

MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

AValiação DE CULTIVARES DE MAMONA EM CRUZAMENTOS DIALÉLICOS PARCIAIS ⁽¹⁾

MÁRCIA BARRETO DE MEDEIROS NÓBREGA ⁽²⁾; ISAIAS OLÍVIO GERALDI ^(3*);
AGNALDO DONIZETE FERREIRA DE CARVALHO ⁽⁴⁾

RESUMO

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma cultura de grande importância no Nordeste brasileiro, mas nos últimos anos expandiu-se também para outras regiões do Brasil, incentivada pelo Programa Nacional de Biodiesel. O trabalho teve por objetivo estimar as capacidades gerais e específicas de combinação para a produção de sementes e caracteres agronômicos de mamona, visando ao entendimento do controle genético de tais caracteres, para fins de melhoramento. Para isso, utilizaram-se 10 cultivares de mamona, divididos em dois grupos: Grupo 1, composto de cinco cultivares de porte baixo, e Grupo 2, composto de cinco cultivares de porte alto, que foram cruzadas segundo um arranjo dialélico parcial, originando 25 cruzamentos. Os cruzamentos foram avaliados no delineamento em látice 5 x 5 com quatro repetições e parcelas constituídas de uma fileira de 9 m de comprimento espaçada de 3 m (27 m²), contendo 10 plantas. Os caracteres avaliados foram: produtividade de sementes (PR), dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), altura do caule (AC), e tamanho útil do cacho (TU). A capacidade geral de combinação (CGC) foi significativa para todos os caracteres dos dois grupos, enquanto a capacidade específica de combinação (CEC) foi significativa somente para DF e TU. Além disso, a soma de quadrados devido à CGC foi maior que a soma de quadrados devido à CEC para todos os caracteres, indicando que os locos de efeito aditivo têm maior importância que os locos de efeito dominante. Nos dois grupos detectaram-se cultivares com alelos favoráveis para a produção de sementes e caracteres agronômicos.

Palavras-chave: mamona; dialélico parcial; capacidade de combinação; CGC; CEC.

ABSTRACT

EVALUATION OF CASTOR BEAN CULTIVARS IN PARTIAL DIALLEL CROSSES

Castor bean (*Ricinus communis* L.) is a very important crop in northeastern Brazil. Nowadays it became also important in other regions of Brazil, due to the Brazilian Biodiesel Program. The objective of the present work was to estimate general and specific combining ability for seed yield and agronomic traits in castor bean, in order to obtain a better understanding of the genetic control of these traits of breeding purposes. Two groups of cultivars were studied: Group 1, composed by five short stature cultivars, and Group 2, composed by five tall cultivars. The two groups were crossed according to a partial diallel design, giving rise to 25 hybrid evaluated in a 5 x 5 lattice design with four replications. Plots comprised of a nine meters single row spaced three meters apart (27 m²) with 10 plants. Seed yield (PR), days to flowering (DF), plant height (AP), height up to the primary raceme (AC), and length of primary raceme (TU) were evaluated. General combining ability (GCA) was significant for all traits within each group, while specific combining ability (SCA) was significant only for DF and TU. The GCA sum of squares was higher than SCA sum of squares for all traits, indicating that additive effect loci were more important than dominant effect loci. In both groups there are cultivars with favorable alleles for yield and agronomic traits.

Key words: castor bean; partial diallel; combining ability, GCA; SCA.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 11 de junho de 2009 e aceito em 1.º de dezembro de 2009.

⁽²⁾ Embrapa Algodão, Caixa Postal 174, 58428-095 Campina Grande (PB).E-mail:marcia@cnpa.embrapa.br

⁽³⁾ Departamento de Genética, ESALQ/USP, Caixa Postal 83, 13400-970 Piracicaba (SP). E-mail: iogerald@esalq.usp.br
(*) Autor correspondente.

⁽⁴⁾ Embrapa Hortaliças, Caixa Postal 218, 70359-970 Brasília (DF).

1. INTRODUÇÃO

Explorada comercialmente em função do teor de óleo em suas sementes, a mamoneira (*Ricinus communis* L.) é tradicionalmente cultivada por pequenos produtores no Nordeste brasileiro (COELHO, 1979). O Brasil figura entre os três maiores produtores de mamona do mundo, revezando-se ao longo da história com a China e a Índia. Nos últimos anos, a Índia tem liderado a produção de óleo de mamona, respondendo por mais de 50% da produção (SANTOS et al., 2007).

