada foi levada para secagem em estufa de ventilação forçada a 50 °C por 72 h ou até obtenção de peso constante para a determinação de amostra seca ao ar. Posteriormente, cada amostra foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm e acondicionada em potes de vidro para a realização das análises bromatológicas. Foi determinado o teor de matéria seca (MS) (%) por secagem em estufa a 105 °C até peso constante (Silva & Queiroz, 2002). Com base na matéria seca, foram determinados: porcentagem de proteína bruta (PB) utilizando o método Kjeldal, conforme Silva e Queiroz (2002); porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN); porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest et al. (1991); e digestibilidade in vitro da matéria seca (DMS), pelo método de Silva e Queiroz (2002). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição de Ruminantes da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro).

Os dados foram submetidos à análise de variância individual e conjunta com auxílio do software Genes (Cruz, 2009) e as médias agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5%. A partir das médias, foi realizada a análise dialélica para todas as características, considerando os tratamentos de efeito fixo, seguindo o método I de Griffing (Cruz & Regazzi, 1994).

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância conjunta mostraram diferenças significativas entre os genótipos para as características agrônômicas altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade

(PF) e rendimento e grãos (RG). Houve efeito significativo dos locais para todas as características agrônômicas e a interação 'genótipos x locais' foi significativa apenas para RG (Tabela 1), demonstrando inversão no comportamento de genótipos em função da variação ambiental e, portanto, os resultados do RG foram interpretados para cada local individualmente.

Os genótipos formaram dois grupos quanto à AP e à AE pelo teste de Scott Knott na média dos dois locais e as médias variaram de 2,09 m (P30P34) a 2,57 m (AG8021 x GNZ2004) para a AP e de 1,07 m (P30P34) a 1,51 m (GNZ2004 x AG8021) para a AE (Tabela 2). Genótipos com plantas e espigas mais baixas são desejáveis, pois são menos vulneráveis ao acamamento e ao quebraamento (Alvarez et al., 2006). Segundo Pinto et al. (2010), plantas que apresentam de 2,20 a 2,80 m de altura caracterizam-se por porte médio e plantas menores que 2,20 m por porte baixo. Desta forma, a grande maioria dos híbridos avaliados caracterizaram-se como de porte médio.

Com relação à prolificidade, foram formados três grupos pelo teste de Scott Knott na média dos dois locais, com médias variando de 0,95 (P30P34 x 2B688) a 1,41 (DKB 234) espigas por planta (Tabela 2).

Para RG, foram formados quatro grupos de médias em Candói, variando de 6.945 kg ha⁻¹ (2B688 x Sprint) a 9.080 kg ha⁻¹ (DKB234 x AG8021) e três grupos em Guarapuava, com médias que variaram de 11.181 kg ha⁻¹ (P30P34 x GNZ2004) a 8.777 kg ha⁻¹ (2B688) (Tabela 2). Os resultados para RG obtidos em Guarapuava se aproximam da produtividade média próxima a 10.000 kg ha⁻¹ obtida para o município no ano agrícola 2011/12 (Cepea-CNA, 2012). Excetuando-se o cruzamento DKB234 x AG8021,

todos os demais genótipos foram mais produtivos em Guarapuava (Tabela 2)

Na análise de variância dialélica (Tabela 3), foram verificados efeitos significativos da CGC para todos os caracteres agrônômicos, exceto para RG em Candói. Houve efeitos significativos da CEC para o RG em ambos os locais, indicando que alguns cruzamentos apresentaram desempenho superior ou inferior ao esperado, com base na CGC dos seus genitores, e que estes são geneticamente divergentes (Oliboni et al., 2012). Elevados valores da CEC para o caráter RG indicam que efeitos não aditivos estão envolvidos no controle genético dessa característica e que populações geradas a partir desses genitores podem ser úteis no melhoramento interpopulacional para a obtenção de linhagens que, ao serem cruzadas, poderão gerar híbridos mais heteróticos (Hallauer & Miranda Filho, 1988). Os efeitos da CEC também foram significativos para a AP. O efeito recíproco foi não significativo, indicando que, para os caracteres estudados nesse grupo de genitores, não houve efeito de herança extracromossômica

devido a genes localizados em organelas citoplasmáticas (Bordallo et al., 2005)

O híbrido P30P34 se destacou quanto à CGC para RG em Guarapuava (Tabela 4), de forma que contribuiu no sentido de aumentar o rendimento de grãos nos cruzamentos em que participou devido à presença de alelos favoráveis de efeito aditivo, além de contribuir para redução na AP e na AE. O híbrido GNZ2004 também apresentou estimativa positiva de $\hat{\sigma}_i$ para RG (Tabela 4).

