

# CORRELAÇÕES ENTRE MÉDIAS DE HÍBRIDOS F<sub>1</sub> E MÉDIAS PARENTAIS EM TOMATE<sup>1</sup>

WILSON R. MALUF<sup>2</sup>, JOÃO E.C. MIRANDA e CÉLIA M.T. CORDEIRO<sup>3</sup>

**RESUMO** - Em cruzamento dialélico de seis cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), a heterose específica foi mais importante para produção de frutos comerciáveis (PFC) do que para suas componentes peso médio (PMFC) e número de frutos comerciáveis (NFC). Os coeficientes de correlação entre médias de híbridos F<sub>1</sub> e médias parentais foram maiores para PMFC e NFC do que para PFC. O produto das médias parentais de PMFC e NFC pode ser utilizado para estimar a PFC dos híbridos com mais eficiência do que a PFC média parental propriamente dita.

**Termos para indexação:** *Lycopersicon esculentum* Mill., heterose, vigor híbrido, previsão, genética quantitativa, melhoramento.

## CORRELATIONS BETWEEN F<sub>1</sub> HYBRID MEANS AND PARENTIAL MEANS IN TOMATOES

**ABSTRACT** - In a six parent tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) diallel cross, specific heterosis was more important for marketable yield (PFC) than for its components - average weight (PMFC) and number of marketable fruit (NFC). Correlation coefficients between F<sub>1</sub> hybrid means and parental means were larger for PMFC and NFC than for PFC. The product of PMFC by NFC parental means can be used more efficiently as an estimate of F<sub>1</sub> hybrid PFC's than PFC parental means themselves.

**Index terms:** *Lycopersicon esculentum* Mill., heterosis, vigor, prediction, quantitative genetics, plant breeding.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento do comportamento dos híbridos F<sub>1</sub> em relação às suas cultivares parentais é de grande importância para o melhoramento genético das plantas cultivadas, permitindo ao melhorista escolher as melhores combinações genéticas para o caráter considerado.

Com *n* cultivares parentais, é possível a obtenção de  $n(n-1)/2$  híbridos F<sub>1</sub> (não fazendo distinção entre os híbridos recíprocos). O número de híbridos aumenta quadraticamente em função de *n*, podendo tornar a obtenção e os testes impraticáveis devido ao grande número de híbridos necessários à estimativa.

Assim, o comportamento dos híbridos é comumente estimado através da média dos pais. A existência de certa correlação entre a média das cultivares parentais e a média do híbrido entre elas é realmente esperada, devido ao grau de parentesco (pais vs. filhos) envolvido, isto é, devido à cova-

riância entre parentes (Fischer 1918). Paterniani & Lonnquist (1963), em um estudo envolvendo doze raças de milho de origem diversa e seus híbridos F<sub>1</sub>, verificaram que a correlação entre as médias dos pais e seus respectivos híbridos F<sub>1</sub> foi de 0,677.

A imperfeição das previsões dos híbridos F<sub>1</sub> com base na média dos pais é devida à existência de heterose nos primeiros. Miranda Filho & Vencovsky (1978), com base no modelo de Gardner & Eberhart (1966) para análise de cruzamentos intervarietais em um sistema dialélico, analisaram o coeficiente de correlação entre médias de híbridos e as das respectivas cultivares parentais, ao nível dos componentes das médias. Estes autores verificaram que o coeficiente de correlação (*r*) pode ser alto mesmo em presença de heterose de alta magnitude, desde que esta seja representada somente pela heterose média, não sendo significativos os efeitos de heterose varietal e de heterose específica.

Maluf et al. (1982), analisando um cruzamento dialélico de seis cultivares de tomate (Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470), verificaram que, enquanto havia evidência de dominância completa para maior produção de frutos comerciáveis (PFC), as componentes

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 10 de maio de 1982

<sup>2</sup> Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup>, Ph.D., Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH) - EMBRAPA, Caixa Postal 11.1316, CEP 70000 - Brasília, DF.