De grande versatilidade química no ramo industrial, o óleo de mamona pode ser utilizado em rotas de síntese para grande quantidade de produtos (CHIERICE e CLARO NETO, 2007), com aplicação na área de cosméticos, produtos farmacêuticos, lubrificantes e polímeros. A versatilidade do óleo de mamona deve-se à estrutura química do ácido ricinoleico (WEISS, 1983).

O óleo de mamona é um dos óleos vegetais mais caros no mercado de *commodities*, só perdendo para o óleo de amendoim. Todavia, diversos aspectos conjunturais da economia mundial favorecem grande oscilação do preço do óleo de mamona, o que, em parte, contribui para a instabilidade dos preços da mamona em baga e desestimula o plantio. O preço da mamona é muito influenciado pela produção da Índia, que, nos últimos anos, responde por cerca de 80% da exportação de óleo (SANTOS et al., 2007). Assim, o aumento na área plantada e o nível tecnológico daquele país forçam os preços para baixo, enquanto a ocorrência de secas ou de má distribuição das chuvas provoca aumento nas cotações. O mesmo ocorre em relação a outros países como China e Brasil, porém em menor escala. Desta forma observa-se, também, grande oscilação da área plantada. De acordo com PINA et al. (2005), o déficit anual de óleo de mamona no Brasil é superior a 80 mil toneladas e para suprir esta demanda o óleo de mamona é importado da Índia e da China.

No Brasil, a produção está concentrada no semiárido nordestino e no Estado da Bahia, que respondem por mais de 80% da produção e da área plantada (CARVALHO, 2005). No pólo produtor de mamona na Bahia, situado na região de Irecê, as iniciativas privadas e/ou governamentais levam suporte técnico aos agricultores locais, além de garantir a compra de sua produção (PINA et al., 2005). Atualmente, com os estímulos provocados pela demanda gerada pelo Programa Nacional de Biocombustível, vários outros Estados do País têm cultivado mamona, não somente em áreas onde predomina a agricultura familiar, mas também em regiões onde se pratica a agricultura em larga escala, como por exemplo, a Região Centro-Oeste.

O sistema de cultivo empregado pelos pequenos produtores no Brasil envolve geralmente consorciação com culturas alimentares, principalmente milho e feijão, e com baixa adoção de tecnologias. Todo o sistema de produção, desde o plantio até o beneficiamento é manual, o que acarreta baixos rendimentos, e, devido a esse problema, a média nacional da mamona em baga é baixa, em torno de 700 kg ha⁻¹ (COELHO, 1979; SAVY FILHO, 2005; SANTOS et al., 2007). O potencial de produção é bem maior, visto que as cultivares desenvolvidas pela Embrapa Algodão em Campina Grande (PB) e pelo Instituto Agrônomo (IAC) em Campinas (SP), para as áreas tradicionais de cultivo de mamona, produzem em média 1500 a 1800 kg ha⁻¹.

Mais recentemente, com a retomada das discussões sobre a substituição de combustíveis derivados de petróleo pelo biodiesel, outros Estados e municípios do país têm buscado cultivares de mamoneira adaptadas às suas condições ambientais. Entretanto, as cultivares de mamona disponíveis para plantio e comercialização até o momento, desenvolvidas pela Embrapa Algodão, visam atender a demanda para determinados ambientes no semiárido, não se adaptando, de imediato, às novas regiões de cultivo. Assim, novas cultivares precisam ser desenvolvidas visando atender estas áreas de expansão da cultura, cujas condições climáticas diferem daquelas do semiárido nordestino, incluindo, características específicas para os diferentes sistemas de produção. Além disso, apesar do esforço em desenvolver novas e melhores cultivares de mamoneira para a Região Nordeste, o patamar de produtividade média, em torno de 1.500 kg ha⁻¹, alcançada pelas cultivares desenvolvidas pela Embrapa, tem sido difícil de ultrapassar. Assim, a estratégia de cruzar materiais divergentes pode representar aumento na eficiência do melhoramento desta cultura.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de cultivares de mamona de porte alto e baixo, selecionados com base no comportamento *per se* e nas distâncias genéticas, em cruzamentos dialélicos parciais, com vistas à escolha de genitores mais apropriados para a utilização em programas de melhoramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dos cruzamentos, foram utilizadas 10 cultivares de mamoneira, escolhidas com base nas distâncias genéticas entre elas e na produtividade, previamente avaliadas em vários locais e anos. As 10 cultivares selecionadas foram

