

Análise dialélica entre genótipos comerciais de milho verde para características relacionadas à produtividade

Filipe Augusto Bengosi Bertagna⁽¹⁾; **Maurício Carlos Kuki**⁽²⁾; **Marcelo Akira Saito**⁽³⁾; **Amanda Tami Kuroda**⁽⁴⁾; **Hayssa Vilela Santos**⁽⁵⁾; **Alex Viana Alves**⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento - UEM; Maringá, Paraná; E-mail: filipeabbertagna@gmail.com; ⁽²⁾ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento; ⁽³⁾ Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá ⁽⁴⁾ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia; ⁽⁵⁾⁽⁶⁾ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento.

RESUMO: O milho verde representa uma excelente alternativa de produção para pequenos e médios produtores, contudo, a falta de genótipos destinados à produção *in natura* representa um entrave dentro do sistema produtivo da cultura. Este trabalho tem como objetivo avaliar, por meio de cruzamentos dialélicos, a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) de nove genitores, para as principais características relacionadas à produção de milho verde. Foram avaliados, por meio do método 3 proposto por Griffing (1956), 36 híbridos F1's e 36 cruzamentos recíprocos, juntamente com duas testemunhas comerciais. Os 74 tratamentos foram delineados em blocos incompletos tipo alfa látice, nas localidades de Maringá e Sabáudia, na safra verão de 2014/15. A análise de variância conjunta demonstrou significância de tratamentos para todas as características avaliadas, contudo, a interação entre genótipos e ambientes foi não significativa para produtividade de espigas empalhadas. O resultado da análise dialélica permitiu identificar diferenças entre os genitores para efeitos aditivos e não aditivos para as características altura de plantas (AP) e produtividade de espigas despalhadas (PE). Com base nos efeitos aditivos, o genitor AM811 foi selecionado para AP e PE. Os cruzamentos específicos AM811 x CD316 e AM811 x AG1051 apresentaram as melhores CEC e deverão ser utilizados para o melhoramento interpopulacional de milho verde.

Termos de indexação: Milho *in natura*, capacidade geral e específica de combinação, efeitos gênicos.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, ocupando um cenário de destaque dentro do agronegócio brasileiro e

forneendo produtos amplamente utilizados para a alimentação humana, animal e matéria prima para a indústria. Devido ao fato de ser um produto de boa aceitação e alto valor agregado, o milho verde atinge melhores preços de mercado que o milho grão. É uma excelente alternativa para o cultivo comercial, principalmente para os pequenos produtores, pois além de permitir a liberação da área para outros plantios, há um maior retorno de capital por área semeada (Albuquerque et al., 2008).

Em relação ao grão seco, a colheita do milho verde é mais precoce, com cerca de 70% a 80% de umidade, no estágio morfofisiológico conhecido como R3, ou “grãos leitosos”, obtida 19 a 25 dias após a polinização. Segundo Pereira Filho et al. (2003), uma cultivar destinada à produção de milho verde deve reunir alguns atributos, tais como produtividade de espigas empalhadas acima de 12 t.ha⁻¹, maior período útil de colheita, porte médio de plantas, precocidade e alta porcentagem de espigas comerciais. A falta de genótipos destinados à produção *in natura*, que reúnam características produtivas e de qualidade, representa o principal desafio dentro do nicho de produção do milho verde.

O sucesso de um programa de melhoramento de milho depende de seu germoplasma (Hallauer, 1990). As populações a serem utilizadas nos programas de melhoramento podem variar desde variedades de polinização livre até as derivadas de híbridos comerciais. A utilização de híbridos comerciais é uma boa alternativa para a obtenção de linhagens promissoras, pois além de serem materiais adaptados, possuem maior quantidade de alelos favoráveis fixados, graças a uma intensa pressão de seleção durante o longo processo de melhoramento (Oliboni et al., 2013).