Na Tabela 5, estão apresentadas as estimativas da CEC para a característica RG (kg ha^{-1}) em Guarapuava e em Candói. Os cruzamentos AG 8021 x Sprint, AG8021 x 2B688, GNZ2004 x Sprint e DKB234 x AS1575 apresentaram estimativas elevadas e positivas da CEC em ambos os locais, expressando a elevada heterose para o rendimento de grãos. Contudo, os híbridos genitores GNZ2004 e P30P34 foram os únicos que apresentaram CGC positiva (Tabela 4). O cruzamento Sprint x 2B288 apresentou a maior estimativa positiva de $\hat{\sigma}_{ij}$ em Guarapuava. Em contrapartida, apresentou a estimativa negativa de $\hat{\sigma}_{ij}$ de maior magnitude em Candói (Tabela 5).

TABELA 1. Análise de variância conjunta da altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), prolificidade (PF) e rendimento de grãos (RG) dos 49 genótipos do dialelo avaliados em dois locais da região Centro-Sul do Paraná (Guarapuava e Candói). Unicentro, 2010.

F.V.	GL	QM			
		AP	AE	PF	RG
Bloco/Local	4	0,19063	0,06329	0,04790	7.240.209
Genótipos	48	0,18584*	0,08031*	0,06079*	125.823.234*
Locais	1	1,09268*	1,00670*	0,76201*	254.860.450**
Genótipos x Locais	48	0,01150	0,00520	0,00393	1.158.287*
Resíduo	192	0,07485	0,02807	0,02124	822.271
Média		2,47	1,44	1,09	8.937,20
CV (%)		11,66	12,25	9,84	10,14

*, **significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 2. Médias das características agronômicas altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PF) e rendimento de grãos (RG), em Candói e em Guarapuava, dos 49 genótipos avaliados em esquema dialélico completo. Unicentro, 2010.¹