divididas em dois grupos: Grupo 1 (G1), composto de cinco cultivares de porte baixo, e Grupo 2 (G2), composto de cinco cultivares de porte alto (Tabela 1). Todas as cultivares provêm do Programa de Melhoramento da Mamoneira desenvolvido pelo Centro Nacional de Pesquisa do Algodão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Algodão) e três delas (BRS Energia, BRS Nordestina e BRS Paraguaçu) são atualmente recomendadas para plantio.

Tabela 1. Relação das cultivares de mamona utilizadas nos cruzamentos

Porte Baixo	Porte Alto
1: Epaba Ouro	6: BRS Paraguaçu
2: BRS Energia	7: BRS Nordestina
3: BRA 10235	8: CNPAM-2000-36
4: BRA 5916	9: CNPAM-2000-18
5: BRA 3908 (Sipeal 20)	10: CNPAM-2000-13

Em meados de fevereiro de 2005, as 10 cultivares foram semeadas para a realização dos cruzamentos. Para garantir a disponibilidade de racemos para cruzamentos e escaloná-los, as cultivares de porte baixo que, em geral são mais precoces e produzem menor quantidade de racemos por planta, foram semeadas em duas épocas, com intervalo de 20 dias. Dessa forma, foram obtidos 25 cruzamentos entre grupos (alto x baixo), combinados de acordo com o delineamento genético de cruzamentos dialélicos parciais (GERALDI e MIRANDA FILHO, 1988), com quantidade de sementes suficientes para a realização dos experimentos.

O experimento de avaliação dos cruzamentos foi instalado na Estação Experimental Anhembi, localizada no bairro rural de Anhumas, no município de Piracicaba (SP), no final de dezembro de 2005, utilizando-se o delineamento em látice 5 x 5, com quatro repetições. Cada parcela consistiu de uma fileira de 9 m de comprimento, com 10 plantas; o espaçamento entre fileiras foi de 3 m (27 m²). Nas bordaduras foram semeadas duas fileiras da cultivar BRS Paraguaçu. Foram avaliados os seguintes caracteres: produtividade de sementes (PR), em kg ha⁻¹; dias para florescimento (DF); altura da planta (AP), em cm; altura do caule (AC), em cm; e tamanho útil do cacho (TU), em cm.

As análises de variância foram realizadas segundo modelo matemático apresentado a seguir, considerando-se o modelo misto, isto é, os efeitos de tratamentos como fixos e os de repetições como aleatórios (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992):

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk}$$

em que Y_{ijk} é o valor da observação referente ao genótipo i , na repetição j e bloco k ; μ é a média geral; t_i é o efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 25$); r_j é o efeito da repetição j ($j = 1, 2, \dots, 4$); $b_{k(j)}$ é o efeito do bloco k dentro da repetição j ($k = 1, 2, \dots, 5$); e e_{ijk} é o erro experimental associado à parcela ijk .

As análises de variância do dialélico, bem como as estimativas dos componentes de médias (capacidade geral e específica de combinação) foram obtidas segundo o Método 4 de Griffing (1956), adaptado para dialélicos parciais por GERALDI e MIRANDA FILHO (1988), com base no seguinte modelo matemático:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

em que \bar{Y}_{ij} é a média do cruzamento entre a cultivar i do grupo 1 e a cultivar j do grupo 2; μ é a média geral; g_i é o efeito da capacidade geral de combinação da cultivar i do grupo 1; g_j é o efeito da capacidade geral de combinação da cultivar j do grupo 2; s_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação entre as cultivares i e j ; e \bar{e}_{ij} é o erro experimental associado às médias dos cruzamentos.

Para a realização das análises estatísticas e estimação dos componentes de médias foi utilizado o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância para todas as características estão listados na tabela 2. Os quadrados médios de todos os caracteres foram significativos para tratamentos, evidenciando diferenças entre os 25 híbridos testados. Por estes resultados, infere-se que nos genitores escolhidos para este trabalho observam-se diferenças genótípicas, ou seja, existe variabilidade genética entre os genitores para todos os caracteres avaliados.