<sup>3</sup> Eng.<sup>o</sup> Agr.<sup>o</sup>, M.Sc., CNPH/EMBRAPA.

desta produção - número (NFC) e peso de frutos comerciáveis (PMFC) - evidenciaram dominância incompleta e ausência de dominância, respectivamente.

O presente trabalho visa:

1. Comparar a importância relativa dos componentes da heterose para os caracteres PFC, NFC e PMFC no cruzamento dialélico de tomate previamente referido (Maluf et al. 1982).

2. Analisar, para os caracteres PMFC, NFC e PFC, os coeficientes de correlação entre as médias de híbridos e as das respectivas cultivares parentais.

3. Comparar a eficiência da predição das PFC dos híbridos em função das médias das PFC dos pais, com a eficiência dessa predição em função do produto PMFC x NFC, onde apenas PMFC e NFC são obtidos das médias dos pais.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do cruzamento dialélico entre seis cultivares de tomate (Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470), referentes a um experimento realizado em 1977, em Viçosa, MG, foram analisados segundo o modelo II de Gardner & Eberhart (1966) para PFC e suas componentes NFC e PMFC. Uma análise prévia destes dados mostrou evidência de dominância completa, dominância incompleta e ausência de dominância, respectivamente, para PFC, NFC e PMFC (Maluf et al. 1982).

O modelo da Análise II de Gardner & Eberhart (1966) para definir uma média na tabela dialélica é:

$$Y_{jj'} = \mu + \frac{1}{2}(v_j + v_{j'}) + \Theta(h_j + h_{j'} + h_{jj'} + s_{jj'}), \text{ que pode expressar}$$

a média de uma cultivar parental ( $j = j'$ ;  $\Theta = 0$ ) ou de um híbrido ( $j \neq j'$ ;  $\Theta = 1$ ). Este modelo, apresenta:  $\mu$  = média das cultivares parentais;  $v_j$  = efeito de variedades;  $h_j$  = heterose média;  $h_j$  = heterose varietal;  $s_{jj'}$  = heterose específica do cruzamento  $j \times j'$ .

Os coeficientes de correlação entre as médias dos híbridos e as médias das cultivares parentais, ao nível dos componentes das médias, foram calculados pela fórmula de Miranda Filho & Vencovsky (1978):

$$r = \frac{\frac{1}{2} \cdot \sigma_v^2 + \text{CÔV}_{vh}}{\left[ \left( \frac{1}{2} \cdot \sigma_v^2 \right) \left( \frac{1}{2} \cdot \sigma_v^2 + 2 \cdot \sigma_h^2 + 2 \cdot \text{CÔV}_{vh} + \frac{n(n-3)}{(n-1)(n-2)} \cdot \sigma_s^2 \right) \right]^{1/2}}$$

onde

$\sigma_v^2$  = variância entre os efeitos fixos das variedades ( $\hat{v}_j$ );

$\sigma_h^2$  = variância entre os efeitos fixos de heteroses varietais ( $\hat{h}_j$ );

$\text{CÔV}_{vh}$  = covariância entre os efeitos  $\hat{v}_j$  e  $\hat{h}_j$ ;

$\sigma_s^2$  = variância entre os efeitos de heterose específica ( $s_{jj'}$ ).

Compararam-se também as eficiências de dois métodos de previsão da PFC dos híbridos ( $\text{PFC}_{jj'}$ ):

a) através das PFC médias dos pais, ou seja,

$$\frac{\text{PFC}_j + \text{PFC}_{j'}}{2} \hat{=} \text{PFC}_{jj'}$$

b) através do produto do PMFC médio pelo NFC médio dos pais, ou seja,

$$\frac{(\text{PMFC}_j + \text{PMFC}_{j'})}{2} \times \frac{\text{NFC}_j + \text{NFC}_{j'}}{2} \hat{=} \text{PFC}_{jj'}$$

