

## ANÁLISE DA CAPACIDADE COMBINATÓRIA ENTRE LINHAGENS DE GIRASSOL<sup>1</sup>

VANIA BEATRIZ RODRIGUES CASTIGLIONI, MARCELO FERNANDES DE OLIVEIRA<sup>2</sup>  
e CARLOS ALBERTO ARRABAL ARIAS<sup>3</sup>

RESUMO - A capacidade geral (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC), entre duas linhagens macho-estéreis (mãe) e um grupo de sete linhagens S<sub>4</sub> restauradoras de fertilidade (pai), foram estimadas para estudar o potencial desses materiais em programas de melhoramento de girassol (*Helianthus annuus* L.). O método IV de Griffing, adaptado para cruzamentos dialélicos parciais, foi usado na análise das combinações híbridas. Considerando a CGC para rendimento de aquênios e teor de óleo, os progenitores com maior potencial para o melhoramento foram CMS HA 302 (originária de uma população norte-americana) para ser usada como mãe, e as linhagens 89V2345)3382 e 89V2345)3311 (derivadas da população V2000, obtida por seleção sobre a população Issanka, originária da França) como pais nos cruzamentos. Para o rendimento de aquênios, os efeitos gênicos não aditivos foram importantes na determinação das diferenças entre progenitores. Considerando-se os efeitos gênicos aditivos e não-aditivos conjuntamente, as melhores combinações são CMS HA 302 x 89V2396)5333 para rendimento de aquênios e CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3382 para teor de óleo e rendimento de óleo.

Termos para indexação: *Helianthus annuus*, capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação, análise de cruzamento dialélico.

### COMBINING ABILITY ANALYSIS AMONG INBRED LINES OF SUNFLOWER

ABSTRACT - The general and specific combining ability (GCA and SCA, respectively) among two cytoplasmic male sterile lines (mother) and a set of seven S<sub>4</sub> restorer lines (father), were estimated in order to study the potential of these materials in a sunflower (*Helianthus annuus* L.) breeding program. Griffing's method IV analysis was adapted and used for analysis of the hybrids. Considering the effects of GCA for achene yield and achene oil content, the best parents were CMS HA 302 (line from a north-american population) as mother and 89V2345)3382 and 89V2345)3311 (lines from population V2000, obtained by selection on the population Issanka, carried from France) as fathers in the crosses. For achene yield, the non additive gene effects were important for determining the differences among parents. Taking into account the additive and non additive gene effects the best hybrid combinations were CMS HA 302 x 89V2396)5333 for achene yield and CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3382 for oil content and oil yield.

Index terms: *Helianthus annuus*, general combining ability, specific combining ability, diallel cross analysis.

### INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) apresenta relativa facilidade de adaptação aos mais diversos

ambientes e, também, grande variabilidade em relação à produção de óleo comestível e ao potencial de rendimento (Chervet & Vear, 1990; Dedio, 1991; Kirsch & Miller, 1991). A cultura destaca-se mundialmente pela produção de óleo nobre, fazendo parte do sistema de diversificação de produção.

O melhoramento genético já desenvolveu híbridos com alta estabilidade e com adaptabilidade para as mais diversas regiões (Seiler, 1992). A habilidade

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 24 de junho de 1998.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR. E-mail: [vania@cnpso.embrapa.br](mailto:vania@cnpso.embrapa.br)

<sup>3</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa-CNPSo.

para reconhecer e manipular a heterose visando aumentar o rendimento de aquênios e o teor de óleo, mantendo estáveis os demais caracteres de importância, são aspectos a serem considerados em um programa de melhoramento. Comparado à cultura do milho, o uso prático da heterose em girassol começou bem mais tarde, embora estudos de heterose em girassol tenham sido iniciados anteriormente. A utilização prática da heterose só foi possível depois que fontes de macho-esterilidade foram identificadas (Skoric, 1992).