Os coeficientes de variação experimental para as características estudadas variaram de 4,0% a 28,5%. Esses coeficientes de variação estão de acordo com os observados por outros autores e são baixos para a maioria dos caracteres; apenas para a produtividade de sementes (PR) o coeficiente de variação foi mais alto (28,5%). Entretanto, tanto na mamoneira como em outras culturas, os coeficientes de variação para caracteres relacionados à produção são geralmente altos, pelo fato deste ser altamente influenciado pelas condições ambientais. Na literatura, são relatados CV's para rendimento de mamoneira variando de 12% a 40% (MILANI e FONSECA JUNIOR., 2006; SEVERINO et al., 2006).

Tabela 2. Quadrados médios obtidos da análise de variância para os caracteres produtividade de sementes (PR), dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), altura do caule (AC) e tamanho útil do cacho (TU) de mamona

FV	GL	PR	DF	AP	AC	TU
		kg ha ⁻¹	dias	cm		
Repetições (R)	3	2.759.611,5**	33,5**	18.535,3**	2.553,5**	221,8**
Blocos/R	16	97.399,0 ^{ns}	5,2 ^{ns}	1.083,6**	180,7 ^{ns}	22,5 ^{ns}
Tratamentos	24	230.692,7**	75,5**	4.535,9**	749,1**	109,4**
Erro intra-blocos	56	101.622,4	7,5	442,3	107,5	24,3
CV %	-	28,5	4,0	6,8	10,7	16,9
Eficiência Látice %	-	96,7	102,2	118,2	106,5	99,9
Média	-	1.116,7	67,8	311,2	96,8	29,2

** , ^{ns}: significativo (p≤0,01) e não significativo, pelo teste F respectivamente.

A eficiência do látice variou de 96,7% a 118,2%, indicando que os blocos eram homogêneos dentro de cada repetição, com exceção do caráter AP.

As médias dos 25 cruzamentos entre os dois grupos estão apresentadas na tabela 3. Observa-se a ocorrência de grande variação entre as médias para vários caracteres. A média da produtividade de sementes (PR) variou de 669,8 kg ha⁻¹ (3 x 8) a 1.754,3 kg ha⁻¹ (5 x 6). O mesmo ocorreu para os demais caracteres, isto é, o intervalo de variação foi de 54,9 dias a 74,3 dias para DF; 234,9 cm a 385,4 cm para AP; 57,7 cm a 124,8 cm para AC; e 21,2 cm a 41,0 cm para TU. Estes resultados evidenciam a grande divergência existente entre as cultivares utilizadas, para todos os caracteres.

Na tabela 4 está relacionada a análise dialélica de variância, com as porcentagens das somas de quadrado atribuídas à capacidade geral de combinação de cada grupo e à capacidade específica de combinação. Foram detectadas diferenças significativas (p≤0,01) para a capacidade geral de combinação (CGC) tanto para cultivares de porte baixo (Grupo 1) quanto para cultivares de porte alto (Grupo 2), para todos os caracteres, o que indica haver pelo menos um dos genitores de cada grupo que difere dos demais quanto à capacidade geral de combinação. A capacidade específica de combinação (CEC) diferiu significativamente somente para DF (p≤0,05) e TU (p≤0,01), podendo-se inferir que as diferenças entre as médias dos cruzamentos são predominantemente devidas ao comportamento individual dos genitores. Observa-se, ainda, que a soma de quadrados da capacidade geral de combinação explicou 71,65% (TU) a 93,8% (AC) da variação entre tratamentos, havendo, portanto, predomínio da capacidade geral de combinação na variação entre os cruzamentos.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i e \hat{g}_j) de cada genitor (Tabela 5)

