

## AVALIAÇÃO DE LINHAGENS S<sub>3</sub> DE MILHO EM CRUZAMENTO *TOPCROSS* EM DOIS ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS

ANDRÉ GABRIEL<sup>1</sup>, MARCOS VENTURA FARIA<sup>1</sup>, MARCELO CRUZ MENDES<sup>1</sup>,  
EMANUEL GAVA<sup>1</sup>, WELTON LUIZ ZALUSKI<sup>1</sup>, OMAR POSSATTO JÚNIOR<sup>1</sup>  
e LARISSA KRIZONOSKI CESCO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste [andre.gb85@hotmail.com](mailto:andre.gb85@hotmail.com); [mfaria@unicentro.br](mailto:mfaria@unicentro.br);  
[macruz@gmail.com](mailto:macruz@gmail.com); [emanuel\\_gava2@hotmail.com](mailto:emanuel_gava2@hotmail.com); [luizzaluski@hotmail.com](mailto:luizzaluski@hotmail.com);  
[omar.pj@hotmail.com](mailto:omar.pj@hotmail.com); [lkcescon@hotmail.com](mailto:lkcescon@hotmail.com);

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.17, n.2, p. 328-339, 2018

**RESUMO** – A utilização de híbridos comerciais é uma opção para gerar populações-base para obter novas linhagens superiores. Portanto, objetivou-se com a pesquisa selecionar linhagens S<sub>3</sub> superiores para produtividade de grãos, avaliadas em dois espaçamentos, para ser avançadas no processo de endogamia. Para isso, foram avaliados 75 híbridos *topcrosses* juntamente com seis híbridos comerciais (DKB245 PRO2, P30F53 H, P30B39 H, AS1572, DKB315 PRO e SG6030 PRO). Foi utilizado o delineamento látice triplo 9x9 para avaliação de florescimento masculino (FM), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PR) e produtividade de grãos (PG). Houve diferença significativa entre genótipos para todas as características avaliadas, interação genótipo x espaçamento para a PG e AE. Não foi constatada diferença significativa para espaçamento entre linhas. Os híbridos *topcrosses* TC102-05, TC102-06, TC102-15, TC102-16, TC102-17, TC102-21 e TC102-24 se destacaram nos dois espaçamentos entre linhas, aliando características de produtividade de grãos, estatura e ciclo precoce, cujas respectivas linhagens deverão ser avançadas no processo de endogamia.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., testador, linhagens parcialmente endogâmicas.

## EVALUATION OF S<sub>3</sub> MAIZE LINES TOPCROSSED IN TWO ROW SPACINGS

**ABSTRACT** – The use of commercial hybrids is an option to generate base populations for obtaining new superior lines. The objective of this study was to select S<sub>3</sub> lines superior for grain yield, evaluated in two row spacings, to be advanced in the process of inbreeding. For this, 75 topcross hybrids were evaluated along with six commercial hybrids (DKB245 PRO2, P30F53 H, P30B39 H, AS1572, DKB315 PRO and SG6030 PRO). The 9x9 triple lattice design was used to evaluate the agronomic traits of male flowering (MF), plant height (PH), ear height (EH), prolificacy (PR) and grain yield (GY). There was a significant difference between genotype for all traits evaluated, interaction genotype x spacing for EH and GY. No significant difference was observed for line spacing. The topcross hybrids TC102-05, TC102-06, TC102-15, TC102-16, TC102-17, TC102-21 and TC102-24 were superior in the two row spacings, combining the characters of grain yield, stature and early cycle, whose lines should be advanced in the process of endogamy.

**Keywords:** *Zea mays* L., tester, partially inbred lines.

O sucesso na produção de milho no mundo foi alcançado com a seleção de linhagens superiores e, em seguida, pelo cruzamento entre linhagens com alelos contrastantes para o desenvolvimento de híbridos simples, duplos e triplos, os quais têm proporcionado elevada produtividade de grãos (Paterniani, 2001). O Brasil é atualmente um dos maiores produtores mundiais de milho, com uma produção de cerca de 88,61 milhões de toneladas anuais, sendo o segundo país em volume de exportação (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018).

A média de produtividade nacional de 5.336 kg ha<sup>-1</sup> (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018) é considerada baixa se comparada à de outros países (Cruz et al., 2014). Vários fatores contribuem para a menor produtividade nacional, como o uso de cultivares com potencial produtivo limitado, híbridos com baixa adaptabilidade e/ou estabilidade fenotípica para determinadas regiões em que são cultivados, espaçamentos entre linhas inadequados para a cultura, dentre outros fatores (Cruz et al., 2008).

Para aumentar a produtividade nacional faz-se necessário o uso de novos híbridos de milho que apresentem maiores potenciais produtivos e que sejam adaptados às diversas condições ambientais. Para a obtenção desses novos híbridos nos programas de melhoramento são necessárias várias etapas, iniciando com a obtenção de populações-base, sucessivas autofecundações, avaliações das linhagens parcialmente endogâmicas, hibridação das linhagens e avaliação das progênes em diferentes locais (Paterniani & Campos, 1999; Paterniani et al., 2006).

O uso de híbridos comerciais na geração de populações-base para a obtenção de linhagens é um procedimento bastante utilizado no Brasil, sendo relatado por Ferreira et al. (2010), Oliboni et al. (2013), Clovis et al. (2015), Gralak et al. (2015), Marcondes

et al. (2015), Souza Neto et al. (2015), Possatto Júnior et al. (2017) e Silva et al. (2017). Esses híbridos foram testados em diversos ambientes, possuem baixa frequência de alelos deletérios e grande quantidade de alelos favoráveis fixados para diversas características, como resistência a doenças, arquitetura de plantas, altura de planta, altura de espiga, ciclo e produtividade de grãos (Amorim & Souza, 2005; Ferreira et al., 2010).