Um dos mais importantes procedimentos para o desenvolvimento de combinações híbridas com alto potencial para rendimento de aquênios é a avaliação de linhagens parentais com boa capacidade de combinação. Por meio das estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC), podem ser obtidas informações sobre a concentração de genes que predominam em um dado genótipo. A primeira, está relacionada aos efeitos gênicos aditivos, e a segunda, aos efeitos gênicos não-aditivos. Combinações híbridas com estimativas da CEC mais favoráveis e que envolvam pelo menos um dos parentais com boa capacidade geral de combinação podem ser de interesse para o melhorista (Kirsch & Miller, 1991). Órgãos públicos, responsáveis pela manutenção e liberação de germoplasma para serem aproveitados em outros programas de melhoramento, podem ter como objetivo principal a CGC para rendimento de aquênios e teor de óleo nas sementes (Fehr, 1987). Existem relativamente poucos trabalhos desenvolvidos no sentido de estudar a heterose com relação à capacidade combinatória de caracteres de importância para o girassol (Madráp & Makne, 1993). No Brasil, tanto a cultura do girassol quanto os programas de melhoramento são recentes, necessitando da introdução de genótipos de países tradicionalmente produtores desta oleaginosa. Esse fato justifica a necessidade de gerar informações acerca do comportamento dos genótipos que estão sendo obtidos, visando à formação de híbridos mais adaptados.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a capacidade de combinação de linhagens promissoras do programa de melhoramento genético de girassol da Embrapa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido no campo experimental da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja, em Londrina, PR, seguindo todas as recomendações técnicas para preparo do solo, época de semeadura, espaçamentos e adubação, assim como para a condução da população de plantas até a colheita (Castro et al., 1996).

Dois grupos de linhagens, o primeiro constituído por duas linhagens macho-estéreis denominadas CMS HA 302 e CMS HA 30379NW22 (oriundas de uma população norte-americana e de domínio público), e o segundo por sete linhagens S<sub>4</sub> restauradoras de fertilidade, que serviram como parentais masculinos, denominadas 89V2345)3311, 89V2345)3382, 89V2396)5313, 89V2396)5332, 89V2396)5311, 89V2396)5333 e 89V2396)5321 produzidas a partir da população V2000 (seleção sobre Issanka, da França), foram cruzados entre si, totalizando 14 combinações híbridas. Também foram incluídos no experimento os seguintes padrões: a população V2000 e os híbridos simples GR 16 e CARGILL 11. No ano agrícola de 1993/94, foram obtidos os cruzamentos e, no ano agrícola de 1994/95, foram avaliadas as combinações híbridas, segundo delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela consistiu de quatro linhas de 6 m de comprimento, com espaçamento de 0,7 m entre linhas e 0,27 m entre plantas, totalizando 22 plantas por linha após o desbaste. A área útil foi constituída pelas duas linhas centrais, eliminando-se 0,5 m das extremidades.

Os caracteres analisados foram: teor de óleo nos aquênios, rendimento de aquênios, rendimento de óleo, altura da planta e do capítulo, diâmetro do capítulo, peso de 1.000 aquênios, dias para a floração inicial e final, e maturação fisiológica.

Com base nos dados obtidos e tabulados, foram realizadas as análises de variância referente aos cruzamentos. A análise da capacidade combinatória foi realizada pelo desdobramento dos efeitos de cruzamentos em CGC dos dois grupos, separadamente, e a CEC quanto às combinações híbridas. O modelo estatístico adotado foi o de Griffing (1956), adaptado para cruzamentos dialélicos parciais (Cruz & Regazzi, 1994):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

onde:  $Y_{ij}$  é o valor médio da combinação híbrida entre o  $i$ -ésimo parental do grupo 1 ( $i = 1$  e  $2$ ) e o  $j$ -ésimo parental do grupo 2 ( $j = 1, 2 \dots 7$ );  $m$  é a média geral das combinações híbridas;  $g_i$  é o efeito da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo parental do grupo 1 (CGC da mãe);  $g_j$  é o efeito da capacidade geral de combinação do  $j$ -ésimo parental do grupo 2 (CGC do pai);  $s_{ij}$  é o efeito da capacidade específica de combinação entre os parentais de ordem  $i$  e  $j$ , dos

grupos 1 e 2, respectivamente; e  $e_{ij}$  é o erro experimental médio. Para obter as estimativas dos parâmetros de interesse foi necessário adotar restrições tanto nas soluções quanto nos parâmetros, que foram as seguintes:

$$\sum_i \hat{g}_i = 0; \sum_j \hat{g}_j = 0; \sum_j \hat{s}_{ij} = 0 \quad i = 1, 2 \dots p; \text{ e } \sum_i \hat{s}_{ij} = 0 \quad j = 1, 2 \dots q-1.$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação das médias de combinações híbridas