indicam que para a produtividade de sementes (PR), na maioria dos genitores os valores foram negativos; entretanto, a capacidade de provocar desvios positivos em relação à média ocorreu em quatro dos dez genitores (4, 5, 6 e 7), sendo dois em cada grupo. Três entre estes quatro genitores são cultivares melhoradas e com estes resultados confirma-se a alta concentração de alelos favoráveis para PR, decorrente do processo de melhoramento genético. No grupo de porte baixo, o maior \hat{g}_i foi do genitor BRA 3908 ($\hat{g}_5 = 272,9$) ou seja, 2,85 vezes maior que o segundo colocado (BRA 5916; $\hat{g}_4 = 95,9$). No grupo de porte alto, a situação foi semelhante; contudo, a diferença entre o primeiro colocado (BRS Paraguaçu, $\hat{g}_6 = 287,6$) e o segundo (BRS Nordestina, $\hat{g}_7 = 60,6$) foi ainda maior (4,75 vezes). Para as demais cultivares dos dois grupos, as estimativas das capacidades gerais de combinação (\hat{g}_i ou \hat{g}_j) foram negativas ou estatisticamente não diferentes de zero, indicando que as mesmas têm, relativamente ao grupo, menor concentração de alelos favoráveis. O fato de haver genótipos com valores negativos para capacidade geral de combinação para PR não indica que os mesmos terão sempre desempenho inferior, e que deveriam, portanto, ser descartados. Se cruzados com outro grupo de cultivares poderão apresentar valores superiores quanto a este parâmetro.

Em relação aos demais caracteres, destacam-se quanto à capacidade geral de combinação (CGC), os seguintes genitores: 5 (Grupo 1) e 7 e 10 (Grupo 2) para DF (mais precoces); 5 (Grupo 1) e 7 (Grupo 2) para AP (porte mais baixo); 5 (Grupo 1) e 10 (Grupo 2) para AC (menor altura do caule) e, finalmente, 3 e 4 (Grupo 1) e 6 (Grupo 2) para TU (cachos maiores). A avaliação conjunta da CGC revela, portanto, que os alelos favoráveis para os cinco caracteres estão dispersos entre as cultivares; entretanto, as cultivares 5 (Grupo 1) e 7 (Grupo 2) reúnem alelos favoráveis para pelo menos três dos cinco caracteres (Tabela 5).

Tabela 3. Médias dos cruzamentos entre cultivares de porte alto e de porte baixo de mamona para os caracteres produtividade de sementes (PR), dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), altura do caule (AC) e tamanho útil do cacho (TU)

Cruzamentos	PR	DF	AP	AC	TU
	kg ha ⁻¹	dias		cm	
1 x 6	1.072,4	71,5	316,8	101,9	21,4
1 x 7	1.051,9	63,7	303,7	94,3	28,8
1 x 8	1.031,2	69,2	319,5	104,7	22,7
1 x 9	793,2	70,7	362,2	104,1	21,2
1 x 10	696,2	67,2	303,0	88,1	29,9
2 x 6	1.411,1	69,3	284,3	92,0	36,5
2 x 7	1.058,5	61,9	274,6	90,8	26,6
2 x 8	967,8	68,8	307,9	95,7	23,4
2 x 9	958,5	71,5	336,9	105,6	25,7
2 x 10	1.129,4	65,3	330,3	91,9	31,7
3 x 6	1.224,0	73,6	361,0	124,8	38,8
3 x 7	977,8	66,0	333,6	112,3	32,9
3 x 8	669,8	74,3	385,4	120,4	33,0
3 x 9	813,1	72,6	362,8	115,2	36,5
3 x 10	1.053,9	67,6	347,0	100,5	28,8
4 x 6	1.560,4	72,6	320,5	108,8	41,0
4 x 7	1.137,4	65,2	289,9	105,9	36,0
4 x 8	1.111,1	74,0	312,8	101,2	25,6
4 x 9	1.203,6	71,9	334,8	105,3	33,8
4 x 10	1.051,2	63,0	301,5	90,5	35,3
5 x 6	1.754,3	67,2	267,1	82,7	25,6
5 x 7	1.661,8	56,8	234,9	66,7	26,8
5 x 8	1.019,2	67,5	251,8	77,0	21,7
5 x 9	1.077,6	68,3	291,2	80,8	22,4
5 x 10	1.436,0	54,9	246,0	57,7	28,0
Média (\hat{m})	1.116,9	67,8	311,2	96,8	29,2
dms (¹)	863,0	7,4	60,5	29,5	13,4

(¹) Diferença mínima significativa entre médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As estimativas dos efeitos das capacidades específicas de combinação (\hat{s}_{ij}) dos 25 cruzamentos diferiram estatisticamente entre si, de acordo com a análise de variância (Tabela 4), somente para DF e TU. Observa-se na tabela 6 que os cruzamentos que tiveram boa complementação para estes dois caracteres foram 1x8, 4x10 e 5x10 para DF (mais precoces) e 2x6 e 3x9 para TU (com cachos maiores). Por outro lado, embora a capacidade específica de combinação para PR não tenha sido significativa, comparando-se as proporções relativas das somas de quadrados (Tabela 4), verifica-se que esta contribui com 20,9% da soma de quadrados, evidenciando efeito não aditivo não desprezível na expressão deste

caráter. De fato, pelo menos um cruzamento (1 x 8) destaca-se pela existência de interação favorável entre os genitores, como demonstrado pelo alto valor de \hat{s}_{ij} ($\hat{s}_{18} = 259,3$).