Genótipo	AP (m)	AE (m)	PF	RG Candói (kg ha ⁻¹)	RG Guarapuava (kg ha ⁻¹)
P30P34	2,09 B	1,07 B	1,02 C	8.383 Bb	10.509 Aa
P30P34 x AG8021	2,34 A	1,33 B	1,10 B	8.167 Bb	10.089 Ba
P30P34 x GNZ2004	2,48 A	1,41 A	1,15 B	7.658 Cb	11.181 Aa
P30P34 x Sprint	2,35 A	1,36 A	1,12 B	8.360 Bb	10.263 Aa
P30P34 x AS1575	2,24 B	1,28 B	0,97 C	9.037 Ab	10.299 Aa
P30P34 x 2B688	2,49 A	1,40 A	0,95 C	7.787 Cb	10.680 Aa
P30P34 x DKB234	2,44 A	1,40 A	1,11 B	8.359 Bb	10.028 Ba
AG 8021 x P30P34	2,44 A	1,42 A	1,07 C	8.371 Bb	10.238 Aa
AG 8021	2,50 A	1,44 A	1,02 C	8.005 Bb	9.576 Ca
AG8021 x GNZ2004	2,57 A	1,44 A	1,04 C	7.575 Cb	10.258 Aa
AG8021 x Sprint	2,47 A	1,50 A	1,09 C	8.206 Bb	10.150 Ba
AG8021 x AS1575	2,44 A	1,42 A	1,01 C	7.571 Cb	9.497 Ca
AG8021 x 2B688	2,49 A	1,48 A	1,00 C	8.164 Bb	9.857 Ba
AG8021 x DKB234	2,40 A	1,42 A	1,14 B	8.411 Bb	9.492 Ca
GNZ2004 x P30P34	2,39 A	1,34 A	1,11 B	7.925 Bb	10.562 Aa
GNZ2004 x AG8021	2,52 A	1,51 A	1,11 B	7.353 Db	9.990 Ba
GNZ 2004	2,37 A	1,31 B	1,10 B	7.465 Cb	9.788 Ba
GNZ2004 x Sprint	2,36 A	1,37 A	1,34 A	8.043 Bb	10.442 Aa
GNZ2004 x AS1575	2,42 A	1,41 A	1,02 C	8.257 Bb	10.191 Ba
GNZ2004 x 2B688	2,28 B	1,30 B	0,98 C	7.729 Cb	10.055 Ba
GNZ2004 x DKB234	2,50 A	1,42 A	1,19 B	8.178 Bb	9.819 Ba
Sprint x P30P34	2,33 A	1,45 A	0,98 C	8.212 Bb	10.030 Ba
Sprint x AG8021	2,44 A	1,55 A	1,13 B	8.522 Ab	10.094 Ba
Sprint x GNZ2004	2,46 A	1,48 A	1,14 B	8.124 Bb	10.481 Aa
Sprint	2,18 B	1,28 B	1,07 C	7.749 Cb	9.116 Ca
Sprint x AS1575	2,26 B	1,39 A	1,10 B	8.182 Bb	9.166 Ca
Sprint x 2B688	2,32 A	1,41 A	1,13 B	7.414 Cb	10.277 Aa
Sprint x DKB234	2,26 B	1,35 A	1,21 B	8.106 Bb	9.149 Ca
AS1575 x P30P34	2,13 B	1,23 B	1,09 C	8.741 Ab	10.550 Aa

AS1575 x AG8021	2,37 A	1,44 A	1,04 C	7.243 Db	9.289 Ca
AS1575 x GNZ2004	2,36 A	1,43 A	1,06 C	8.397 Bb	9.789 Ba
AS1575 x Sprint	2,27 B	1,40 A	1,06 C	8.345 Bb	9.067 Ca
AS1575	2,22 B	1,37 A	0,99 C	8.220 Bb	10.216 Aa
AS1575 x 2B688	2,25 B	1,37 A	1,07 C	7.876 Cb	9.836 Ba
AS1575 x DKB234	2,34 A	1,39 A	1,11 B	8.574 Ab	9.708 Ba
2B688 x P30P34	2,08 B	1,17 B	1,08 C	7.917 Bb	10.500 Aa
2B688 x AG8021	2,31 B	1,35 A	1,03 C	8.269 Bb	9.858 Ba
2B688 x GNZ2004	2,37 A	1,35 A	1,13 B	7.965 Bb	10.024 Ba
2B688 x Sprint	2,35 A	1,46 A	1,11 B	6.945 Db	9.878 Ba
2B688 x AS1575	2,29 B	1,43 A	0,98 C	7.624 Cb	9.846 Ba
2B688	2,22 B	1,25 B	0,96 C	7.830 Bb	8.777 Ca
2B688 x DKB234	2,34 A	1,37 A	1,13 B	8.298 Bb	9.556 Ca
DKB234 x P30P34	2,21 B	1,28 B	1,20 B	8.026 Bb	10.139 Ba
DKB234 x AG8021	2,40 A	1,47 A	1,14 B	9.180 Aa	8.398 Cb
DKB234 x GNZ2004	2,28 B	1,26 B	1,17 B	8.146 Bb	9.732 Ba
DKB234 x Sprint	2,19 B	1,28 B	1,26 A	8.024 Bb	8.968 Ca
DKB234 x AS1575	2,33 A	1,41 A	1,14 B	8.298 Bb	9.623 Ca
DKB234 x 2B688	2,23 A	1,37 A	1,06 C	7.013 Db	8.874 Ca
DKB234	2,38 A	1,36 A	1,41 A	7.667 Cb	9.354 Ca
Média	2,34	1,37	1,09	8.039 b	9.862 a

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

TABELA 3. Resumo da análise de variância dialélica (Quadrados Médios) envolvendo sete híbridos comerciais em dialelo completo, incluindo os recíprocos: características agrônômicas: altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PF) e rendimento de grãos (RG) em Candói e em Guarapuava. Unicentro, 2010.

