

## CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS TEMPERADAS E TROPICAIS DE MILHO COMUM

**ALEX VIANA ALVES<sup>(1)</sup>; VANIA PORTES KULKA<sup>(2)</sup>; MAURÍCIO CARLOS KUKI<sup>(3)</sup>; OMAR POSSATTO JUNIOR<sup>(4)</sup>; RODRIGO IVAN CONTRERAS-SOTO<sup>(5)</sup>; EVANDREI SANTOS ROSSI<sup>(6)</sup>; ROBSON AKIRA MATSUZAKI<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup>Mestrando; Universidade Estadual de Maringá; Maringá, Paraná; alex\_alves28@hotmail.com;  
<sup>(2)</sup>Pesquisador; KWS; <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup> <sup>(6)</sup> Doutorando; Universidade Estadual de Maringá; <sup>(7)</sup> Mestrando; Universidade Estadual de Maringá;

**RESUMO:** Um dos objetivos do programa de melhoramento de milho é a obtenção de híbridos de linhagens comerciais, explorando a heterose para rendimento. Assim o objetivo deste trabalho foi estudar a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) de linhagens de milho tropicais e temperadas, por meio de cruzamentos dialélicos. As linhagens foram cruzadas entre si na forma de dialelo parcial (grupo I linhagens tropicais e grupo II linhagens temperadas), segundo o modelo proposto por Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988). Os 49 híbridos resultantes destes cruzamentos foram avaliados em delineamento de blocos completos ao acaso, com três repetições, em quatro locais durante a safra verão 2014/2015. Os três caracteres agrônomicos estudados foram: altura média das plantas, altura média das espigas e rendimento de grãos. Houve interação significativa da CGC e CEC x ambientes para ambos os grupos e os genótipos respondem de maneira diferenciada em relação a capacidade combinatória quando altera-se o ambiente. As linhagens L4, L4' e L7' mostraram valores de CGC satisfatórios para produtividade de grãos, sendo recomendada sua exploração em novas combinações híbridas. As combinações híbridas L4 x L7', L4 x L4' e L7 x L7' foram as mais promissoras em relação à produtividade.

**Termos de indexação:** *Zea mays*, dialelo, CEC.

### INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento de alógamas são baseados no desenvolvimento e seleção de híbridos a partir de linhas puras. A utilização de padrões heteróticos em programas de melhoramento, visando a

obtenção de híbridos de milho, constitui uma estratégia que permite explorar e capitalizar a heterose. Assim a identificação de linhagens geneticamente divergentes e com capacidade de combinação favorável, é importante no desenvolvimento de híbridos (Hallauer, 1990).

O método de cruzamentos dialélicos permite estimar os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), que proporciona informações a respeito dos alelos aditivos, e os efeitos da capacidade específica de combinação (CEC), que evidenciam a importância dos efeitos não aditivos no híbrido obtido (Vencovsky & Barriga, 1992).

A avaliação das linhagens quanto à capacidade combinatória é a etapa mais onerosa dos programas de melhoramento de milho, principalmente pelo grande número de híbridos possíveis a partir de um número pequeno de pais (Lanza et al., 1997). Uma opção que proporciona maior flexibilidade, com relação ao número de combinações envolvidas, é o uso do dialelo parcial com genótipos oriundos de distintos grupos heteróticos.

Assim o presente trabalho tem como objetivo estimar por meio de cruzamentos dialélicos parciais, a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) entre dois grupos de linhagens divergentes, para as principais características agrônomicas de milho.

### MATERIAL E MÉTODOS

As linhagens tropicais utilizadas pertencem ao banco de germoplasma da KWS Melhoramento e Sementes Ltda e foram obtidas a partir de sucessivas autofecundações de híbridos comerciais, as linhagens temperadas utilizadas são oriundas dos Estados Unidos. As características das linhagens estão expressas na Tabela 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 1** – Características das 14 linhagens de milho pertencentes ao banco de germoplasma da KWS Melhoramento e Sementes Ltda.