Analisando-se os componentes das médias dos cruzamentos para PR (Tabela 3), observa-se que o primeiro, o segundo e o terceiro classificados reúnem os benefícios dos genitores com maior capacidade geral de combinação (\hat{g}_i e \hat{g}_j), enquanto o quarto e o quinto classificados têm um dos genitores com alta CGC e outro com CGC intermediária (Tabela 5). Apenas o segundo colocado (5 x 7) destacou-se também quanto à capacidade específica de combinação ($\hat{s}_{57} = 211,4$), embora esta não tenha sido estatisticamente diferente de zero (Tabela 6).

Tabela 4. Quadrados médios obtidos na análise dialélica para os caracteres produtividade de sementes (PR), dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), altura do caule (AC) e tamanho útil do cacho (TU) de mamona

FV	GL	PR	DF	AP	AC	TU
		kg ha ⁻¹	dias	cm		
Tratamentos	24	74.371,3**	24,80**	1.478,9**	248,2**	34,72**
CGC (G1)	4	184.660,5**	44,28**	6.391,5**	1.151,8**	109,12**
CGC (G2)	4	168.435,2**	89,43**	1.645,2**	244,9**	40,12**
CEC	16	23.283,0 ^{ns}	3,77*	209,2 ^{ns}	23,0 ^{ns}	14,76**
Erro efetivo	56	25.185,3	1,71	123,7	29,1	5,97
(SQCGC _{G1})%(¹)		41,4	29,76	72,0	77,4	52,39
(SQCGC _{G2})%(¹)		37,7	60,11	18,5	16,4	19,26
(SQCEC)%(¹)		20,9	10,13	9,4	6,2	28,35

** , * e ^{ns}: significativo (p≤0,01), significativo (p≤0,05) e não significativo, pelo teste F respectivamente.

(¹) Porcentagem das somas de quadrados de tratamentos explicadas pelas CGC (G1 e G2) e CEC.

Tabela 5. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação dos cultivares do Grupo 1 (\hat{g}_i) e do Grupo 2 (\hat{g}_j), para os caracteres produtividade de sementes (PR), dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), altura do caule (AC) e tamanho útil do cacho (TU) para as 10 cultivares de mamona

Cultivares (¹)	PR	DF	AP	AC	TU
	kg ha ⁻¹	dias	cm		
1: Epaba Ouro	-187,9	0,674	9,86	1,87	-4,58
2: BRS Energia	-11,8	-0,413	-4,37	-1,56	-0,56
3: BRA 10235	-169,2	3,021	46,77	17,88	4,63
4: BRA 5916	95,9	1,544	0,72	5,58	4,97
5: BRA 3908	272,9	-4,826	-52,99	-23,77	-4,46
6: BRS Paraguaçu	287,6	3,049	-1,25	5,30	3,29
7: BRS Nordestina	60,6	-5,061	-23,84	-2,78	0,84
8: CNPAM-2000-36	-157,1	2,972	4,30	3,02	-4,08
9: CNPAM-2000-18	-147,7	3,216	26,39	5,46	-1,43
10: CNPAM-2000-13	-43,5	-4,177	-5,61	-11,01	1,38
$\hat{s}_{\hat{g}_i} = \hat{s}_{\hat{g}_j}^{(2)}$	63,5	0,523	4,45	2,16	0,98

(¹) Grupo 1: i = 1, 2, ... 5; Grupo 2: j = 6, 7, ... 10.

(²) Desvios-padrão associados às estimativas da capacidade geral de combinação.