Dentre os caracteres de maior importância, a melhor combinação híbrida observada para rendimento de aquênios foi CMS HA 302 x 89V2396)5333 (combinação 11, 2312 kg/ha), considerada superior ao padrão GR 16. Para teor de óleo, a combinação CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3382 (combinação 4, 47,38%) superou a variedade V2000 e o híbrido GR 16, não diferindo significativamente do híbrido CARGILL 11. Esses híbridos (11 e 4) também apresentaram médias elevadas para rendimento de óleo (1033 e 1040 kg/ha, respectivamente), não diferindo significativamente ( $P < 0,05$ ) do híbrido simples CARGILL 11 (Tabela 1). Nesse aspecto, também se destacaram as combinações CMS HA 302 x 89V2345)3382 (3) e CMS -HA 30379NW22x89V2396)5311 (10). Um importante fator a ser considerado nessa avaliação é a precocidade desses materiais. A combinação 11 foi mais precoce que todos os padrões quanto à floração inicial e final e também foi mais precoce que CARGILL 11 quanto à maturação fisiológica, enquanto as combinações 3, 4 e 10 apresentaram médias inferiores em relação ao CARGILL 11. Esses resultados demonstraram ser possível produzir híbridos adaptados e precoces, e que, sendo mais uniformes quanto a porte e ciclo, apresentam vantagens claras sobre a variedade V2000. Algumas combinações híbridas superaram essa variedade em mais de 300 kg/ha no rendimento de aquênios, o que não se traduziu em diferença estatisticamente significativa, mas que tem grande importância prática.

Foi observado efeito significativo de genótipos em relação aos caracteres avaliados, o que indica a presença de variabilidade genética entre híbridos (Tabela 2). Esse efeito foi desdobrado em efeitos devidos à CGC e à CEC de mães e pais. Quanto à CGC da mãe, houve significância ( $P < 0,01$ ) em teor de óleo, peso de 1.000 aquênios, floração inicial e final, maturação fisiológica e altura de planta. Quanto à CGC do pai, houve significância ( $P < 0,05$ ) em

todos os caracteres, exceto no rendimento de aquênios. Quanto à CEC, houve significância ( $P < 0,05$ ) para rendimento de aquênios, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios, floração inicial, e diâmetro do capítulo.

Ainda pôde ser observado que, com exceção do caráter rendimento de aquênios, a variância aditiva representada pelos quadrados médios da CGC foi significativa entre parentais masculinos, e comparativamente maior que a não-aditiva, representada pelos quadrados médios da CEC (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Ortegón-Morales et al. (1992) quanto à floração, maturação fisiológica, teor de óleo, altura de planta e diâmetro de capítulo. No progenitor feminino, as exceções foram rendimento de aquênios, rendimento de óleo e diâmetro de capítulo. No rendimento de aquênios, apenas os efeitos não-aditivos foram significativos, o que indica que sempre se deve ter em mente o uso de combinações híbridas, já que esse caráter é, na maioria dos casos, o objetivo principal em programas de melhoramento. Esses resultados coincidem com os obtidos por Dominguez & Miller (1988) e Tyagi (1988). Já para teor de óleo, resultados similares foram observados por Putt (1966), Anaschenko (1974) e Miller et al. (1980).

### Avaliação dos parentais quanto à CGC e CEC

As estimativas da CGC do grupo de mães (CMS HA 302 e CMS HA 30379NW22) e do grupo de pais encontram-se na Tabela 3. Em programas de melhoramento de girassol, freqüentemente se buscam materiais com maiores valores das características rendimento de aquênios, teor de óleo, rendimento de óleo, e porte reduzido. Os valores obtidos de floração inicial, floração final e maturação fisiológica em relação à CGC, tanto de mãe como de pai, apresentaram magnitudes relativamente pequenas e de pouca importância para serem considerados na prática. Dentro desse contexto, em virtude dessas pequenas magnitudes, esses caracteres não contribuíram na escolha dos melhores progenitores em relação à CGC. Apesar da não-significância do caráter rendimento de aquênios em relação à CGC, as diferenças entre suas estimativas são de importância prática e devem ser consideradas, quando da escolha das melhores linhagens. Os dois materiais utilizados como mãe nos cruzamentos apresentaram comportamento semelhante, com CMS HA 302 apresen-