FV	QM				
	AP	AE	PF	RG Candói	RG Guarapuava
Genótipos	0,0353**	0,0234*	0,0247**	599.184**	883.486**
CGC	0,1097**	0,0775**	0,1236**	1.169.946	4.137.106**
CEC	0,0191*	0,0196	0,0106	807.178**	733.703**
Efeito Recíproco	0,0099	0,0118	0,0106	228.115	103.663
Resíduo	0,0114	0,0160	0,0154	138.492	181.432
CV (%)	4,57	9,19	8,49	4,62	4,31

TABELA 4. Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) de sete híbridos comerciais de milho quanto à altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PF), rendimento de grãos (RG) (kg ha⁻¹) e fibra em detergente neutro (FDN) da silagem em cruzamento dialélico completo. Guarapuava, Unicentro, 2010.

Genótipo	AP (m)	AE (m)	PR	RG Guarapuava (kg ha ⁻¹)	FDN (%)
P30P34	-0,046	-0,073	-0,023	535	0,788
AG8021	0,087	0,067	-0,027	-86	0,594
GNZ2004	0,057	0,005	0,023	287	-1,268
Sprint	-0,021	0,021	0,034	-134	0,338
AS1575	-0,026	0,006	-0,049	-55	1,420
2B688	-0,031	-0,020	-0,053	-127	-0,839
DKB234	-0,019	-0,008	0,096	-420	-1,034

Para o RG, também foram considerados os efeitos de CEC decorrentes do cruzamento do genitor com ele mesmo (\hat{s}_{ii}) em ambos os locais. Analisando esses efeitos, as estimativas negativas indicam que os desvios de dominância são predominantemente positivos (Cruz & Vencovsky, 1989). No presente estudo, os genitores P30P34, AG8021, GNZ2004 e Sprint

apresentaram valores negativos de \hat{s}_{ii} para o RG em ambos os locais (Tabela 5), indicando que a média dos efeitos heteróticos, em relação à média dos genitores, foi positiva para essa característica. Ainda, as estimativas de \hat{s}_{ii} de elevada magnitude indicam que esses genitores apresentam frequências gênicas mais distantes da frequência média do conjunto de

TABELA 5. Estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) do rendimento de grãos (RG) (kg ha⁻¹) em Guarapuava (diagonal inferior) e em Candói (diagonal superior) de sete híbridos comerciais de milho em dialelo completo. Guarapuava. Unicentro, 2010.¹

Genótipo	\hat{s}_{ii} Guarapuava	\hat{s}_{ii} Candói	\hat{s}_{ij}						
			P30P34	AG8021	GNZ2004	Sprint	AS1575	2B688	DKB234
P30P34	-425	-53	-	3	-284	88	505	-122	-138
AG8021	-113	-90	-148	-	-441	337	-806	412	585
GNZ2004	-649	-250	185	60	-	246	303	332	191
Sprint	-477	-208	-117	480	445	-	118	-555	-26
AS1575	465	-109	81	-327	-104	-556	-	-171	158
2B688	-831	417	318	208	16	476	161	-	-213
DKB234	-558	331	105	-160	45	-250	278	-350	-

TABELA 6. Estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) entre genitores (\hat{s}_{ij}) (abaixo da diagonal) e do genitor com ele mesmo (\hat{s}_{ii}) (diagonal) da altura de plantas (AP) (m) de sete híbridos comerciais de milho em dialelo completo. Guarapuava. Unicentro, 2010.

Genótipo	CEC AP						
	P30P34	AG8021	GNZ2004	Sprint	AS1575	2B688	DKB234
P30P34	-0,2286	-	-	-	-	-	-
AG8021	0,0042	-0,0195	-	-	-	-	-
GNZ2004	0,0787	0,0000	-0,0805	-	-	-	-
Sprint	0,0665	0,0461	0,0340	-0,1115	-	-	-
AS1575	0,0030	0,0042	0,0220	-0,0134	0,0114	-	-
2B688	0,0230	0,0058	-0,0462	0,0499	-0,0303	-0,0186	-
DKB234	0,0530	-0,0407	-0,0079	-0,0717	0,0030	0,0163	0,0480

genitores e, conseqüentemente, mais divergente eles são em relação aos demais genitores e a heterose nos híbridos também é alta.