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância mostradas na Tabela 1 evidenciam a importância decrescente da heterose e de suas componentes para os caracteres PFC, NFC e PMFC, respectivamente. Enquanto que a heterose representou 45,6% da soma de quadrados de tratamentos para PFC, sua contribuição, no caso do NFC e PMFC, foi de apenas 11,6% e 5,4%, respectivamente. Esta tendência é a mesma, quer se considere a heterose globalmente, ou suas componentes heterose média, varietal e específica. Estes resultados são reflexo dos tipos de ações gênicas envolvidas: dominância completa para PFC, dominância incompleta para NFC e ausência de dominância para PMFC (Maluf et al. 1982).

A Tabela 2 mostra que, para PFC, os efeitos de variedades ( $\hat{v}_j$ ) para as quatro cultivares do grupo Santa Cruz (Kada, Santo Antônio, São Sebastião e Ângela) foram todos positivos e semelhantes entre si, enquanto que, para a cv. Floradel e BGH 3470, estes efeitos foram negativos. Os efeitos de heterose varietal ( $\hat{h}_j$ ) para as cultivares do grupo Santa Cruz foram negativos e menos importantes em magnitude do que o componente de heterose média ( $\hat{h}$ ); para a cv. Floradel, a heterose varietal foi positiva e da mesma ordem de grandeza que  $\hat{h}$ .

TABELA 1. Análise de variância segundo o modelo de Gardner & Eberhart (1966) para os caracteres produção de frutos comerciáveis (PFC), número de frutos comerciáveis (NFC) e peso médio dos frutos comerciáveis (PMFC).

Fontes de variação	G.L.	Soma de quadrados		
		PFC	NFC (x10 <sup>-2</sup> )	PMFC
Blocos	3	67	34	32
Tratamentos	20	15615 (100,0) <sup>1</sup>	47590 (100,0)	46200 (100,0)
Variedades	5	8499 ( 54,4)	42051 ( 88,4)	43694 ( 94,6)
Heterose	15	7116 ( 45,6)	5539 ( 11,6)	2506 ( 5,4)
Média	1	3128 ( 20,0)	3848 ( 8,1)	1223 ( 2,6)
Varietal	5	2281 ( 14,7)	550 ( 1,2)	562 ( 1,2)
Específica	9	1707 ( 10,9)	1141 ( 2,4)	721 ( 1,6)
Resíduo	60	3041	2568	1956

<sup>1</sup> Os números entre parênteses referem-se à percentagem da soma de quadrados de tratamentos representada pelas fontes de variação correspondentes.

Para NFC e PMFC, o efeito de heterose média ( $\hat{h}$ ) foi relativamente mais importante que os efeitos de heteroses varietais ( $\hat{h}_j$ ). A contribuição conjunta de  $\hat{h}$  e dos  $\hat{h}_j$  para as médias dos tratamentos foi proporcionalmente muito menor para NFC e PMFC do que para PFC (Tabela 2), o que também se pode concluir pelo exame das contribuições das somas de quadrados respectivas para a soma de quadrados de tratamentos (Tabela 1).

A Tabela 3 mostra os efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{ij}$ ) para PFC, NFC e PMFC. Dos quatro maiores valores absolutos de  $\hat{s}_{ij}$  para PFC ( $\hat{s}_{45}$ ,  $\hat{s}_{56}$ ,  $\hat{s}_{36}$ ,  $\hat{s}_{16}$ ), nenhum deles correspondeu a cruzamento entre duas cultivares do grupo Santa Cruz. Para NFC, dos quatro maiores valores absolutos de  $\hat{s}_{ij}$  ( $\hat{s}_{13}$ ,  $\hat{s}_{36}$ ,  $\hat{s}_{46}$  e  $\hat{s}_{45}$ ), apenas um deles ( $\hat{s}_{13}$ ) refere-se a um cruzamento entre duas cultivares do grupo Santa Cruz. Situação análoga existe para PMFC, onde apenas um ( $\hat{s}_{12}$ ) entre os quatro maiores  $\hat{s}_{ij}$  em valor absoluto ( $\hat{s}_{56}$ ,  $\hat{s}_{25}$ ,  $\hat{s}_{12}$  e  $\hat{s}_{16}$ ) refere-se a cruzamento entre duas cultivares do grupo Santa Cruz. Para as três características consideradas, existe uma tendência de os maiores valores de heterose específica referirem-se a cruzamentos entre pais de maior diversidade genética.