**TABELA 1. Médias dos caracteres rendimento, teor de óleo, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios, floração inicial, floração final, maturação fisiológica, altura da planta e do capítulo e diâmetro do capítulo, em 14 combinações híbridas (MxP) de girassol. (Embrapa-CNPSo, Londrina, safra 1994/95).<sup>1</sup>**

Combinações híbridas	Rendimento de aquênios (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (kg/ha)	Peso de 1.000 aquênios (g)	Floração inicial (dias)	Floração final (dias)	Maturação fisiológica (dias)	Altura da planta (cm)	Altura do capítulo (cm)	Diâmetro do capítulo (cm)
(1) CMS HA 302 x 89V2345)3311	2253abc	44,59bcd	1005ab	42,46abc	51,00de	61,33fg	80,67efg	193,37bcde	166,17abc	25,03bc
(2) CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3311	2154abcd	45,23abcd	976ab	38,61def	53,33bc	64,33bcd	82,67cdefg	202,30abcd	166,57ab	24,93bc
(3) CMS HA 302 x 89V2345)3382	2204abc	47,11ab	1037ab	44,42a	52,00cd	62,33efg	81,67cdefg	204,97abc	170,50a	25,03bc
(4) CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3382	2194abc	47,38a	1040ab	43,55ab	54,33b	65,00bc	84,33cd	215,27a	169,20a	25,70ab
(5) CMS HA 302 x 89V2396)5313	1736cde	41,55ef	721cd	41,44abcd	52,33cd	62,33efg	83,33cdef	186,40e	152,63d	21,27ef
(6) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5313	1971abcde	45,10abcd	889abcd	39,64cde	53,33bc	64,67bcd	81,33defg	205,37abc	155,40d	23,87bcd
(7) CMS HA 302 x 89V2396)5332	2203abc	42,72de	941abc	41,77abcd	49,67ef	61,00g	80,33fg	191,90bcde	147,27d	22,83de
(8) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5332	1797bcde	45,31abcd	814bcd	35,53f	53,67bc	63,67cde	83,67cde	187,90de	145,60d	20,60f
(9) CMS HA 302 x 89V2396)5311	1649de	43,83cde	723cd	37,35ef	53,00bc	63,00def	81,67cdefg	195,13bcde	157,23bcd	22,10def
(10) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5311	2212abc	46,41abc	1028 ab	40,76bcd	52,67bcd	63,00def	82,33cdefg	204,20 abc	154,90cd	23,50cd
(11) CMS HA 302 x 89V2396)5333	2312ab	44,66abcd	1033ab	42,55abc	49,00f	59,33h	80,00g	192,27bcde	153,17d	22,53def
(12) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5333	1883abcde	45,54abc	860bcd	40,41bcde	53,33bc	63,33cde	81,67cdefg	195,57bcde	148,10d	21,40ef
(13) CMS HA 302 x 89V2396)5321	1948abcde	44,25cd	862bcd	41,70abcd	53,67bc	63,67cde	84,67c	195,53bcde	155,23cd	22,67de
(14) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5321	1482e	45,07abcd	668d	42,36abc	54,33b	66,00b	87,67b	202,43abcd	149,77d	22,13def
Média parcial	1999,7	44,93	899,8	40,90	52,55	63,07	82,57	198,26	156,59	23,11
V2000	1988abcde	44,44bcd	886abcd	44,90a	52,3cd	62,0efg	82,6cdefg	190,40cde	149,07d	23,90bcd
GR 16	1751cde	39,55f	694cd	35,49f	52,6bcd	62,3efg	81,0efg	184,50e	134,57e	23,03cde
CARGILL 11	2408a	47,11ab	1133a	41,70abcd	63,3a	74,0a	100,3a	206,90ab	173,53a	27,30a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