Com relação à AP (Tabela 6), o cruzamento Sprint x AS1575 apresentou CEC negativa e os respectivos parentais tiveram CGC também negativa, contribuindo de forma a reduzir a média do caráter. AS1575 e DKB 234 apresentaram valores positivos

de \hat{s}_{ii} para a AP (Tabela 6), indicando que a média dos efeitos heteróticos, em relação à média dos genitores, foi negativa, o que é desejável para a redução dessa característica.

Quanto aos caracteres bromatológicos da silagem avaliados no experimento de Guarapuava, houve diferenças significativas entre os genótipos para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em

TABELA 7. Resumo da análise de variância dialélica (Quadrados Médios) envolvendo sete híbridos comerciais em dialelo completo, incluindo os recíprocos, das características bromatológicas da silagem: proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA); e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DMS) em Candói e em Guarapuava. Unicentro, 2010.

FV	QM			
	PB	FDN	FDA	DMS
Genótipos	0,4778	15,9375*	12,7352*	7,7254*
CGC	0,7278	45,4273**	11,0127	6,6905
CEC	0,3843	13,0012	11,2276	6,8063
Efeito Recíproco	0,4999	10,4482	14,7350	8,9401
Resíduo	0,3984	11,2217	9,1745	5,5656
Média	7,31	50,95	28,95	66,32
CV (%)	8,67	6,57	10,46	3,55

*, **significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 8. Médias das características bromatológicas proteína bruta (PB), porcentagem de fibra em detergente neutro (FDN), porcentagem de fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DMS) da silagem dos 49 genótipos avaliados em esquema dialélico completo, incluindo os recíprocos. Guarapuava, Unicentro, 2010.¹

Genótipo	(PB)	(FDN)	(FDA)	(DMS)
P30P34	7,33 A	49,80 B	27,35 B	67,58 B
P30P34 x AG8021	7,91 A	54,37 A	29,63 B	65,81 B
P30P34 x GNZ2004	7,06 A	53,61 A	29,18 B	66,16 B
P30P34 x Sprint	7,51 A	51,02 B	29,75 B	65,71 B
P30P34 x AS1575	7,63 A	53,73 A	27,70 B	67,31 B
P30P34 x 2B688	7,03 A	52,29 B	26,33 B	68,38 A
P30P34 x DKB234	7,46 A	53,50 A	31,85 B	64,08 B
AG8021 x P30P34	7,67 A	52,19 B	31,22 B	64,58 B
AG8021	7,77 A	53,05 A	29,70 B	65,76 B
AG8021 x GNZ2004	7,00 A	48,51 B	27,68 B	67,34 B
AG8021 x Sprint	7,11 A	53,86 A	29,85 B	65,64 B
AG8021 x AS1575	7,27 A	54,59 A	28,84 B	66,43 B
AG8021 x 2B688	7,42 A	49,18 B	28,37 B	66,80 B
AG8021 x DKB234	7,27 A	51,98 B	30,01 B	65,52 B
GNZ2004 x P30P34	7,29 A	51,72 B	32,02 B	63,97 C
GNZ2004 x AG8021	7,25 A	46,53 B	24,61 C	69,72 A
GNZ 2004	6,58 A	48,77 B	28,04 B	67,09 B
GNZ2004 x Sprint	6,64 A	48,32 B	24,37 C	69,91 A
GNZ2004 x AS1575	7,56 A	51,04 B	29,60 B	65,83 B
GNZ2004 x 2B688	6,76 A	47,96 B	27,66 B	67,35 B
GNZ2004 x DKB234	6,51 A	46,70 B	24,55 C	69,77 A
Sprint x P30P34	7,95 A	51,01 B	31,08 B	64,68 B
Sprint x AG8021	7,58 A	50,35 B	30,68 B	64,99 B