Nas gerações iniciais de endogamia é possível obter um grande número de linhagens parcialmente endogâmicas, muitas das quais apresentam baixa frequência de alelos favoráveis, ou seja, são necessárias seleções para prosseguir somente com as promissoras no processo de endogamia. Nesse sentido, os melhoristas têm optado pelo método *topcross* proposto por Davis (1927), que permite avaliar o mérito relativo de um grande número de linhagens parcialmente endogâmicas em cruzamento com um genótipo testador em comum, permitindo a seleção das melhores linhagens, as quais seguirão no processo de endogamia, eliminando-se as de desempenho inferior, e tornando o programa de melhoramento racional e eficiente (Paterniani et al., 2006; Ferreira et al., 2010; Cancellier et al., 2011; Guedes et al., 2011). Com as vantagens da facilidade na obtenção dos cruzamentos e de avaliar um número elevado de linhagens com uso de menor área (Ferreira et al., 2009), comparado aos cruzamentos em dialelos.

A redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho tem contribuído para redução do problema com plantas daninhas e da competição interespecífica, pois folhas mais eretas implicam em melhor aproveitamento da interceptação da radiação fotossintética, melhor distribuição do sistema radicular e maior eficiência no aproveitamento de água e fertilizantes, resultando em maiores produtividades

de grãos (Sangoi et al., 2002; Modolo et al., 2010; Stacciarini et al., 2010; Mendes et al., 2013; Li et al., 2015; Caires & Milla, 2016; Serpa et al., 2017). Com o uso do espaçamento 0,45 m a produtividade de grãos em Guarapuava-PR foi superior em 50 a 60% em comparação ao espaçamento de 0,90 m em Laranjeiras do Sul-PR (Serpa et al., 2017), e essa diferença na produtividade de grãos foi atribuída aos elementos climáticos, de acordo com os autores (déficit hídrico).

O uso do espaçamento reduzido demanda híbrido com ciclo mais precoce, menor altura de planta e de espiga, plantas com folhas mais eretas e adaptadas a altas populações por hectare, denominados híbridos de 'arquitetura moderna'. Associação de espaçamento reduzido e alta população de plantas pode promover produtividade de 19,6 t ha<sup>-1</sup> de grãos (Caires & Milla, 2016).

Considerando as informações supracitadas, objetivou-se com a pesquisa selecionar linhagens S<sub>3</sub> superiores para produtividade de grãos, avaliadas em dois espaçamentos, para avançarem no processo de endogamia.

### Material e Métodos

Três híbridos comerciais de milho, nas suas versões convencionais P30B39, AS1572 e SG6015, que se destacaram em produtividade de grãos em experimentos na região de Guarapuava, foram autofecundados e utilizados para geração de três populações 102, 103 e 203, respectivamente, a partir das quais foram obtidas linhagens S<sub>3</sub> de milho.

Foram semeadas em campo isolado 25 linhagens S<sub>3</sub> de cada população, que foram cruzadas em esquema de *topcross* com o híbrido DKB245 (testador). Esses cruzamentos resultaram em 75 híbridos experimentais *topcrosses* (TC) que, juntamente com

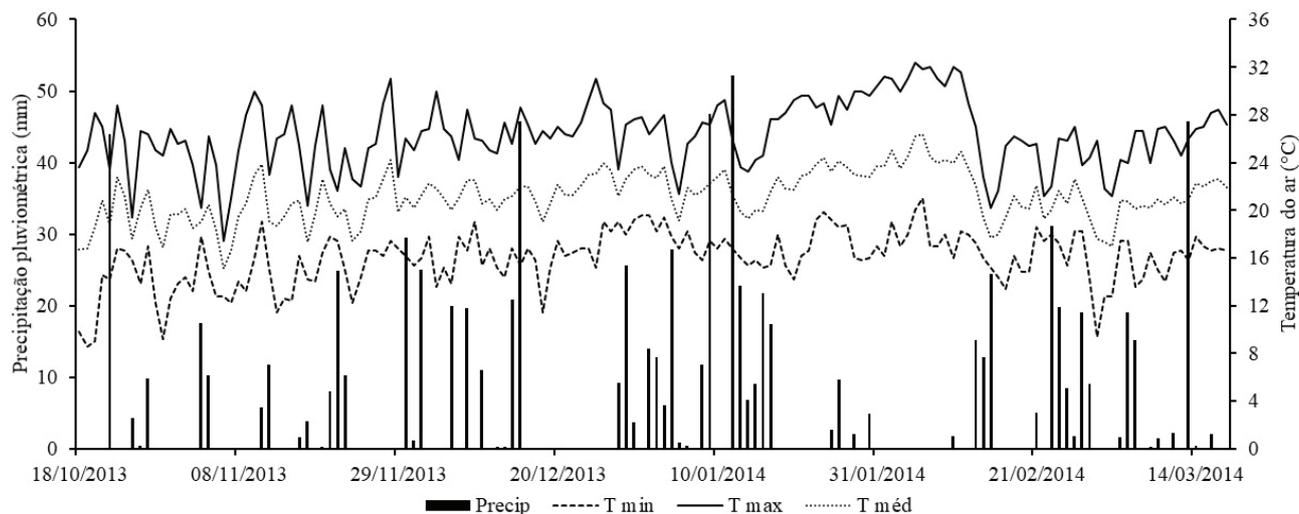
os híbridos comerciais P30B39 H, AS1572, SG6030 PRO, DKB315 PRO, P30F53 H e DKB245 (testemunhas), totalizaram 81 genótipos que foram avaliados em dois espaçamentos entre linhas (0,4m e 0,7m).

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro Oeste, UNICENTRO, localizado no *campus* CEDETEG, no município de Guarapuava, na região Centro Sul do Paraná, cujas coordenadas geográficas são 25°23'36" de latitude sul e 51°27'19" de longitude oeste e 1.100 metros de altitude.