MEHTA (2000) avaliou 45 híbridos F₁ de mamoneira oriundos de cruzamentos entre dez genitores e constatou que os efeitos da CGC e da CEC foram significativos para o caráter produtividade de sementes por planta, sugerindo que as informações da CGC devem ser complementadas pelos efeitos da CEC. Resultados semelhantes foram obtidos por PATHAK e DANGARIA (1987), para a produção de sementes e seus componentes. Esses autores observaram, ainda, que a maioria dos híbridos com altas CEC era oriunda de cruzamentos onde pelo menos um dos genitores tinha alta CGC. Estes resultados, portanto, não são totalmente concordantes com os do presente trabalho, onde se detectou preponderância da CGC. Entretanto,

considerando que a CEC explicou 20,9% da variação para PR (Tabela 4) e as magnitudes relativamente altas dos efeitos da capacidade específica de combinação de alguns cruzamentos, é possível que a CEC fosse significativa, caso a precisão experimental fosse melhor (CV menor), conforme pode ser observado pelos altos valores dos desvios da capacidade específica de combinação nos cruzamentos 1 x 8, 5 x 7 e 5 x 8 (Tabela 6).

Pela análise geral dos caracteres, constata-se que cinco cruzamentos sobressaíram-se aos demais por apresentarem médias de produção em torno de 1.500 kg ha⁻¹, que é considerada alta para as condições brasileiras.

Tabela 6. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação entre os cultivares dos Grupos 1 e Grupo 2 (\hat{S}_{ij}) para os caracteres produtividade de sementes (PR), dias para florescimento (DF), altura da planta (AP), altura do caule (AC) e tamanho útil do cacho (TU) para os 25 cruzamentos de mamona

Cruzamentos	PR	DF	AP	AC	TU
	kg ha ⁻¹	dias		cm	
1 x 6	-144,14	0,003	-3,01	-1,99	-6,70
1 x 7	62,27	0,286	6,47	-1,57	3,14
1 x 8	259,25	-2,257	-5,84	3,04	2,02
1 x 9	11,91	-0,952	14,80	0,02	-2,18
1 x 10	-189,30	2,926	-12,43	0,50	3,73
2 x 6	18,45	-1,097	-21,24	-8,49	4,40
2 x 7	-107,17	-0,396	-8,36	-1,67	-3,04
2 x 8	19,82	-1,522	-3,17	-2,55	-1,28
2 x 9	1,06	0,883	3,70	4,98	-1,66
2 x 10	67,84	2,131	29,08	7,73	1,57
3 x 6	-11,31	-0,302	4,30	4,88	1,51
3 x 7	-30,53	0,252	-0,54	0,42	-1,94
3 x 8	-120,88	0,546	23,13	2,72	3,05
3 x 9	13,04	-1,445	-21,57	-4,85	3,99
3 x 10	149,68	0,948	-5,32	-3,16	-6,62
4 x 6	60,06	0,198	9,85	1,19	3,41
4 x 7	-135,96	0,937	1,86	6,32	0,80
4 x 8	55,37	1,662	-3,38	-4,16	-4,69
4 x 9	138,53	-0,637	-3,54	-2,52	0,91
4 x 10	-118,00	-2,160	-4,78	-0,82	-0,43
5 x 6	76,94	1,204	10,11	4,41	-2,62
5 x 7	211,38	-1,080	0,57	-3,50	1,04
5 x 8	-213,57	1,571	-10,74	0,95	0,89
5 x 9	-164,54	2,150	6,61	2,37	-1,06
5 x 10	89,78	-3,845	-6,55	-4,24	1,75
$\hat{S}_{ij}^{(1)}$	126,96	1,045	8,90	4,31	1,95

(¹) Desvios-padrão associados às estimativas da capacidade específica de combinação.

Na ordem decrescente estes cruzamentos são: 5 x 6 (1.754 kg ha⁻¹), 5 x 7 (1.661 kg ha⁻¹), 4 x 6 (1.560 kg ha⁻¹), 5 x 10 (1.436 kg ha⁻¹) e 2 x 6 (1.411 kg ha⁻¹). Considerando a não-significância da capacidade específica de combinação para este caráter, estes cruzamentos podem ser imediatamente explorados, no sentido de selecionar linhas puras superiores. Analisando-se separadamente os genitores destes cruzamentos quanto à concentração de alelos favoráveis (CGC), destacam-se os genitores 4 e 5 do Grupo 1 e os genitores 6 e 7 do Grupo 2. Os genitores 5 (Grupo 1) e 6 (Grupo 2) destacam-se pela maior concentração de alelos favoráveis para a produtividade de sementes (PR)