Este trabalho tem como objetivo avaliar, por meio de cruzamentos dialélicos, a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de

combinação (CEC) de nove genótipos, sendo sete híbridos de linhagem e duas variedades comerciais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os híbridos foram obtidos por meio de um dialelo completo na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Maringá – PR, no ano agrícola 2013/2014. Foram utilizados nove genitores (Tabela 1) para obter 36 híbridos F₁'s e 36 recíprocos. Como testemunhas, foram utilizados um híbrido simples (tipo de grão *flint*) disponibilizado pela Balu Sementes e um híbrido triplo da EMBRAPA (tipo de grão *dent*), ambos destinados à produção de milho verde.

Tabela 1 - Características das cultivares utilizadas no dialelo, quanto a base genética, ciclo, empresa, textura de grão, cor do grão e aptidão de produção

Genótipo	B.G.	Ciclo	Tipo grão	Aptidão
AG 1051	HD ¹	SMP ⁴	Dentado	G ⁶ /S ⁷ /MV ⁸
AG 4051	HT ²	SMP	Dentado	G/S/MV
AL Pirat.	V ³	SMP	Semident.	G/S/MV
Cativ. 02	V	SMP	Dentado	S/MV
CD 316	HS	SP ⁵	Semiduro	G
CD 393	HS	SP	Duro	G
AM 606	HS	SP	Semiduro	G/S/MV
AM 811	HS	SP	Semident.	G/S/MV
HTMV1	HT	SMP	Semident.	G/S/MV

¹ HD: híbrido duplo, ² HT: híbrido triplo, ³ V: variedade de polinização aberta, ⁴ SP: Super precoce, ⁵ SMP: Semi precoce, ⁶ G: uso como grão, ⁷ S: uso como silagem, ⁸ MV: uso como milho verde.

A instalação do experimento ocorreu nos municípios de Maringá–PR e Sabáudia–PR, no ano agrícola 2014/2015. Cada parcela foi constituída por duas fileiras de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,9 m entre fileiras e 0,2 entre plantas. Foram semeadas duas plantas por cova, e após 40 dias de emergência foi realizado o desbaste.

O delineamento utilizado foi o alfa látice. O conjunto de 74 tratamentos foi constituído por dois grupos formados por 2 Testemunhas e 72

genótipos. Esse último grupo pode ser dividido em dois subgrupos, formados por 36 F₁'s e 36 recíprocos.

Aos 25 dias após o florescimento feminino foram coletadas as variáveis respostas nos experimentos. Os caracteres agrônômicos estudados foram: florescimento feminino (FF, dias após plantio), altura média das plantas (AP, cm), altura de inserção da espiga (AE, cm), número de espigas (NE) e produtividade de espigas empalhadas (PE, kg.ha⁻¹).

Primeiramente, foram realizadas as análises intrablocos com recuperação da informação interblocos dos dados dos caracteres avaliados.

As análises dialélicas foram obtidas a partir das médias de cada local, segundo os modelos estatísticos de Griffing (1956), método 3, o qual considera o efeito das F₁'s e recíprocos.

Para as análises de variância, simples e conjunta, foi utilizado o software SAS 9.3. Para os respectivos desdobramentos das somas de quadrados, foi utilizado o software Excel. Para a análise dialélica, foi utilizado o programa GENES (Cruz, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre os maiores e os menores quadrados médios dos erros médios efetivos foram inferiores que 7:1, possibilitando a realização da análise conjunta dos dados coletados nos dois experimentos (Banzatto & Kronka, 2006). Na Tabela 2 são apresentados os quadrados médios das análises de variância conjuntas para os caracteres altura de plantas (AP) e produtividade de espigas empalhadas (PE).

Verificou-se significância, em nível de 5% para a fonte de variação *Dialelo*, para os desdobramentos F₁ e RC, e também para o contraste *entre* grupos, em todas as variáveis estudadas. Os resultados da análise conjunta indicaram ainda diferenças significantes entre as testemunhas para a variável AP. Tais resultados permitem concluir que há diferenças significativas entre os efeitos genéticos dos genitores. Estas diferenças permitem a seleção dos melhores genitores, com base nos efeitos genéticos, com o objetivo de ganhos futuros na extração de linhagens em programas de melhoramento de milho verde.