O clima da região é Cfb subtropical segundo a classificação de Köppen, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e com precipitação anual média de 1.800 mm (Santos et al., 2006). Estão apresentados na Figura 1 os valores dos elementos climáticos durante a condução do experimento, entre 18 de outubro de 2013 e 18 de março de 2014. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno Distrófico (Santos et al., 2006).

Dois experimentos contíguos foram conduzidos simultaneamente no delineamento látice triplo 9x9. As parcelas foram constituídas por uma linha de cinco metros de comprimento. No primeiro experimento o espaçamento entre linhas foi de 0,4m e no segundo foi de 0,7m. Os experimentos foram conduzidos em sistema de plantio direto consolidado e a semeadura foi realizada no dia 19 de outubro de 2013, por meio de matracas, depositando as sementes nas linhas previamente sulcadas com semeadora para plantio direto, a qual também foi utilizada para distribuir 300 kg ha<sup>-1</sup> de adubo da formulação NPK 08-30-20.

Trinta dias após a semeadura foi realizado o desbaste das plantas em cada parcela para obtenção da densidade final de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, em ambos



**Figura 1.** Valores dos elementos climáticos de precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar mínima (T min), máxima (T máx) e média (T méd), em °C durante a condução do experimento. UNICENTRO, Guarapuava-PR, 2018.

os espaçamentos entre linhas. As adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas quando as plantas atingiram o estágio fenológico V3-V4 e V6-V7, com aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de uréia (46% de N) em cada, totalizando 184 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura. Durante a condução dos experimentos foi realizado o manejo de plantas daninhas e insetos-praga, seguindo as recomendações técnicas para a cultura.

As características agrônomicas avaliadas foram o florescimento masculino (FM), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PR) e produtividade de grãos (PG). O florescimento masculino foi obtido pela contagem dos dias decorrentes da semeadura até a emissão de 50% dos pendões das plantas na parcela. Altura de planta e altura de inserção de espiga foram obtidas pela média de seis plantas aleatórias de cada parcela, tomadas desde o solo até a folha bandeira e até a inserção da espiga principal, respectivamente. A prolificidade é a razão entre o número total de espigas e o número de plantas na parcela. A produtividade de grãos (PG em kg ha<sup>-1</sup>) foi

estimada por meio da massa de grãos resultantes da debulha em batedor tracionado por trator, do total de espigas da parcela, tomando com o auxílio de balança eletrônica e corrigida para 13% de umidade usando a expressão Eq. 1:

$$PG = PC \times \frac{100 - U}{87}$$

Onde:

PG: produtividade de grãos corrigido para umidade padrão de 13%;

PC: massa de grãos no momento da colheita;

U: teor de umidade dos grãos em cada parcela no momento da pesagem.

Os dados foram submetidos à avaliação da homogeneidade e normalidade das variâncias residuais pelos testes de Bartlett e Lilliefors, respectivamente, para todas as características agrônomicas avaliadas. Em seguida foi realizada análise de variância individual e conjunta segundo o delineamento em látice. Como o látice apresentou baixa eficiência para todas

as características avaliadas, as análises de variância foram realizadas em delineamento em blocos com os tratamentos casualizados. As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e as análises foram realizadas com o auxílio do software estatístico Genes (Cruz, 2016).

### Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo de genótipo para as características agrônômicas de florescimento masculino (FM), altura de plantas (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PR) e produtividade de grãos (PG), comprovando a variabilidade genética entre as linhagens parcialmente endogâmicas (Tabela 1). Isso indica a possibilidade de selecionar linhagens promissoras para prosseguir no programa de melhoramento e eliminar as de desempenho inferior, tornando o programa de melhoramento racional e eficiente (Paterniani et al., 2006).

A interação genótipo x espaçamento foi significativa para AE e PG. Assim, as médias foram analisadas individualmente para cada espaçamento entre linhas, o que indica comportamento diferenciado das

linhagens parcialmente endogâmicas quanto ao espaçamento entre linhas, corroborando os resultados obtidos por Marcondes et al. (2015), que relatam efeito significativo para genótipo e interação genótipo x espaçamento para produtividade de grãos em híbridos *topcrosses* de milho (Tabelas 1 e 2).

Não se constatou efeito significativo pelo teste de F ( $P < 0,05$ ) (Tabela 1) para o espaçamento entre linhas nas variáveis agrônômicas FM, AP, AE, PR e PG. A redução do espaçamento entre linhas é uma maneira de aumentar a produtividade, no entanto, Beres et al. (2008) não verificaram rendimento consistente na redução do espaçamento, sugerindo que em algumas situações a concorrência por luz, água e nutrientes não ocorreu a níveis suficientes para reduzir a produtividade de grãos. De acordo com Argenta et al. (2001), o aumento da PG com redução do espaçamento entre as linhas é atribuído a uma maior eficiência na interceptação de radiação e diminuição da concorrência pela luz, água e nutrientes entre plantas na linha, devido à sua distribuição mais equidistante. No entanto, isso depende de vários fatores como híbrido/variedade, densidade de plantas, água e nutrientes.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância conjunta do florescimento masculino (FM), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PR) e produtividade de grãos (PG), referentes a 75 híbridos *topcrosses* de milho e seis testemunhas comerciais, avaliados em dois espaçamentos entre linhas. UNICENTRO, Guarapuava-PR, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio				
		FM (dias)	AP (m)	AE (m)	PR	PG (kg ha <sup>-1</sup> )
Bloco/Espaçamento	4	6,493	0,035	0,019	0,004	13.034.417,892
Genótipo (G)	80	8,758*	0,035*	0,028*	0,013*	6.152.281,293*
Espaçamento (E)	1	4,166	0,045	0,063	0,052	88.891.252,270
G x E	80	1,900	0,006	0,008*	0,002	3.175.863,648*
Erro médio	320	1,802	0,006	0,005	0,002	1.479.114,197
Média Geral		78,58	2,43	1,47	0,94	11.157
CV (%)		1,72	3,38	4,89	5,01	10,89

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A redução do espaçamento de 0,7m para 0,4m não afetou a PG, corroborando os resultados obtidos por Gilo et al. (2011), Sangoi et al. (2011) e Marcondes et al. (2015) que relatam que o espaçamento entre linhas não interferiu na produtividade de grãos. Por outro lado, Alvarez et al. (2006) e Stacciarini et al. (2010) verificaram que a redução do espaçamento entre linhas proporcionou incremento na PG. Alvarez et al. (2006) relatam que o espaçamento 0,7m entre linhas proporcionou incremento de 500 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade de grãos em relação ao espaçamento de 0,9m entre linhas.