Sprint x GNZ2004	7,30 A	53,84 A	34,04 A	62,38 C
Sprint	7,78 A	52,22 B	27,96 B	67,11 B
Sprint x AS1575	7,13 A	51,50 B	30,66 B	65,01 B
Sprint x 2B688	8,12 A	48,11 B	28,32 B	66,83 B
Sprint x DKB234	6,90 A	49,87 B	27,36 B	67,58 B
AS1575 x P30P34	6,97 A	52,00 B	28,60 B	66,62 B
AS1575 x AG8021	7,35 A	55,34 A	34,06 A	62,36 C
AS1575 x GNZ2004	7,22 A	51,23 B	28,18 B	66,95 B
AS1575 x Sprint	6,92 A	56,19 A	29,16 B	66,18 B
AS1575	7,29 A	53,75 A	30,85 B	64,87 B
AS1575 x 2B688	6,94 A	49,69 B	27,91 B	67,15 B
AS1575 x DKB234	6,99 A	49,42 B	28,18 B	66,94 B
2B688 x P30P34	7,13 A	50,15 B	29,26 B	66,10 B
2B688 x AG8021	6,60 A	48,78 B	26,38 B	68,35 A
2B688 x GNZ2004	7,38 A	49,40 B	26,91 B	67,93 B
2B688 x Sprint	6,72 A	49,87 B	29,38 B	66,00 B
2B688 x AS1575	7,57 A	53,31 A	31,28 B	64,53 B
2B688	7,46 A	50,02 B	29,17 B	66,16 B
2B688 x DKB234	7,84 A	53,50 A	31,86 B	64,08 B
DKB234 x P30P34	6,71 A	49,61 B	29,06 B	66,26 B
DKB234 x AG8021	7,97 A	50,31 B	27,99 B	67,09 B
DKB234 x GNZ2004	7,13 A	49,70 B	28,25 B	66,89 B
DKB234 x Sprint	7,41 A	50,08 B	28,36 B	66,81 B
DKB234 x AS1575	7,47 A	48,10 B	27,67 B	67,34 B
DKB234 x 2B688	7,69 A	49,74 B	29,45 B	65,96 B
DKB234	6,86 A	48,38 B	27,88 B	67,18 B

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Scott Knott.

detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DMS) (Tabela 7).

Foram formados dois grupos de médias para FDN e três grupos para FDA e DMS, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade (Tabela 8), com destaque para os cruzamentos GNZ2004 x AG8021, GNZ2004 x Sprint e GNZ2004 x DKB234, que ficaram classificados no grupo de menores médias para FDN e FDA e maiores médias da DMS (Tabela 8). Ressalta-se que, entre esses genitores, GNZ2004 e DKB234 são indicados também para a produção de silagem. A qualidade da fibra presente na planta é um dos parâmetros essenciais da silagem, pois ela determina a quantidade de alimento que o animal vai ingerir e tem participação no valor energético do volumoso. Silagem com altos teores de FDN e FDA tem seu consumo e a digestão reduzidos, comprometendo a liberação de nutrientes. A FDA é a porção menos digerível da parede celular das forrageiras (Salazar et al., 2010) e, quanto menor seu valor, maior é o valor energético da silagem.

Para as características bromatológicas da silagem, foi verificado efeito significativo da CGC apenas para FDN e não houve efeito significativo da CEC para todos os caracteres avaliados (Tabela 7). Da mesma forma, não houve efeito significativo dos cruzamentos recíprocos, indicando que não houve efeito materno na expressão dos caracteres avaliados nesse grupo de genótipos.

Com relação à CGC da FDN, destacaram-se os híbridos GNZ2004, 2B688 e DKB234, que apresentaram estimativas de \hat{g}_i negativas favoráveis (Tabela 4), já que o teor de FDN indica a quantidade de fibra que há no volumoso e, quanto menor o seu valor, melhor será a silagem e maior será o consumo de matéria seca.

Conclusões

Os híbridos P30P34 e GNZ2004 são os mais promissores para a formação de populações base visando ao aumento no rendimento de grãos.