e, portanto, o cruzamento entre eles é o mais produtivo. Além disso, o genitor 5 é o genitor do grupo 1 que tem alelos favoráveis para a maioria dos caracteres, a saber: PR, DF, AP e AC. No mesmo grupo, o genitor 4 é o segundo classificado para PR, mas é superior para TU e intermediário para AP. Por outro lado, no Grupo 2, o genitor 6 é superior aos demais quanto a PR e TU e intermediário para AP. No mesmo grupo, o genitor 7 é o segundo classificado para PR, mas é superior para os caracteres DF e AP, e intermediário para TU. Finalmente, o genitor 10 é intermediário quanto ao caráter PR, mas é o mais precoce do grupo (Tabela 5).

Observa-se, portanto, que quatro entre os 10 genitores (4, 5, 6 e 7) são complementares, considerando os diversos caracteres. Em vista destes fatos, além da exploração imediata dos cruzamentos biparentais, pode-se formar populações multiparentais (compostos), com média alta para PR e com variabilidade para todos os caracteres, de onde poderiam ser selecionados genótipos superiores. Por exemplo, uma população formada pelo intercruzamento entre os quatro genitores (4, 5, 6 e 7), e entre três genitores (4, 5 e 6; ou 5, 6 e 7, por exemplo). Em cada tipo de população poder-se-ia dar maior ênfase a determinados caracteres. O genitor 10 (Grupo 10) também poderia ser utilizado em tais populações, pois embora seja mediano para PR, é o mais precoce do grupo. Desse modo, poder-se-ia formar uma população combinando os genitores 5, 6 e 10, por exemplo, com vistas à seleção de genótipos mais produtivos e precoces.

O destino das linhagens derivadas de tais cruzamentos seria para utilização direta como cultivares, considerando o estágio de melhoramento desta cultura no Brasil, e que o seu uso se concentra principalmente em regiões com menor adoção de tecnologia, que é o Nordeste brasileiro. Paralelamente, deveriam ser selecionadas linhagens mais adaptadas às condições do Centro-Oeste brasileiro, onde se pratica agricultura em larga escala e com maior adoção de tecnologia, em vista do crescente interesse pelo cultivo da mamona em tais regiões.

4. CONCLUSÕES

1. A capacidade geral de combinação (CGC) é o efeito preponderante na composição das médias dos cruzamentos;

2. Quatro genitores destacam-se dos demais quanto à concentração de alelos favoráveis: as cultivares de porte baixo BRA-3908 e BRA-5916 (Grupo 1) e as cultivares de porte alto BRS-Paraguaçu e BRS-Nordestina (Grupo 2).

AGRADECIMENTOS

Aos servidores do laboratório, Fernandes de Araújo e Gustavo Alexandre Perina, pela colaboração em todas as etapas do trabalho. Ao CNPq, pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa de IOG.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, B.C.L. **Manual do cultivo da mamona**. Salvador: Empresa Brasileira de Desenvolvimento Agrícola S.A. (EBDA), 2005. 65p.

CHIERICE, G.O.; CLARO NETO, S. Aplicação Industrial do óleo. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.417-447.

COELHO, I. **Avaliação das exportações tradicionais baianas: caso do sisal e mamona**. 1979. 174f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador.

GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, v.11, p.419-430, 1988.

MEHTA, D.R. Combining ability analysis for yield and its component characters in castor (*Ricinus communis* L.). **Indian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.200-202, 2000.

MILANI, M.; FONSECA JÚNIOR, N.S. **Avaliação de genótipos de mamona na região norte do Paraná**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 3p. (Comunicado Técnico 306)

PATHAK, H.C.; DANGARIA, C.J. Combining ability for yield and its components in castor. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.57, p.13-16, 1987.

PINA, M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; VILLENEUVE, P.; LAGO, R. Novas alternativas de valorização para dinamizar a cultura da mamona no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.22, p.453-462, 2005.

SANTOS, R.F.; KOURI, J.; BARROS, M.A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P.T.; REQUIÃO, L.E.G. Aspectos Econômicos do Agronegócio da Mamona. In: AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.22-41.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide for personal computers**. Version 8.1. Cary: Nashville University, 1999.

SAVY FILHO, A. **Mamona: tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.563-568, 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. 1.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. 1.ed. London: Longman, 1983. 660p.