A significância da interação entre tratamentos e locais entre híbridos comerciais de milho verde foi também observada por Oliboni et al. (2013).

Para a altura de plantas, ocorreram diferenças significantes, a $p < 0.05$, para as interações *Dialelos* com *Locais*, RC com *Locais*, e *Entre Grupos* com *Locais*.

Para produtividade de espigas empalhadas (PE), não houve uma interação entre os genótipos e os ambientes avaliados, considerando assim para esta característica, um comportamento médio dos genótipos dentro dos ambientes. A similaridade entre os ambientes avaliados, principalmente no que se refere à precipitação e temperatura média, é uma das explicações para o comportamento médio dos genótipos nos locais. Rodrigues (2009) obteve resultados similares avaliando híbridos simples de linhagens destinados à produção de milho verde, avaliados em Lavras e Ijaci – MG.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para as variáveis altura de plantas (AP) e produtividade de espigas empalhadas (PE)

FV	GL	QM	
		AP	PE
Rep/Loc	4	431,13	8619120
Bl/Rep/Loc	48	315,06	7909715
Loc	1	22305227,54 [*]	119051494094 [*]
Trat (aj.)	73	306178,31 [*]	1644597151,13 [*]
<i>Dialelo</i>	71	761,47 [*]	13894543,23 [*]
<i>F1</i>	35	736,02 [*]	14333747,52 [*]
<i>RC</i>	35	794,35 [*]	13129229,86 [*]
<i>F1 vs RC</i>	1	501,55 ^{ns}	25308360,75 ^{ns}
<i>Test</i>	1	525,10 [*]	2454360,75 ^{ns}
<i>E. G.</i>	1	22296426,73 [*]	119066625102 [*]
T x Loc	73	252,59[*]	3929993^{ns}
<i>Dialelo x Loc</i>	71	134,85 [*]	3953415 ^{ns}
<i>F1 x Loc</i>	35	80,30 ^{ns}	3410057 ^{ns}
<i>RC x Loc</i>	35	192,89 [*]	4591394 ^{ns}
<i>F1vsRCxLoc</i>	1	12,69 ^{ns}	641718 ^{ns}
<i>Test x Loc</i>	1	326,25 ^{ns}	1590251 ^{ns}
<i>E. G. x Loc</i>	1	8538,91 [*]	4606765 ^{ns}
Erro Ef. Médio	244	86,60	3496486

CV(%)	-	4,15	11,42
Média	-	224,08	16.372,02
Efic. Látice (%)	-	143,37	120,74

*Significativo a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade.

É possível observar na Tabela 3 os quadrados médios da análise de variância dialélica de Griffing (1956) conjunta para os caracteres de AP e PE. Dessa forma, observou-se a variabilidade genética entre os 72 genótipos, obtidos a partir do cruzamento de nove genitores comerciais, bem como suas interações com os ambientes para praticamente todas as características avaliadas.

Tabela 3 - Quadrados médios da análise de variância dialélica de Griffing (1956) conjunta dos caracteres altura média de plantas (AP) e produtividade de espigas empalhadas (PE) de 72 combinações híbridas

FV	GL	QM	
		AP	PE
Dialelo	71	761,47 [*]	13.894.543,22 [*]
CGC	8	4.936,71 [*]	42.797.287,55 [*]
CEC	27	313,20 [*]	16.049.531,54 [*]
ER	36	169,85 ^{ns}	5.855.469,92 ^{ns}
Loc	1	8.391,52 [*]	4.116.065,33 [*]
Dialelo x Loc	71	134,85 [*]	3.953.415,94 ^{ns}
CGC x Loc	8	197,51 [*]	3.729.908,82 ^{ns}
CEC x Loc	27	98,56 ^{ns}	39.859.063,08 ^{ns}
ER x Loc	36	148,13 [*]	3.978.716,58 ^{ns}
Resíduo	244	86,60	34.96.486,00

A significância das CGC indica que os híbridos comerciais e as variedades utilizadas como genitores diferenciaram-se na contribuição de alelos favoráveis com efeitos aditivos às suas progênies. Por outro lado, a variabilidade das CEC indica combinações híbridas com desempenho diferente do esperado com base apenas nos efeitos da CGC.