Para FM, AP e PR a análise de variância não constatou diferença significativa para a interação genótipo x espaçamento e, dessa forma, utilizou-se o valor médio conjunto representando os genótipos, o que demonstra comportamento estável dos genótipos para essas características quando os materiais são cultivados nos diferentes espaçamentos entre linhas, sendo um aspecto favorável (Tabela 1 e 2). Esse resultado corrobora os resultados obtidos por Marcondes et al. (2015) que relatam interação genótipo x espaçamento não significativa para o FM e AP em híbridos *topcrosses* de milho gerados a partir do híbrido comercial Penta, em dois espaçamentos entre linhas.

As médias gerais para FM, AP, AE, PR e PG foram de 78,58 dias, 2,43m, 1,47m, 0,94 e 11.157 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1). Esses valores estão próximos aos relatados por Marcondes et al. (2015) em linhagens parcialmente endogâmicas geradas a partir do híbrido comercial Penta em cruzamento *topcross* com o híbrido comercial P30F53, em Guarapuava-PR.

A média geral de florescimento masculino mostrou-se similar à média geral obtida por Marcondes et al. (2015), que foi de 79,8 dias, o que demonstra comportamento estável dos genótipos para

essa característica. Verificou-se para o FM que os valores oscilaram de 75,82 dias (TC103-07) a 81,60 dias (TC203-05), comprovando a variabilidade genética nas linhagens  $S_3$  de milho e possibilidade de seleção de genótipos com florescimento precoce com menos de 77 dias da sementeira até a emissão do pendão (Tabela 2). Dos 75 híbridos *topcrosses* apenas 10,66% foram alocados no grupo de genótipos com FM precoce, juntamente com os híbridos comerciais DKB245 PRO2 e P30B39 H, o que indica que essas linhagens têm potencial para serem utilizadas na obtenção de híbridos de ciclo mais precoce, de interesse na atualidade.

Para a altura de planta (AP) observou-se valores superiores ao relatado em híbridos *topcrosses* obtidos por Marcondes et al. (2015), cuja média foi de 2,30m, avaliada em Guarapuava-PR, e em híbridos *topcrosses* obtidos do cruzamento entre P30P70 x Dow 8460 por Possatto Júnior et al. (2017), cuja média foi 2,18m, avaliada em quatro ambientes (Guarapuava e Cândói, no estado do Paraná e Cândido-Mor e Paracatu, em Minas Gerais). As diferenças devem ser atribuídas à divergência genética entre os materiais e entre os ambientes de avaliação.

Foram formados cinco grupos distintos de genótipos para AP, com valores oscilando de 2,25m (TC103-07) a 2,72m (TC102-01), e no grupo de genótipos com menor AP foram alocados 17,33% dos híbridos *topcrosses* (Tabela 2). Pode-se inferir que há variabilidade genética entre as linhagens para a característica AP, possibilitando a seleção daquelas com menor altura para prosseguir no programa de melhoramento. De acordo com a escala proposta por Pinto et al. (2010), plantas que apresentem altura de 2,20 a 2,80m caracterizam-se como de porte médio e plantas menores que 2,20m como de porte baixo. Dessa forma, todos os genótipos avaliados no experimento

**Tabela 2.** Florescimento masculino (FM), altura de planta (AP), altura de espiga (AE), prolificidade (PR) e produtividade de grãos (PG) referentes a 75 híbridos *topcrosses* de milho e seis testemunhas comerciais avaliados em dois espaçamentos entre linhas. UNICENTRO, Guarapuava-PR, 2018.