TABELA 2. Estimativas da média das cultivares ( $\hat{\mu}$ ) e dos efeitos de variedades ( $\hat{v}_j$ ), heterose média ( $\hat{h}$ ) e heterose varietal ( $\hat{h}_j$ ) para os caracteres produção de frutos comerciáveis (PFC), número de frutos comerciáveis (NFC) e peso médio dos frutos comerciáveis (PMFC).

Parâmetros <sup>1</sup>	Caracteres		
	PFC	NFC	PMFC
$\hat{\mu}$	66,88	736,0	102,75
$\hat{v}_1$	10,40	12,5	0,35
$\hat{v}_2$	14,77	125,8	- 7,95
$\hat{v}_3$	15,55	351,0	- 26,95
$\hat{v}_4$	9,97	273,8	- 26,65
$\hat{v}_5$	- 34,60	- 544,7	66,35
$\hat{v}_6$	- 16,08	- 218,2	- 5,15
$\hat{h}$	13,51	149,8	- 8,44
$\hat{h}_1$	- 1,56	- 13,8	3,27
$\hat{h}_2$	- 2,98	- 33,1	1,24
$\hat{h}_3$	- 1,15	- 17,0	4,47
$\hat{h}_4$	- 4,18	2,1	- 0,71
$\hat{h}_5$	14,64	- 10,2	- 2,81
$\hat{h}_6$	- 0,78	72,0	- 5,46

<sup>1</sup> Os índices de 1 a 6 referem-se, respectivamente, às cultivares de tomate Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470.

TABELA 3. Estimativas dos efeitos de heterose específica ( $\hat{s}_{jj}^1$ ) para os caracteres produção de frutos comerciáveis (PFC), número de frutos comerciáveis (NFC) e peso médio de frutos comerciáveis (PMFC).

$\hat{s}_{jj}^1$	Caracteres		
	PFC	NFC	PMFC
$\hat{s}_{12}$	- 4,31	- 17,6	- 5,02
$\hat{s}_{13}$	- 3,93	- 73,9	1,36
$\hat{s}_{14}$	- 0,74	24,5	- 3,02
$\hat{s}_{15}$	2,17	33,8	2,59
$\hat{s}_{16}$	6,81	33,1	4,09
$\hat{s}_{23}$	4,49	58,9	- 1,47
$\hat{s}_{24}$	- 1,50	- 12,4	- 0,54
$\hat{s}_{25}$	0,46	- 20,3	6,56
$\hat{s}_{26}$	0,86	- 8,6	0,46
$\hat{s}_{34}$	- 4,37	- 9,8	0,84
$\hat{s}_{35}$	- 3,08	- 44,9	- 2,47
$\hat{s}_{36}$	6,89	69,8	1,74
$\hat{s}_{45}$	10,81	61,7	1,16
$\hat{s}_{46}$	- 4,20	- 64,0	1,56
$\hat{s}_{56}$	- 10,36	- 30,4	- 7,84

<sup>1</sup> Os índices  $j, j'$  ( $j < j'$ ) variam de 1 a 6 e referem-se, respectivamente, às cultivares de tomate Kada, Santo Antônio, São Sebastião, Ângela, Floradel e BGH 3470.