Houve predomínio dos efeitos aditivos dos genes que controlam o caráter FDN. Os híbridos GNZ2004 e DKB234 são os mais promissores para a formação de populações base visando à redução dos teores de FDN.

Não foi verificado efeito recíproco significativo nas características avaliadas.

Agradecimentos

Ao CNPq e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, pelo apoio financeiro.

Referências

- ALVAREZ, C. G. D.; VONPINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, p. 409-414, 2006.
- BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JUNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialélica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, p. 123-127, 2005.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Confederação Da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Custo de produção de grãos em Guarapuava-PR**.

2012. Disponível em: <<http://www.sistemafaep.org.br/arquivos/safra%202011.2012/Gr%C3%A3os%20Guarapuava%20PR%202011.2012.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2013.
- CHAVES, L. G.; MIRANDA, G. V.; SOUZA, L. V.; GOMES, O. P.; OLIVEIRA, J. S. Parental commercial maize selection for silage production. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v. 7, n. 2, p. 183-194, 2008.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes** - Versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Viçosa, MG: UFV, 2009. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>>. Acesso em: 5 jun. 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.
- CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**. Ribeirão Preto, v. 12, p. 425-436, 1989.
- DEMNICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; ARAÚJO, S. A. C.; CHAMBELA NETO, A.; OLIVEIRA, V. C.; LIMA, E. S. Silagem de milho - Características agrônomicas e considerações (Silage corn - Agronomic characteristics and considerations). **REDVET. Revista Electrónica de Veterinária**, v. 10, 2009. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020209/020902.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2013,
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed., Piracicaba, 2004. 360 p.
- GRALAK, E. **Capacidade combinatória de híbridos comerciais de milho para caracteres agrônômicos e bromatológicos da silagem**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava.
- GRIFFING, J. B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University, 1981. 468 p.
- MITTELMANN, A.; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J. S.; FERNANDES, S. B. V.; LAJÚS, C. A.; MIRANDA, M.; ZANATTA, J. C.; MOLETTA, J. L. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na região sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 684-690, 2005.
- NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; RESTLE, J.; SANDINI, I. J.; ROMANO, M. A. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 847-854, 2007.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; MUHLBACH, P. R. F.; NORNBERG, J. L.; ROMANO, M. A.; LUSTOSA, S. B. C.. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, p. 462-473, 2009.
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; RESENDE, J. T. V. Genetic divergence among maize hybrids and correlations with heterosis and combining ability. **Acta Scientiarum**

- Agronomy**, Maringá, v. 34, p. 37-44, 2012.
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI D. F. Análise dialéctica na avaliação do potencial de híbridos de milho para a geração de populações-base para obtenção de linhagens. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 7-18, 2013.
- PINTO, A. P.; LANÇANOVA, J. A. C.; LUGÃO, S. M. B.; ROQUE, A. P.; ABRAHÃO, J. J. S.; OLIVEIRA, J. S.; LEME, M. C. J.; MIZUBUTI, I. Y. Avaliação de doze cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, p. 1071-1078, 2010.
- PFANN, A. Z.; FARIA, M. V.; ANDRADE, A. A.; NASCIMENTO, I. R.; FARIA, C. M. D. R.; BRINGHENTTI, R. M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 635-641, 2009.
- ROSA, J. R. P.; RESTLE, J.; SILVA, J. H. S.; PASCOAL, L. L.; PACHECO, P. S.; FATURI, C.; SANTOS, A. P. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays*, L.) por meio do desempenho de bezerras confinadas em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1016-1028, 2004.
- SALAZAR, D. R.; STABILE, S. S.; GUIMARÃES, P. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; SANTOS, M. V.; SILVA, L. F. P. Valor nutritivo do colmo de híbridos de milho colhidos em três estádios de maturidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, p. 758-766, 2010.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. de. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583- 3597, 1991.
- ZEOULA, L. M.; BELEZE, J. R. F.; CECATO, U.; JOBIM, C. C.; GERON, L. J. V; MAEDA, E. M.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes estádios de maturação. 3. Composição química-bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, p. 556-566, 2003.