Topcross	FM (Dias)		AP (m)		AE (m)				PR		PG (kg ha <sup>-1</sup> )							
	Média conjunta		Média conjunta		Espaçamento entre linhas				Média conjunta		Espaçamento entre linhas							
					0,4m		0,7m				0,4 m		0,7 m					
TC102-01	80,81	a	2,72	a	1,49	b	B	1,66	a	A	1,00	a	13.934	a	A	12.119	a	A
TC102-02	78,50	b	2,37	d	1,45	c	A	1,53	a	A	0,94	b	11.427	a	A	11.161	a	A
TC102-03	78,85	a	2,46	c	1,36	c	B	1,50	a	A	0,95	b	12.738	a	A	9.924	b	B
TC102-04	80,51	a	2,38	d	1,45	c	A	1,45	b	A	0,93	b	11.335	a	A	10.995	a	A
TC102-05	78,00	b	2,44	d	1,37	c	A	1,46	b	A	1,03	a	12.396	a	A	11.552	a	A
TC102-06	77,51	b	2,52	c	1,46	c	A	1,54	a	A	0,97	a	13.374	a	A	11.554	a	A
TC102-07	77,67	b	2,38	d	1,42	c	A	1,39	b	A	0,96	b	10.254	b	A	10.780	a	A
TC102-08	77,11	c	2,46	c	1,48	b	A	1,56	a	A	0,93	b	13.301	a	A	9.550	b	B
TC102-09	80,62	a	2,49	c	1,65	a	A	1,49	a	B	0,94	b	11.933	a	A	9.872	b	A
TC102-10	78,11	b	2,38	d	1,43	c	A	1,41	b	A	0,97	a	11.594	a	A	10.504	b	A
TC102-11	79,53	a	2,45	c	1,53	b	A	1,57	a	A	0,92	b	8.927	c	A	9.524	b	A
TC102-12	79,81	a	2,49	c	1,44	c	B	1,58	a	A	0,96	b	11.493	a	A	11.409	a	A
TC102-13	78,53	b	2,35	e	1,47	b	A	1,49	a	A	0,94	b	11.096	b	A	11.186	a	A
TC102-14	76,60	c	2,34	e	1,31	d	B	1,43	b	A	0,94	b	11.810	a	A	9.934	b	A
TC102-15	77,30	b	2,42	d	1,43	c	A	1,49	a	A	0,92	b	13.434	a	A	11.560	a	A
TC102-16	76,50	c	2,48	c	1,48	b	A	1,47	b	A	0,97	a	11.812	a	A	12.453	a	A
TC102-17	78,50	b	2,44	d	1,54	b	A	1,53	a	A	0,88	c	13.851	a	A	12.257	a	A
TC102-18	78,00	b	2,43	d	1,40	c	A	1,45	b	A	1,00	a	12.513	a	A	9.891	b	A
TC102-19	79,03	a	2,41	d	1,46	c	A	1,38	b	A	0,98	a	11.179	b	A	11.093	a	A
TC102-20	78,61	a	2,43	d	1,49	b	A	1,56	a	A	1,00	a	11.700	a	A	9.531	b	A
TC102-21	78,50	b	2,46	c	1,54	b	A	1,59	a	A	0,85	c	13.652	a	A	11.594	a	A
TC102-22	77,00	c	2,38	d	1,39	c	A	1,39	b	A	0,86	c	10.635	b	A	10.989	a	A
TC102-23	77,82	b	2,38	d	1,42	c	A	1,41	b	A	1,01	a	10.535	b	A	9.392	b	A
TC102-24	77,52	b	2,42	d	1,50	b	A	1,46	b	A	0,95	b	13.570	a	A	11.614	a	A
TC102-25	79,61	a	2,51	c	1,56	b	A	1,54	a	A	0,95	b	12.554	a	A	9.690	b	B
TC103-01	77,30	b	2,47	c	1,48	b	A	1,51	a	A	0,96	b	12.868	a	A	11.368	a	A
TC103-02	78,33	b	2,42	d	1,50	b	A	1,42	b	A	0,98	a	12.234	a	A	10.105	b	B
TC103-03	77,82	b	2,46	c	1,45	c	A	1,45	b	A	0,93	b	13.210	a	A	9.722	b	B
TC103-04	76,11	c	2,58	b	1,53	b	A	1,55	a	A	0,86	c	12.370	a	A	11.087	a	A
TC103-05	78,61	a	2,50	c	1,48	b	A	1,39	b	A	0,99	a	10.462	b	A	9.318	b	A
TC103-06	79,61	a	2,36	e	1,52	b	A	1,51	a	A	0,94	b	9.520	c	A	10.406	b	A
TC103-07	75,82	c	2,25	e	1,23	e	B	1,38	b	A	0,97	a	10.236	b	A	8.809	b	A
TC103-08	78,81	a	2,36	e	1,46	c	A	1,49	a	A	0,98	a	12.129	a	A	10.449	b	A
TC103-09	77,80	b	2,31	e	1,37	c	A	1,43	b	A	1,01	a	11.345	a	A	10.100	b	A
TC103-10	78,10	b	2,53	c	1,44	c	B	1,60	a	A	0,95	b	11.922	a	A	10.190	b	A
TC103-11	79,80	a	2,45	d	1,44	c	A	1,50	a	A	0,92	b	12.690	a	A	11.686	a	A
TC103-12	79,50	a	2,38	d	1,43	c	A	1,44	b	A	0,97	a	11.438	a	A	10.312	b	A
TC103-13	79,80	a	2,42	d	1,43	c	B	1,54	a	A	1,00	a	12.370	a	A	9.507	b	B
TC103-14	76,50	c	2,38	d	1,31	d	B	1,46	b	A	0,93	b	10.491	b	A	11.092	a	A
TC103-15	79,11	a	2,42	d	1,40	c	A	1,45	b	A	0,94	b	9.316	c	A	10.595	b	A
TC103-16	79,51	a	2,39	d	1,36	c	B	1,57	a	A	0,95	b	11.971	a	A	9.655	b	B