Linhagem	Origem	Tipo de grão
Grupo I - Linhagens Tropicais		
L01	Sint. Cargill 1	Duro
L02	Sint. Cargill 2	Duro
L03	Sint. Cargill 3	Semi Duro
L04	Sint. Pioneer 1	Duro
L05	Sint. Pioneer 2	Semi Duro
L06	Sint. Pioneer 3	Semi Dentado
L07	Sint. Embrapa 1	Semi Duro
Grupo II - Linhagens Temperadas		
B73 (L1')	Stiff Stalk Sintetic	Semi Dentado
MO17(L2')	Lancaster	Dentado
LH82(L3')	Derivado de híbrido comercial	Dentado/Semi Dentado
LH123(L4')	Derivado de híbrido comercial	Semi Dentado
PH207(L5')	Iodent	Dentado
PHG39(L6')	Maiz Amargo	Semi Dentado
PHV78(L7')	Oh07 – Midland	Dentado

As linhagens pertencentes ao grupo I (Tropicais - L1, L2, L3, L4, L5, L6 e L7) foram cruzadas com as linhagens do grupo II (Temperadas – L1', L2', L3', L4', L5', L6' e L7'). As linhagens tropicais foram utilizadas como fêmeas e as linhagens temperadas foram utilizadas como macho. Ao total, foram obtidos 49 híbridos simples.

Os experimentos foram semeados de forma mecanizada em propriedades particulares nos municípios de Campo Largo, Castro, Mauá da Serra e Ponta Grossa durante a safra agrícola 2014/2015. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso com três repetições. Os caracteres agrônômicos avaliados foram altura da planta (AP, cm); altura de inserção da espiga (AE, cm); rendimento de grãos (RG, kg.ha<sup>-1</sup>), com correção da umidade das amostras para 13% de umidade.

Verificou-se a homogeneidade das variâncias pelo teste de Hartley e a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk (p>0,05). Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância individual e conjunta (p<0,05) pelo teste de F. Análises dialélicas parciais foram realizadas por meio das médias dos tratamentos, utilizando o modelo proposto por Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda

Filho(1988). Para as análises utilizou-se o

Os quadrados médios das análises dialélicas conjuntas para as características avaliadas estão apresentados na Tabela 2. Foram observadas diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens do grupo I e do grupo II, de capacidade específica de combinação (CEC) além de todas as interações com os diferentes ambientes para todas as variáveis estudadas. Com isso, conclui-se que tanto os efeitos de CGC (g<sub>i</sub>) quanto os efeitos de CEC (s<sub>ij</sub>) devem ser considerados em cada ambiente.

A contribuição da soma de quadrados da CGC, em relação à soma de quadrados total, foi de 96,17%, 92,86% e 91,96% para AP, AE e RE, respectivamente, indicando maior importância dos efeitos aditivos no controle desses caracteres (Tabela 2). Paterniani (2000), em um dialelo completo envolvendo dez linhagens puras verificou efeitos significativos de CGC e CEC para produtividade, altura das plantas e altura das espigas.

**Tabela 2** - Quadrados médios da análise de variância dialélica conjunta, conforme modelo proposto por Griffing (1956), adaptado por dialelos parciais (sem inclusão dos genitores), dos caracteres altura das plantas (AP), altura das espigas (AE) e rendimento de grãos (RE) de 49 combinações híbridas avaliados durante a safra 2014/2015.

F.V.	QM			QM	
	G.L.	AP (cm)	AE (cm)	G.L.	RE (ton ha <sup>-1</sup> )
Cruzamentos	48	3193.3*	1742.2*	48	25.7*
CGC I	6	10318.3*	5835.9*	6	72.52*
CGC II	6	14250.4*	7107.3*	6	116.5*
CEC	36	163.0*	165.8*	36	2.75*
Locais (L)	2	121134.7*	44533.2*	3	435.9*
Cruz. x L	96	137.5*	56.8*	144	2.78*
CGC I x L	12	217.6*	167.1*	18	5.49*
CGC II x L	12	344.7*	106.8*	18	3.78*
CEC x L	72	89.66*	30.12 <sup>ns</sup>	108	2.16*
Resíduo	306	58.10	29.75	408	1.31
Média		249.93	127.93		12.41
%SQG		96.17	92.86		91.96
%SQS		3.83	7.14		8.04

\*: significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. software GENES (Cruz, 2006).

Considerando que CGC I x Locais e CGC II x Locais foram significativas (Tabela 2), assim os resultados das análises foram interpretados por ambiente (Tabelas 3, 4, 5).

Para altura de plantas no grupo 1 as linhagens L2 e L3 apresentaram melhor desempenho em todos os ambientes e a L7 apresentou melhores desempenhos em Ponta grossa e Campo largo, com valores negativos de CGC, e de magnitude expressiva. No grupo 2, as linhagens L3' e L5' apresentaram os menores valores de CGC (Tabela 3). Em programas de melhoramento de milho a maior altura de planta e espiga são características indesejadas, portanto as linhagens acima mencionadas foram selecionadas porque contribuem com alelos que reduzem as alturas de plantas.

**Tabela 3** - Estimativas dos efeitos da CGC ( $g_i$ ) para altura das plantas avaliadas em três locais durante a safra 2014/2015.