Os coeficientes de correlação, ao nível dos componentes de médias, entre as médias dos híbridos e as médias das respectivas cultivares parentais, acham-se expressos na Tabela 4. Verifica-se que, para os três caracteres estudados, o maior componente é a variância entre os efeitos fixos de variedades ( $\hat{\sigma}_v^2$ ). Os componentes  $\hat{\sigma}_h^2$ ,  $\hat{C}\hat{O}\hat{V}_{vh}$  e  $\hat{\sigma}_s^2$  representam 1,2; -3,6 e 2,8% de  $\hat{\sigma}_v^2$  para o caráter NFC, e 1,2; -4,5 e 1,7% de  $\hat{\sigma}_v^2$  para PMFC. Como estes parâmetros representam um valor muito pequeno em relação a  $\hat{\sigma}_v^2$ , é de se esperar uma alta correlação entre média de híbridos e média de variedades. De fato, esses coeficientes de correlação foram de 0,949 e 0,960 para NFC e PMFC, respectivamente. Já para PFC, as contribuições de  $\hat{\sigma}_h^2$ ,  $\hat{C}\hat{O}\hat{V}_{vh}$  e  $\hat{\sigma}_s^2$  são proporcionalmente maiores, 13,4; -31,7 e 11,2% de  $\hat{\sigma}_v^2$ , respectivamente, o que resultou num menor coeficiente de correlação (0,534) do que nos casos anteriores.

Em trabalhos de melhoramento genético, comumente são realizados experimentos de competição de cultivares, das quais as mais produtivas são utilizadas em cruzamentos para obtenção de novas cultivares. Nesta atitude, está implícita a idéia de que os híbridos mais produtivos são oriundos do

TABELA 4. Variância/covariância dos componentes de médias e coeficiente de correlação, ao nível destes componentes, entre médias de híbridos e médias das respectivas cultivares parentais, para os caracteres produção de frutos comerciáveis (PFC), número de frutos comerciáveis (NFC) e peso médio de frutos comerciáveis (PMFC).

Parâmetros	Caracteres		
	PFC	NFC	PMFC
$\hat{\sigma}_v^2$	424,65 (100,0) <sup>a</sup>	11692 (100,0)	1185,74 (100,0)
$\hat{\sigma}_h^2$	57,01 ( 13,4)	1374 ( 1,2)	14,07 ( 1,2)
$\hat{C}\hat{O}\hat{V}_{vh}$	- 134,60 (- 31,7)	3973 (- 3,6)	- 53,69 (- 4,5)
$\hat{\sigma}_s^2$	47,43 ( 11,2)	3170 ( 2,8)	20,02 ( 1,7)
Coeficiente de correlação (r)	0,534*	0,949**	0,960**

<sup>a</sup> Números entre parênteses indicam percentagem em relação a  $\hat{\sigma}_v^2$ .

TABELA 5. Produção de frutos comerciáveis dos híbridos F<sub>1</sub> (PFC F<sub>1</sub>) e suas estimativas através das médias dos pais (PMFC) e através do efeito multiplicativo de suas componentes, estimadas através das médias parentais (NFC x PMFC).

Híbrido <sup>1</sup>	PFC observada (PFC F <sub>1</sub> )	Médias das cultivares parentais			
		PFC	NFC	PMFC	NFC x PMFC
1 x 2	80,13	79,47	805,2	98,95	79,67
1 x 3	86,73	79,86	917,8	89,45	82,10
1 x 4	84,10	77,07	879,2	89,60	78,78
1 x 5	83,55	54,78	469,9	136,10	63,95
1 x 6	82,03	64,04	633,2	100,35	63,54
2 x 3	91,90	82,04	974,4	85,30	83,12
2 x 4	80,10	79,25	935,9	85,46	79,97
2 x 5	78,60	56,97	526,6	131,95	64,48
2 x 6	72,83	66,23	689,8	96,20	66,36
3 x 4	83,45	79,64	1048,4	75,95	79,63
3 x 5	81,28	57,36	639,2	122,45	78,27
3 x 6	85,08	66,62	802,4	86,70	69,57
4 x 5	89,35	54,57	600,6	122,60	73,63
4 x 6	68,18	63,83	763,8	86,85	66,34
5 x 6	58,55	41,54	354,6	133,35	42,29