TC103-17	79,62	a	2,43	d	1,43	c	A	1,49	a	A	0,98	a	12.253	a	A	13.116	a	A
TC103-18	77,63	b	2,47	c	1,58	a	A	1,60	a	A	0,93	b	11.495	a	A	11.477	a	A
TC103-19	79,83	a	2,38	d	1,44	c	A	1,42	b	A	0,93	b	12.569	a	A	11.081	a	A
TC103-20	76,13	c	2,31	e	1,21	e	B	1,37	b	A	0,97	a	7.623	c	A	9.550	b	A
TC103-21	79,64	a	2,32	e	1,38	c	A	1,43	b	A	0,98	a	11.333	a	A	8.189	b	B
TC103-22	78,81	a	2,43	d	1,55	b	A	1,54	a	A	1,04	a	10.897	b	A	11.664	a	A
TC103-23	79,52	a	2,37	d	1,47	b	A	1,44	b	A	0,99	a	9.513	c	A	10.542	b	A
TC103-24	79,36	a	2,58	d	1,66	a	A	1,59	a	A	0,89	c	12.943	a	A	13.342	a	A
TC103-25	79,80	a	2,35	e	1,49	b	A	1,44	b	A	1,01	a	11.094	b	A	9.668	b	A
TC203-01	78,80	a	2,39	d	1,40	c	A	1,50	a	A	0,92	b	10.868	b	A	9.581	b	A
TC203-02	78,10	b	2,40	d	1,43	c	A	1,42	b	A	0,93	b	11.492	a	A	10.482	b	A
TC203-03	78,50	b	2,47	c	1,55	b	A	1,48	b	A	0,93	b	10.155	b	A	8.991	b	A
TC203-04	79,50	a	2,59	b	1,49	b	A	1,52	a	A	0,99	a	11.702	a	A	12.392	a	A
TC203-05	81,60	a	2,59	b	1,53	b	A	1,54	a	A	0,96	b	13.593	a	A	10.974	a	B
TC203-06	77,80	b	2,51	c	1,49	b	A	1,55	a	A	1,00	a	11.015	b	A	11.127	a	A
TC203-07	78,00	b	2,33	e	1,33	d	A	1,38	b	A	1,01	a	12.270	a	A	10.580	b	A
TC203-08	79,00	a	2,43	d	1,51	b	A	1,48	b	A	0,80	d	13.068	a	A	12.174	a	A
TC203-09	77,81	b	2,44	d	1,47	b	A	1,56	a	A	0,96	b	10.487	b	A	11.855	a	A
TC203-10	79,31	a	2,53	c	1,65	a	A	1,63	a	A	0,90	c	10.132	b	A	11.329	a	A
TC203-11	79,00	a	2,42	d	1,51	b	A	1,47	b	A	0,93	b	12.809	a	A	10.816	a	A
TC203-12	78,10	b	2,35	e	1,52	b	A	1,38	b	B	0,94	b	9.004	c	A	10.058	b	A
TC203-13	80,00	a	2,45	c	1,50	b	A	1,56	a	A	0,96	b	7.480	c	B	10.791	a	A
TC203-14	78,54	b	2,27	e	1,39	c	A	1,41	b	A	0,88	c	12.756	a	A	11.222	a	A
TC203-15	78,00	b	2,45	c	1,43	c	A	1,50	a	A	0,90	c	10.138	b	B	13.004	a	A
TC203-16	79,11	a	2,40	d	1,39	c	B	1,52	a	A	0,95	b	10.328	b	A	9.231	b	A
TC203-17	79,61	a	2,41	d	1,58	a	A	1,50	a	A	0,97	a	10.308	b	A	10.567	b	A
TC203-18	78,31	b	2,46	c	1,52	b	A	1,53	a	A	0,98	a	12.045	a	A	10.642	b	A
TC203-19	80,51	a	2,50	c	1,55	b	A	1,51	a	A	0,92	b	13.901	a	A	10.859	a	B
TC203-20	78,10	b	2,42	d	1,60	a	A	1,54	a	A	0,95	b	10.700	b	A	10.056	b	A
TC203-21	79,50	a	2,47	c	1,59	a	A	1,56	a	A	0,99	a	11.556	a	A	10.409	b	A
TC203-22	80,00	a	2,58	b	1,52	b	A	1,60	a	A	0,76	d	12.271	a	A	13.027	a	A
TC203-23	79,80	a	2,40	d	1,41	c	A	1,41	b	A	0,97	a	11.720	a	A	9.942	b	A
TC203-24	78,60	a	2,53	c	1,54	b	A	1,53	a	A	0,93	b	12.171	a	A	12.067	a	A
TC203-25	80,60	a	2,36	e	1,40	c	A	1,43	b	A	1,02	a	10.935	b	A	9.617	b	A
DKB245 PRO2 (T)	76,81	c	2,41	d	1,48	b	A	1,42	b	A	0,95	b	12.004	a	A	10.350	b	A
P30F53 H	78,34	b	2,49	c	1,55	b	A	1,53	a	A	0,95	b	14.426	a	A	11.476	a	B
P30B39 H (G)	76,00	c	2,41	d	1,40	c	A	1,32	b	A	1,00	a	12.433	a	A	11.343	a	A
AS1572 (G)	78,10	b	2,43	d	1,51	b	A	1,53	a	A	0,96	b	8.741	c	A	9.913	b	A
DKB315 PRO	77,80	b	2,51	c	1,62	a	A	1,59	a	A	0,95	b	12.189	a	A	10.090	b	A
SG6030 PRO	79,10	a	2,41	d	1,44	c	A	1,48	b	A	0,96	b	10.380	b	A	11.010	a	A
Média	78,58		2,43		1,46			1,49			0,94		11.585			10.730		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha pertencem a um mesmo grupo estatístico pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