Linhagem	Altura das plantas (cm)			
	Ponta Grossa	Campo Largo	Mauá da Serra	Média
<b>Grupo I - Linhagens tropicais</b>				
L1	9.898	5.434	4.197	6.51
L2	<b>-13.959</b>	<b>-8.041</b>	<b>-10.898</b>	<b>-10.966</b>
L3	<b>-21.149</b>	<b>-16.277</b>	<b>-14.85</b>	<b>-17.425</b>
L4	12.184	8.101	7.912	9.399
L5	-1.15	-0.089	-0.564	-0.601
L6	24.088	17.674	17.1	19.621
L7	<b>-9.912</b>	<b>-6.803</b>	-2.897	-6.537
$DP(\hat{g}_i - \hat{g}_{i'})$	2.102	2.28	2.642	-
<b>Grupo II - Linhagens Temperadas</b>				
L1'	14.707	14.103	11.673	13.494
L2'	-3.055	-2.47	-2.088	-2.538
L3'	<b>-29.818</b>	<b>-24.946</b>	<b>-19.374</b>	<b>-24.712</b>
L4'	21.471	20.913	13.149	18.511
L5'	<b>-17.053</b>	<b>-14.043</b>	<b>-7.468</b>	<b>-12.855</b>
L6'	1.47	2.199	-0.327	1.114
L7'	12.278	4.244	4.436	6.986
$DP(\hat{g}_i - \hat{g}_{i'})$	2.102	2.28	2.642	-

Para altura de espigas no grupo 1 as linhagens L3 e L7 apresentaram melhor desempenho em três ambientes, e no grupo 2 foram selecionadas L3' e L5', com valores negativos de CGC (Tabela 4).

**Tabela 4** - Estimativas dos efeitos de  $g_i$  para altura das espigas avaliadas em três locais durante a safra 2014/2015.

Linhagem	Altura das espigas (cm)			
	Ponta Grossa	Campo Largo	Mauá da Serra	Média
<b>Grupo I - Linhagens tropicais</b>				
L1	6.183	3.081	3.679	4.315
L2	<b>-7.197</b>	-1.823	<b>-5.368</b>	<b>-4.796</b>
L3	<b>-16.339</b>	<b>-12.012</b>	<b>-12.367</b>	<b>-13.573</b>
L4	18.326	13.937	10.633	14.299
L5	1.088	-0.442	0.396	0.347
L6	8.849	7.224	6.776	7.616
L7	<b>-10.911</b>	<b>-9.966</b>	<b>-3.75</b>	<b>-8.209</b>
$DP(\hat{g}_i - \hat{g}_{i'})$	1.588	1.741	1.718	-
<b>Grupo II - Linhagens Temperadas</b>				
L1'	10.232	10.748	11.156	10.712
L2'	-0.484	1.893	2.108	1.172
L3'	<b>-21.294</b>	<b>-20.727</b>	<b>-18.892</b>	<b>-20.304</b>
L4'	8.563	8.986	3.729	7.093
L5'	<b>-7.197</b>	<b>-7.253</b>	<b>-3.748</b>	<b>-6.066</b>
L6'	-0.054	1.748	-2.985	-0.43
L7'	10.232	4.606	8.633	7.824
$DP(\hat{g}_i - \hat{g}_{i'})$	1.588	1.741	1.718	-

Para rendimento de grãos no grupo de linhagens tropicais ocorreram genótipos com valores de CGC significativos negativos e positivos. Em Ponta grossa as melhores linhagens foram a L1 e L4, e em Campo Largo foram L1, L4 e L6, Castro e Mauá da Serra a linhagem L4 foi superior as demais. Os resultados obtidos pode-se afirmar que a L4 representa a melhor linhagem entre as tropicais, fornecendo alelos favoráveis para obtenção de progênies promissoras com alto rendimento nos quatro ambientes estudados (Tabela 5).

Para rendimento de grãos nas linhagens temperadas, a L7' obteve estimativa da CGC positiva e significativa em todos os ambientes. A linhagem L1' apresentou bom desempenho em ponta Grossa, Castro e Mauá da Serra. Em -Ponta Grossa, Campo Largo e Castro, a linhagem L4'apresentou o melhores valores de CGC.

Os valores elevados de CGC de L4 (grupo 1) e L7'(grupo 2) foi confirmado com o

comportamento do híbrido L4 x L7', que apresentou o melhor desempenho para rendimento de grãos (dados não apresentados).

**Tabela 5** - Estimativas dos efeitos de  $g_i$  para rendimento de grãos avaliado em quatro locais durante a safra 2014/2015.