**TABELA 2.** Quadrados médios da análise de variância dos componentes da capacidade geral de combinação (CGC) das mães (CMS HA 302 e CMS HA 30379NW22) e dos pais (89V2345)3311, 89V2345)3382, 89V2396)5313, 89V2396)5532, 89V2396)5311, 89V2396)5333 e 89V2396)5321) e da capacidade específica de combinação (CEC) nas combinações híbridas (MP) de girassol, médias e coeficiente de variação (CV), obtidas em relação aos caracteres rendimento, teor de óleo, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios, floração inicial, floração final, maturação fisiológica, altura da planta e do capítulo e diâmetro do capítulo. (Embrapa-CNPSo, Londrina, safra 1994/95).

Fonte de variação	G.L.	Rendimento de aquênios (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (kg/ha)	Peso de 1.000 aquênios (g)	Floração inicial (dias)	Floração final (dias)	Maturação fisiológica (dias)	Altura da planta (cm)	Altura do capítulo (cm)	Diâmetro do capítulo (cm)
Cruzamentos	13	66939,50*	2,461**	16817,589*	5,915**	2,660**	3,046**	4,195**	63,011**	69,536**	2,566**
CGC (mãe)	1	26655,87	9,606**	157,459	8,367**	14,675**	20,643**	9,175**	181,920**	11,460	0,032
CGC (pai)	6	66080,72	2,941**	19296,321*	6,619**	1,828**	2,423**	5,886**	80,696**	144,555**	4,249**
CEC	6	74512,22*	0,789	17115,550*	4,802**	1,489**	0,735	1,675	25,508	4,197	1,306**
Resíduo	26	27039,40	0,553	5945,239	1,003	0,275	1,353	0,944	18,767	13,223	0,367
Média		1999,74	44,930	899,841	40,897	52,548	63,071	82,571	198,257	156,588	23,114
CV (%)		14,84	2,87	14,84	4,24	1,73	1,63	2,04	3,78	4,02	4,54

\* Significativo a 5% pelo teste F.

\*\* Significativo a 1% pelo teste F.

**TABELA 3.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) das mães (CMS HA 302 e CMS HA 30379NW22) e dos pais (89V2345)3311 a 89V2396)5321) obtidas quanto aos caracteres rendimento, teor de óleo, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios, floração inicial, floração final, maturação fisiológica, altura da planta e do capítulo e diâmetro do capítulo. (Embrapa-CNPSo, Londrina, safra 1994/95).

Linhagens	Rendimento de aquênios (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (kg/ha)	Peso de 1.000 aquênios (g)	Floração inicial (dias)	Floração final (dias)	Maturação fisiológica (dias)	Altura da planta (cm)	Altura do capítulo (cm)	Diâmetro do capítulo (cm)
CMS HA 302	43,635	-0,828	3,354	0,773	-1,024	-1,214	-0,809	-3,605	0,941	-0,048
CMS HA 30379NW22	-43,635	0,828	-3,354	-0,773	1,024	1,214	0,809	3,605	-0,941	0,048
89V2345)3311	203,713	0,078	90,562	-0,365	-0,381	-0,238	-0,904	-0,424	9,779	1,869
89V2345)3382	199,145	2,318	138,920	3,088	0,619	0,595	0,428	11,860	13,262	2,252
89V2396)5313	-146,125	-1,571	-94,515	-0,355	0,285	0,429	-0,238	-2,374	-2,572	-0,547
89V2396)5332	-0,124	-0,915	-22,353	-2,248	-0,881	-0,738	-0,571	-8,357	-10,155	-1,398
89V2396)5311	-69,289	0,187	-24,233	-1,837	0,286	-0,071	-0,571	1,409	-0,522	-0,314
89V2396)5333	97,894	0,170	46,537	0,583	-1,381	-1,738	-1,738	-4,340	-5,703	-1,148
89V2396)5321	-285,215	-0,268	-134,918	1,133	1,452	1,762	3,596	2,226	-4,088	-0,714

tando CGC positiva quanto a rendimento de óleo e peso de 1.000 aquênios, e valores negativos referentes a teor de óleo, florações inicial e final, maturação fisiológica e altura de planta, o que indica maior precocidade e menor estatura da planta em relação à CMS HA 30379NW22. Entre os materiais utilizados como pai, 89V2345)3382 apresentou bons resultados, quando se consideram conjuntamente os caracteres rendimento de aquênios, teor de óleo, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios e diâmetro de capítulo. Esse material foi o primeiro colocado, em teor de óleo, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios e diâmetro do capítulo, e o segundo colocado, em rendimento de aquênios, apresentando as maiores médias em altura da planta e do capítulo, representadas pelas CGC positivas e elevadas. Foi, também, o mais tardio em relação à média dos materiais observada pelas