T: Testador, G: Genitor, TC: Topcross.

são considerados de porte médio. Genótipos com AP e AE mais baixos são desejáveis, pois são menos vulneráveis ao acamamento e ao quebraamento de plantas (Alvarez et al., 2006).

A interação genótipo x espaçamento foi significativa para altura de espiga (AE) (Tabela 1). Dessa forma, os valores foram apresentados para cada espaçamento entre linhas, separados (Tabela 2). Vários genótipos se destacaram quanto a AE, demonstrando porte baixo, com alturas semelhantes ou inferiores às testemunhas, característica essa desejada, em virtude da tendência de maior adensamento da cultura do milho em plantios comerciais.

Ocorreu a formação de cinco grupos distintos de genótipos para a AE no espaçamento entre linhas de 0,4m, com valores oscilando de 1,21 m a 1,66 m, relativos aos *topcrosses* TC103-20 e TC103-24, respectivamente (Tabela 2). Por outro lado, no espaçamento entre linhas de 0,7m ocorreu a formação de dois grupos de genótipos, com amplitude dos valores de 1,32 m (P30B39 H) a 1,66 m (TC102-01). Embora a maior AE possa favorecer o acamamento, no presente estudo não ocorreu acamamento de plantas.

Para a prolificidade (PR), não foram detectadas diferenças significativas na interação genótipo x espaçamento (Tabela 1) e, portanto, os valores foram apresentados e discutidos pela média conjunta dos dois espaçamentos entre linhas. Constatou-se a formação de quatro grupos de genótipos (Tabela 2), com variação dos valores de 0,76 (TC203-22) a 1,04 (TC103-22), confirmando que há variabilidade entre os genótipos e que é possível fazer seleção de linhagens promissoras para esta característica para prosseguir no programa de melhoramento. Dos 75 híbridos *topcrosses* avaliados, 40% foram ranqueados no primeiro grupo de genótipos com maior prolificidade, juntamente com o híbrido comercial P30B39 H.

Com população de 70.000 plantas por hectare em ambos os espaçamentos entre linhas, pode-se inferir que não ocorreu competição intraespecífica para a prolificidade, provavelmente devido à utilização de população de plantas recomendada para a região de Guarapuava-PR.

Para a produtividade de grãos (PG) a média geral foi superior à média nacional (5.336 kg ha<sup>-1</sup>), de acordo com a Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018), mas em consonância com os resultados de PG relatados em experimentos na região de Guarapuava-PR (Oliboni et al., 2013; Gralak et al., 2015; Marcondes et al., 2015; Possatto Júnior et al., 2017; Silva et al., 2017).

A interação genótipo x espaçamento foi significativa para PG (Tabela 1), corroborando os resultados encontrados por Marcondes et al. (2015), na avaliação de híbridos *topcrosses* de milho em diferentes espaçamentos entre linhas. A interação de genótipo x ambiente em híbridos *topcrosses* é relatada na literatura (Clovis et al., 2015; Silva et al., 2017; Possatto Júnior et al., 2017). Assim, as médias de PG foram analisadas separadamente para cada espaçamento entre linhas.

A produtividade de grãos no espaçamento de 0,4m oscilou de 7.480 kg ha<sup>-1</sup> (TC203-13) a 14.426 kg ha<sup>-1</sup> (P30F53 H) (Tabela 2), comprovando a variabilidade genética e a possibilidade de seleção de linhagens superiores para este caráter. No grupo das maiores médias de PG foram alocados 64% dos híbridos *topcrosses*, juntamente com os híbridos comerciais P30F53 H, P30B39 H, DKB315 PRO e DKB245 PRO2.

No espaçamento de 0,7m os valores de PG oscilaram de 8.189 kg ha<sup>-1</sup> (TC103-21) a 13.342 kg ha<sup>-1</sup> (TC103-24), no grupo das maiores médias foram agrupados 49,33% dos híbridos *topcrosses* que não

diferiram estatisticamente dos híbridos comerciais P30B39 H, P30F53 H e SG6030 PRO. Esses *topcrosses* atingiram médias superiores ao híbrido AS1572, DKB315 PRO e DKB245 PRO2 que formaram o grupo de menor PG, juntamente com os demais híbridos *topcrosses* (Tabela 2). Este fato comprova o potencial das linhagens genitoras desses *topcrosses* para obtenção de novos híbridos.

Com produtividade de grãos acima de 11.500 kg ha<sup>-1</sup> nos dois espaçamentos entre linhas destacaram as linhagens S<sub>3</sub> genitoras dos híbridos *topcrosses* da população 102 (TC102-01, TC102-05, TC102-06, TC102-15, TC102-16, TC102-17, TC102-21 e TC102-24), população 103 (TC103-11, TC103-17 e TC103-24) e da população 203 (TC203-04, TC203-08, TC203-22 e TC203-24), com PG superior aos híbridos comerciais, sendo as mais indicadas para serem avançadas no processo de endogamia para posterior obtenção de novos híbridos (Tabela 2).

Os resultados observados no presente trabalho são respaldados por informações encontradas na literatura que demonstram a possibilidade de selecionar híbridos *topcrosses* capazes de alcançar e/ou superar a produtividade de grãos de testemunhas comerciais, como os resultados obtidos por Pfann et al. (2009), Oliboni et al. (2013), Marcondes et al. (2015), Clovis et al. (2015), Souza Neto et al. (2015), Possatto Júnior et al. (2017) e Silva et al. (2017). Assim, as linhagens S<sub>3</sub> que deram origem aos híbridos *topcrosses* de melhor desempenho em relação à produtividade de grãos podem ser selecionadas para prosseguir no processo de endogamia do programa de melhoramento.

Foram identificados híbridos *topcrosses* com produtividades semelhantes ou superiores a alguns híbridos comerciais, cujas respectivas linhagens S<sub>3</sub> são promissoras quanto ao potencial produtivo em

combinações híbridas. Isso reforça o potencial da população-base, obtida a partir de híbridos comerciais para a extração de linhagens.

### Conclusões

A redução do espaçamento entre linhas de 0,70m para 0,40m com população de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> não afetou o desempenho agrônomico dos híbridos *topcrosses*.

O híbrido DKB245 utilizado como testador foi eficiente na discriminação do mérito relativo das linhagens S<sub>3</sub> em cruzamento *topcross*.

Destacaram-se os híbridos *topcrosses* TC102-05, TC102-06, TC102-15, TC102-16, TC102-17, TC102-21 e TC102-24 para produtividade de grãos, estatura média e florescimento precoce, cujas respectivas linhagens S<sub>3</sub> devem ser avançadas no processo de endogamia do programa de melhoramento.

### Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de estudo de mestrado e de iniciação científica, e à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro.

### Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2017/18: sétimo levantamento. Brasília, DF: Conab, v. 5, n. 7, abr. 2018. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/16780\\_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/16780_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006. DOI: [10.1590/S1413-70542006000300003](https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000300003).
- AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. de. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações  $S_0$  de híbridos simples comerciais. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 561-567, 2005. DOI: [10.1590/S0006-87052005000400005](https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000400005).
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001. DOI: [10.1590/S0100-204X2001000100009](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100009).
- BERES, B. L.; BREMER, B.; VAN DASSELAAR, C. Response of irrigated corn silage to seeding rate and row spacing in Southern Alberta. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 88, n. 4, p. 713-716, 2008. DOI: [10.4141/CJPS08012](https://doi.org/10.4141/CJPS08012).
- CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 87-95, 2016.
- CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V.; DUTRA, D. P.; CORNÉLIO, G. L. Avaliação de *topcrosses* de milho no Sul de Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 557-564, 2011. DOI: [10.5039/agraria.v6i4a865](https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a865).
- CLOVIS, L. R.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B.; BOLSON, E.; SENHORINHO, H. J. C. Avaliação de linhagens  $S_3$  de milho por meio de testadores adaptados à safrinha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 109-120, 2015.
- CRUZ, C. D. Genes Software: extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016.
- CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; BICUDO, S. J.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; MACHADO, C. G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivado em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5, p. 733-739, 2008.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2014. v. 2, 668 p.
- DAVIS, R. L. **Report of the plant breeder**. Puerto Rico: Agricultural Experiments Annual Report, 1927.
- FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E.; AZEVEDO FILHO, J. A.; GUIMARÃES, P. S. Desempenho de 71 híbridos *topcrosses* de linhagens  $S_3$  de milho em três locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 319-327, 2009.
- FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; SANTOS, F. M. da C. Potencial de híbridos comerciais de milho para obtenção de linhagens em programas de melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 304-311, 2010. DOI: [10.5216/pat.v40i3.7017](https://doi.org/10.5216/pat.v40i3.7017).
- GILO, E. G.; SILVA JÚNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S. LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado sul-matogrossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 908-914, 2011.
- GRALAK, E.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; POSSATTO JÚNIOR, O.; GABRIEL, A.; MENDES, M. C.; SCAPIM, C. A.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para produção de grãos e severidade de doenças foliares em dialelo circulante. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 116-129, 2015. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p116-129](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p116-129).
- GUEDES, F. L.; SOUZA, J. C.; COSTA, E. F. N.; REIS, M. C.; CARDOSO, G. A.; EMATNÉ, H. J. Evaluation

- of maize *topcrosses* under two nitrogen levels. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1115-1121, 2011. DOI: [10.1590/S1413-70542011000600011](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600011).
- LI, C.; LI, Y.; SHI, Y.; SONG, Y.; ZHANG, D.; BUCKLER, E. S.; ZHANG, Z.; WANG, T.; LI, Y. Genetic control of the leaf angle and leaf orientation value as revealed by ultra-high density maps in three connected maize populations. **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 3, p. 1-13, 2015. DOI: [10.1371/journal.pone.0121624](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121624).
- MARCONDES, M. M.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIVEIRA, B. R.; SANTOS, J. F.; MATCHULA, P. H.; WALTER, A. L. B. Desempenho agrônomico de linhagens S4 de milho em cruzamentos *topcrosses*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 145-154, 2015. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p145-154](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n1p145-154).
- MENDES, M. C.; MATCHULA, P. H.; ROSSI, E. S.; OLIVEIRA, B. R. de; SILVA, C. A. da; SÉKULA, C. R. Aducação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 92-101, 2013. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p92-101](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p92-101).
- MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.
- 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, n. 1, p. 7-18, 2013. DOI: [10.5433/1679-0359.2013v34n1p7](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n1p7).
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 159-178, 2001. DOI: [10.13082/1984-7033.v01n02a07](https://doi.org/10.13082/1984-7033.v01n02a07).
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 429-486.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LUDERS, R. R.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E. Desempenho de híbridos triplos de milho obtidos de *topcrosses* em três locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 597-605, 2006. DOI: [10.1590/S0006-87052006000400010](https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400010).
- 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, n. 3, p. 635-641, 2009. DOI: [10.1590/S0103-84782009000300002](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000300002).
- 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, n. 4, p. 1071-1078, 2010. DOI: [10.5433/1679-0359.2010v31n4p1071](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n4p1071).
- POSSATTO JÚNIOR, O.; FARIA, M. V.; BATTISTELLI, G. M.; ROSSI, E. S.; MARCK, D. F.; SILVA, C. A.; GABRIEL, A.; GRALAK, E. Avaliação de linhagens S<sub>2</sub> de milho em *topcrosses* com linhagem-elite testadora. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 16, n. 2, p. 259-271, 2017. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v16n2p297-309](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n2p297-309).
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002. DOI: [10.1590/S0006-87052002000200003](https://doi.org/10.1590/S0006-87052002000200003).
- SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T.; SOUZA, C. A. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011. DOI: [10.1590/S0100-204X2011000600006](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000600006).

- 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.
- SERPA, A. de F.; MENDES, M. C.; FARIA, M. V.; ÁVILA, F. W. de; SZEUCZUK, K.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Nitrogen as top-dressing and sowing densities on agronomic characteristics of maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 10, p. 703-708, 2017. DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p703-708](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p703-708).
- SILVA, C. A.; FARIA, M. V.; ROSSI, E. S.; POSSATTO JÚNIOR, O.; BATTISTELLI, G. M.; GABRIEL, A.; MARCK, D. F. Performance and stability of maize *topcross* hybrids from partly inbred lines. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 5, p. 2899-2908, 2017.
- SOUZA NETO, I. L.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A.; JOBIM, C. C.; FIGUEIREDO, A. S. T.; BIGNOTTO, L. S. Análise dialélica e depressão endogâmica de híbridos forrageiros de milho para características agronômicas e de qualidade bromatológica. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 1, p. 42-49, 2015. DOI: [10.1590/1678-4499.0315](https://doi.org/10.1590/1678-4499.0315).
- STACCIARINI, T. C. V.; CASTRO, P. H. C.; BORGES, M. A.; GUERIN, H. F.; MORAES, P. A. C.; GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010. DOI: [10.1590/S0034-737X2010000400012](https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400012).