Linha gem	Rendimento de grãos (ton.h <sup>-1</sup> )				
	Ponta Grossa	Campo Largo	Castro	Mauá da Serra	Média
<b>Grupo I - Linhagens tropicais</b>					
L1	<b>1.034</b>	<b>0.99</b>	0.052	0.22	0.574
L2	-1.291	-0.886	-0.718	-0.999	-0.973
L3	-2.213	-1.471	-0.767	-1.187	-1.41
L4	<b>1.488</b>	<b>1.316</b>	<b>0.932</b>	<b>1.498</b>	<b>1.309</b>
L5	0.505	-1.011	0.343	-0.162	-0.081
L6	0.359	<b>1.036</b>	0.313	-0.066	0.411
L7	0.118	0.027	-0.157	0.696	0.171
$DP(\hat{g}_i - \bar{g}_i)$	0.356	0.322	0.309	0.418	-
<b>Grupo II - Linhagens Temperadas</b>					
L1'	<b>0.758</b>	0.644	<b>1.199</b>	<b>1.137</b>	<b>0.935</b>
L2'	0.319	-0.084	0.221	-0.243	0.053
L3'	-2.251	-1.783	-1.104	-0.909	-1.511
L4'	<b>1.485</b>	<b>0.947</b>	<b>1.003</b>	0.593	<b>1.007</b>
L5'	-2.028	-1.449	-1.567	-1.404	-1.612
L6'	0.024	0.451	-0.521	-0.406	-0.113
L7'	<b>1.692</b>	<b>1.273</b>	<b>0.768</b>	<b>1.233</b>	<b>1.241</b>
$DP(\hat{g}_i - \bar{g}_i)$	0.356	0.322	0.309	0.418	-

Embora diversas combinações híbridas tenham apresentado valores positivos de  $s_{ij}$  poucos foram significativos, quando comparados com o desvio padrão correspondente (DP). Em Ponta Grossa apenas o cruzamento L3 x L2' (2,165 ton ha<sup>-1</sup>) apresentou efeitos significativos da CEC, porém os valores de capacidade geral de combinação dos parentais envolvidos nestes híbridos foram relativamente baixos e até negativos nesse ambiente. Em Campo Largo, os cruzamentos L1 x L4' (1,716 ton.ha<sup>-1</sup>) e L7 x L1' (1,602 ton.ha<sup>-1</sup>) tiveram efeitos significativos da CEC, e, com exceção da linhagem L7, todos os demais apresentaram efeitos significativos da CGC neste local. A produtividade de ambos foi elevada (dados não apresentados), o que indica que essas combinações híbridas foram promissoras para rendimento de grãos neste ambiente.

Em Castro, apenas a combinação híbrida L3 x L7' (1.401 ton.ha<sup>-1</sup>) apresentou efeitos significativos da CEC porém com relação à CGC das linhagens neste ambiente L3 apresentou valores negativos e L7' apresentou valores positivos e significativos, havendo uma complementação entre as linhagens neste ambiente. Considerando que ao selecionar cruzamento entre duas linhagens pela CEC, ao menos um dos genitores deve possuir CGC favorável para o caráter, este último cruzamento pode ser considerado promissor para o melhoramento.

### CONCLUSÕES

A análise dialélica demonstrou que os genitores L4, L4' e L7', com efeitos positivos e significativos de CGC são os mais promissores para aumento do rendimento de grãos.

As combinações híbridas L4 x L7', L4 x L4' e L7 x L7' foram as mais promissoras em relação à produtividade.

### REFERÊNCIAS

- CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.
- GRIFFING, J.B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel systems. **Australian Journal of Biological Science**, 9: 463-493, 1956.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2nd. ed. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468p.
- LANZA, L. L. B.; SOUZA JR, C. L.; OTTOBONI, L. M. M.; VIEIRA, M. L. C.; SOUZA, A. P. Genetic distance of inbred lines and prediction of maize single-cross performance using RAPD markers. **Theoretical and Applied Genetics**, 94: 1023-1030, 1997.
- NIHEI, T.H.; FERREIRA, J.M. Análise dialélica de linhagens de milho com ênfase na resistência a doenças foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47: 369-377, 2012.
- MIRANDA FILHO, J.B.; GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, 7: 677-688, 1984.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GUIMARAES, P. S.; LURDES, R. R.; GALLO, P. B.; SOUZA, A. P.; LABORDA, P. R.; OLIVEIRA, K. M. Capacidade combinatória e divergência genética entre linhagens e milho e correlação com heterose. **Bragantia**, 67: 639-648, 2008.



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



# XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

“Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar”

---