No entanto, a significância da interação dos cruzamentos com os locais mostra uma redução na correlação entre o fenótipo e o genótipo, limitando as inferências sobre o comportamento genético de um determinado material.

É possível observar, a partir dos desdobramentos da fonte de variação dialélica em capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e comportamento dos híbridos em relação aos caracteres estudados. Em relação à CGC e a CEC, houve diferenças significativas para as variáveis altura de planta (AP) e produtividade de espigas empalhadas (PE).

Os efeitos de CEC significativos indicam a presença de efeitos gênicos não aditivos nos loci relacionados, pois, na ausência de dominância a CEC não acusa significância (Vencovsky & Barriga, 1992).

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos de \hat{g}_i , entre nove genitores, para as características AP e PE para os municípios de Sabáudia (Sab) e Maringá (Mga), ou para o Ambiente Médio (Média)

Genitores	AP		PE
	Sab	Mga	Média
AM606	-13,75	-8,868	94,167
AM811	-4,845	-10,413	1.729,952
HTMV1	-3,092	-5,248	-235,798
AL PR.	8,871	5,572	-29,833
CAT 02	10,664	12,995	117,381
CD316	-5,975	-5,071	-457,905
CD393	-1,161	-0,428	4,06
AG1051	3,622	5,317	-765,44
AG4051	4,99	6,146	-456,583

À medida que se analisa a interação Dialélica x Locais, há evidências de diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, para todas as variáveis respostas, exceto para produtividade de espigas empalhadas (PE). Portanto, as interações

significantes dos desdobramentos dos graus de liberdade de tratamentos com os locais sugerem a presença de interações complexas entre os híbridos e os locais (Pinto et al., 2007). De acordo com os resultados obtidos, o genitor AM811 apresenta potencial para uso em programas de melhoramento, dados os efeitos de capacidade geral de combinação, uma vez que possui alelos favoráveis à redução do fenótipo assumido dentro de um determinado caráter frente aos dois ambientes. Além disso, apresentou valores negativos de \hat{g}_i 's para caracteres como AP e valores elevados par PE (Tabela 4). Isto é desejado nos programas de melhoramento, pois todas as características esperadas estão em um único material.

A combinação AM811 x CD316 (-5,453) foi selecionada para a variável AP por apresentar as menores estimativas de CEC. Por outro lado, a combinação AM811 x AG1051 (1.073,571) apresentou CEC superior às demais para PE.

CONCLUSÕES

Em termos individuais, o grande destaque do trabalho foi o parental AM811, por seus valores adequados de \hat{g}_i em caracteres importantes aos programas de melhoramento de milho verde, por seu potencial como fonte de linhagens superiores e por participar das principais combinações híbridas avaliadas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-75, abr./jun. 2008.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**, 4 ed., Jaboticabal: Funep, 237p., 2006.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal Biology Science**, Melbourne, 9: 463-493, 1956.
- OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; RESENDE, J. T. V.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; OLIBONI, D. F. Análise dialélica 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.



PEREIRA FILHO, I. A. (Ed. Tec.). O cultivo do milho verde. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003. 204 p.

PINTO, R. J. B.; KVITSCHAL, M. V.; SCAPIM, C. A.; FRACARO, M.; BIGNOTTO, L. S.; SOUZA NETO, I. L.. Análise dialélica parcial de linhagens de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3, p. 325-337. 2007.

RODRIGUES, F.; PINHO, R. G. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FARIA FILHO, E. M.; GOULART, G. DE C. Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando à produção de milho verde. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.75-84, 2009.

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



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