Coefficientes de correlação  $r = 0,534^*$   $r = 0,736^{**}$

<sup>1</sup> Cultivares: 1 - Kada; 2 - Santo Antônio; 3 - São Sebastião; 4 - Ângela; 5 - Floradel; 6 - BGH 3470.

cruzamento das cultivares mais produtivas. Essa idéia pode levar a erros, considerando-se que a heterose representa 45,6% da soma de quadrados de tratamentos para PFC, resultando num coeficiente de correlação de apenas 0,534 entre as médias dos híbridos e as médias dos pais. Os resultados obtidos para NFC e PMFC sugerem a possibilidade da utilização dessas componentes na predição das PFC dos híbridos utilizando-se apenas os dados das cultivares parentais. Desde que os coeficientes de correlação citados sejam próximos de 1,0, tanto para NFC como para PMFC, a obtenção das médias interculturais para NFC e PMFC, e sua posterior multiplicação, pode levar a melhores estimativas das PFC dos híbridos do que as tradicionalmente obtidas pela média das PFC das cultivares.

Uma comparação entre os dois métodos de estimação é mostrada na Tabela 5. Os resultados indicam que o coeficiente de correlação ( $r = 0,736$ ), obtido pelo método dos componentes aqui sugerido,

é maior do que o obtido tradicionalmente, através das PFC médias dos pais. Pode, portanto, ser utilizado para aumentar a eficiência das predições da PFC de híbridos de tomate com base em resultados de competição, na qual apenas as cultivares parentais são testadas.

### CONCLUSÕES

1. A heterose representa 45,6% da soma de quadrados de tratamentos (SQ tratamentos) para PFC, mas apenas 11,6 e 5,4% para NFC e PMFC, respectivamente.

2. As contribuições da heterose média, varietal e específica, em relação à SQ tratamentos, foram de, respectivamente, 20,0; 14,7 e 10,9% para PFC; de 8,1; 1,2 e 2,4% para NFC; e de 2,6; 1,2 e 1,6% para PMFC.

3. Para as três características consideradas, houve uma tendência de os maiores valores absolutos

dos parâmetros de heterose específica referirem-se a cruzamentos entre pais de maior diversidade genética.

4. Os coeficientes de correlação entre as médias dos híbridos  $F_1$  e as médias das respectivas cultivares parentais foram de 0,534, 0,949 e 0,960 para PFC, NFC e PMFC, respectivamente.

5. Com base apenas nos dados das cultivares parentais, a obtenção das médias intercultivares para NFC e PMFC, e sua posterior multiplicação, levou a melhores estimativas das PFC dos híbridos do que as tradicionalmente obtidas pela média das PFC das cultivares.

6. A estimativa de um caráter em híbridos, através da multiplicação das médias intercultivares de seus componentes, é sugerida para outros casos em que, à semelhança do caso aqui estudado, a heterose for considerável para o caráter considerado, mas não o for para seus componentes.

## REFERÊNCIAS

- FISCHER, R.A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. *Trans. Roy. Soc.*, 52:399-433, 1918.
- GARDNER, C.O. & EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, 22:439-52, 1966.
- MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C. & CAMPOS, J.P. Análise genética de um cruzamento dialélico de cultivares de tomate. I. Características referentes à produção de frutos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(4): 633-41, 1982.
- MIRANDA FILHO, J.B. & VENCOVSKY, R. Coeficiente de correlação entre as médias de variedades e dos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. *Relat. ci. Inst. Genét. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz*, 12:147-61, 1978.
- PATERNIANI, E. & LONNQUIST, J.H. Heterosis in interracial crosses of corn. *Crop. Sci.*, 3:504-7, 1963.