CGC positivas nas florações inicial e final, apesar de os valores terem sido baixos. O parental 89V2345)3311 foi o primeiro colocado em relação à CGC entre os parentais no rendimento de aquênios, e o segundo colocado no rendimento de óleo, apresentando, ainda, CGC negativas para floração inicial e final e maturação fisiológica, o que indica maior precocidade, embora também com valores baixos. Essas informações são úteis para a identificação dos parentais com melhor capacidade geral de combinação visando a sua ampla utilização em um programa de melhoramento genético.

Os materiais citados acima, considerados superiores quanto a sua capacidade geral de combinação em relação aos caracteres de maior importância, não se destacaram entre os valores estimados para a CEC (Tabela 4). Este fato ocorre, em parte, por causa das

**TABELA 4. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) para as combinações híbridas (MP) obtidas quanto aos caracteres rendimento, teor de óleo, rendimento de óleo, peso de 1.000 aquênios, floração inicial, floração final, maturação fisiológica, altura da planta e do capítulo e diâmetro do capítulo. (Embrapa-CNPSO, Londrina, safra 1994/95).**

Combinações híbridas	Rendimento de aquênios de óleo (kg/ha)	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (kg/ha)	Peso de 1.000 aquênios (g)	Floração inicial (dias)	Floração final (dias)	Maturação fisiológica (dias)	Altura da planta (cm)	Altura do capítulo (cm)	Diâmetro do capítulo (cm)
(1) CMS HA 302 x 89V2345)3311	5,661	0,413	10,798	1,152	-0,143	-0,286	-0,190	-0,862	-1,141	0,098
(2) CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3311	-5,661	-0,413	-10,798	-1,152	0,143	0,286	0,190	0,862	1,141	-0,098
(3) CMS HA 302 x 89V2345)3382	-39,056	0,693	-4,699	-0,335	-0,143	-0,119	-0,523	-1,545	-0,291	-0,286
(4) CMS HA 30379NW22 x 89V2345)3382	39,056	-0,693	4,699	0,335	0,143	0,119	0,523	1,545	0,291	0,286
(5) CMS HA 302 x 89V2396)5313	-161,050	-0,983	-87,298	0,128	0,524	0,047	1,809	-5,879	-2,324	-1,252
(6) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5313	161,050	0,983	87,298	-0,128	-0,524	-0,047	-1,809	5,879	2,324	1,252
(7) CMS HA 302 x 89V2396)5332	159,502	-0,464	60,020	2,345	-0,976	-0,119	-0,857	5,605	-0,107	1,164
(8) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5332	-159,502	0,464	-60,020	-2,345	0,976	0,119	0,857	-5,605	0,107	-1,164
(9) CMS HA 302 x 89V2396)5311	-325,023	-0,462	-155,797	-2,476	1,190	1,214	0,476	-0,929	0,226	-0,625
(10) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5311	325,024	0,462	155,797	2,476	-1,190	-1,214	-0,476	0,929	-0,226	0,652
(11) CMS HA 302 x 89V2396)5333	170,676	0,385	83,401	0,294	-1,143	-0,786	-0,024	1,955	1,844	0,614
(12) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5333	-170,676	-0,385	-83,401	-0,294	1,143	0,786	0,024	-1,955	-1,844	-0,614
(13) CMS HA 302 x 89V2396)5321	189,291	0,417	93,574	-1,106	0,691	0,048	-0,690	1,655	1,792	0,315
(14) CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5321	-189,291	-0,417	-93,574	1,106	-0,691	-0,048	0,690	-1,655	-1,792	-0,315

restrições impostas ao modelo. As combinações que se destacaram quanto à CEC foram as que apresentaram grandes diferenças entre combinações incluindo o mesmo pai com mães diferentes. Por exemplo, os maiores valores da CEC foram observados nas combinações (10)MS HA 30379NW22 x 89V2396)5311 e (13)CMS HA 302 x 89V2396)5321, em rendimento de aquênios e rendimento de óleo e, também, na combinação (6)CMS HA 30379NW22 x 89V2396)5313, quanto ao teor de óleo. Nessas combinações, houve a predominância de efeitos gênicos não-aditivos na determinação do caráter, os quais podem ser melhor aproveitados em programas específicos para a produção de híbridos.

### CONCLUSÕES

1. Considerando os efeitos da capacidade geral de combinação para rendimento de aquênios, teor de óleo e rendimento de óleo conjuntamente, os progenitores mais indicados para serem incluídos no programa de melhoramento genético de girassol são: CMS HA 302 (linhagem obtida de uma população norte-americana) para ser usada como mãe e 89V2345)3382 e 89V2345)3311 (linhagens derivadas da população V2000) como pais.

2. As frequências dos genes de efeito aditivo que contribuem para o rendimento de aquênios das linhagens estão relativamente próximas, como indicado pelos quadrados médios não-significativos na capacidade geral de combinação.

3. Quanto ao melhor aproveitamento dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos conjuntamente, as combinações mais indicadas são CMS HA 302x89V2396)5333 para rendimento de aquênios e CMS HA 30379NW22x89V2345)3382 para teor de óleo e rendimento de óleo.

### AGRADECIMENTOS

Ao Comitê de Publicações, da Embrapa, pela revisão e aprovação deste manuscrito, e ao CNPq, pelo apoio a esta pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- ANASCHENKO, A.V. The initial material for sunflower heterosis breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 8., 1974, Bucharest. **Proceedings...** Bucharest: International Sunflower Association, 1974. p.391-393.
- CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B. de C.; KARAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1996. 38p.
- CHERVET, B.; VEAR, F. Étude des relations entre la précocité du tournesol et son rendement, sa teneur en huile, son développement et sa morphologie. **Agronomie**, Paris, v.10, p.51-56, 1990.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- DEDIO, W. Heritability and heterosis of achene oil content components in sunflower. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 1991, Fargo. **Proceedings...** Fargo: National Sunflower Association, 1991. p.100-103.
- DOMINGUEZ, J.; MILLER, J.F. Evaluation and genetic studies of  $F_1$  sunflower hybrids between sets of lines selected in USA and Spain. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Novi Sad: International Sunflower Association, 1988. p.424-428.
- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development: Theory and technique**. New York: McGraw-Hill, 1987. v.1, 536p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v.9, p.463-493, 1956.
- KIRSCH, M.; MILLER, J.F. Measurement of genetic diversity among inbred sunflower germplasm lines. In: SUNFLOWER RESEARCH WORKSHOP, 1991, Fargo. **Proceedings...** Fargo: National Sunflower Association, 1991. p.103-110.
- MADRAP, I.A.; MAKNE, V.G. Heterosis in relation to combining-ability effect and phenotypic stability in sunflower (*Helianthus annuus*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.63, p.484-488, 1993.

- MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J.; ROATH, W.W. Comparison of inbred vs. single-cross testers and estimation of genetic effects in sunflower. **Crop Science**, Madison, v.20, p.703-706, 1980.
- ORTEGON-MORALES, A.S.; ESCOBEDOMENDOZA, A.; VILLARREAL, L.Q. Combining ability of sunflower (*Helianthus annuus* L.) lines and comparison among parent lines and hybrids. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Pisa: International Sunflower Association, 1992. p.1178-1193.
- PUTT, E.D. Heterosis, combining ability and predicted synthetics from a diallel cross in sunflowers (*Helianthus annuus* L.). **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v.46, p.59-67, 1966.
- SEILER, G.J. Utilization of wild sunflower species for the improvement of cultivated sunflower. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.30, p.195-230, 1992.
- SKORIC, D. Achievements and future directions of sunflower breeding. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.30, p.231-270, 1992.
- TYAGI, A.P. Combining ability analysis for yield components and maturity traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 12., 1988, Novi Sad. **Proceedings...** Novi Sad: International Sunflower Association, 1988. p.489-493.