

Seleção de famílias e genitores de *Jatropha curcas* L. para produção de grãos via modelos mistos

*Erina Vitório Rodrigues*¹, *Bruno Galveas Laviola*², *Rosana Falcão*³, *Paulo Eduardo Teodoro*⁴, *Júlio César Marana*⁵, *Alexandre Alonso Alves*⁶

Resumo

O pinhão-manso é uma espécie com alto potencial para produção de biocombustíveis. No entanto, por ainda encontrar-se em fase de domesticação, necessita de estratégias de seleção de genitores promissores para serem utilizados na formação de populações segregantes superiores. Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo estimar a capacidade geral e específica de combinação dos genótipos avaliados e selecionar famílias e genitores de *Jatropha curcas* para produção de grãos, via REML/BLUP. Realizaram-se cruzamentos controlados entre genótipos de pinhão-manso em esquema fatorial desconexo (3x3), totalizando 70 famílias, que foram avaliadas em delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições e três plantas por parcela. A variância genética para o caráter produção de grãos em pinhão-manso foi explicada pelos efeitos genéticos aditivos e pelos efeitos de dominância, com predominância dos efeitos aditivos. A seleção de famílias via REML/BLUP é uma estratégia eficiente para identificar as superiores com base no valor genotípico, bem como selecionar maior número de indivíduos promissores dentro da família. A melhor família para produção de grãos em pinhão-manso foi oriunda do cruzamento entre os genitores BAG 270-II-2 e BAG 147-I-2. Os genitores BAG 270-II-2, BAG 167-I-5, BAG 167-I-2, 18 Gen. 811-I-5, DIAL 10 e BAG 107-I-4 são os mais promissores para serem usados em programa de seleção visando ao aumento da produção de grãos em pinhão-manso.

¹ Agrônoma, doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Estadual do Norte Fluminense, erina.rodrigues@colaborador.embrapa.br

² Agrônomo, doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Agroenergia, bruno.laviola@embrapa.br

³ Bióloga, mestre em Ciências Genômicas e Biotecnologia, analista da Embrapa Agroenergia, rosana.falcao@embrapa.br

⁴ Agrônomo, doutorando em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, eduteodoro@hotmail.com

⁵ Biólogo, técnico da Embrapa Agroenergia, julio.marana@embrapa.br

⁶ Agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Agroenergia, alexandre.alonso@embrapa.br

Introdução

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie perene que apresenta diversos usos, tais como cerca viva, fitorremediação, uso medicinal (SHARMA et al., 2012). No entanto, sua principal utilização é na produção de biocombustíveis (FEY et al., 2014), posto que apresenta alta produtividade de óleo, cerca de 1.200 kg ha⁻¹ a 1.500 kg ha⁻¹, de boa qualidade para produção de biodiesel (LAVIOLA et al., 2014) e a expectativa de se obter alto rendimento de grãos.

Apesar do enorme potencial energético, o pinhão-manso ainda se encontra em fase de domesticação no Brasil. Assim, esforços são concentrados na escolha correta dos indivíduos superiores que serão genitores das próximas gerações, visando obter êxito no programa de melhoramento. Uma das estratégias para identificar os indivíduos com alelos favoráveis para caracteres de interesse é a avaliação genética dos candidatos à seleção.

O dialelo é um dos principais delineamentos genéticos para avaliação e seleção dos genótipos a serem utilizados como genitores, bem como de cruzamentos para praticar a seleção. É possível quantificar a variabilidade genética dos caracteres avaliados, a importância relativa dos efeitos genéticos aditivos relacionados à capacidade geral de combinação (CGC), bem como os efeitos devidos aos desvios da dominância, associados à capacidade específica de combinação (CEC) (CRUZ et al., 2012). Para escolha dos cruzamentos superiores, pelo menos um dos genitores deve possuir alta CGC e o cruzamento possuir alta CEC.

Em plantas perenes, a seleção deve ser realizada com base nos valores genéticos dos indivíduos. Assim, o método mais adequado é o BLUP (melhor preditor linear não viesado), posto que maximiza a diferença entre os valores preditos e os valores reais, maximiza a probabilidade de selecionar indivíduos superiores e maximiza o ganho genético esperado por ciclo de seleção (RESENDE, 2007). A seleção, quando praticada em famílias com elevados valores genotípicos, possibilita maior probabilidade de identificar genótipos superiores.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar as capacidades geral e específica de combinação dos genótipos avaliados e selecionar famílias e genitores de *Jatropha curcas* para produção de grãos, via REML/BLUP.

Material e métodos

O experimento foi instalado na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, situada a 15°35'30" S e 47°42'30" W, a 1.007 m altitude. O clima é tropical com inverno seco e verão chuvoso (Aw) segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 22 °C, umidade relativa de 73% e precipitação pluvial média de 1.100 mm. O solo predominante no local foi classificado como Latossolo Vermelho com alto teor de argila.

Realizou-se cruzamentos controlados entre genótipos de pinhão-manso em esquema fatorial desconexo (3 x 3), totalizando 70 famílias, as quais foram avaliadas em delineamento de blocos ao acaso, com seis repetições, três plantas por parcela e espaçamento de 4 m x 2 m. O caráter avaliado foi a produção de grãos (PROD, g planta⁻¹), no segundo ano de colheita.

As estimativas de variâncias e os valores genéticos foram obtidos utilizando o *software* Selegen REML/BLUP, considerando-se o seguinte modelo misto (RESENDE, 2007):

$$y = Xr + Za + Wp + Tf + e,$$

em que, y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios), f é o vetor dos efeitos de dominância de família de irmãos germanos (aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas X, Z, W e T representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Resultados e discussão

Observou-se que a variância genética para o caráter produção de grãos foi condicionada por efeitos genéticos aditivos, bem como pelos efeitos de dominância (Tabela 1). No entanto, houve maior predominância de variância genética aditiva, o que possibilita a obtenção de ganhos com a estratégia de seleção intrapopulacional, visando à alteração da frequência alélica favorável para o caráter em estudo. A estimativa de herdabilidade no sentido amplo apresentou média magnitude, evidenciando bom controle genético na expressão do caráter, o que pode ser comprovado pela acurácia seletiva de alta magnitude ($\hat{r}_{gg}=0,76$).

Tabela 1. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos para produção de grãos (g planta^{-1}) de 70 famílias de pinhão-manso.

Parâmetros	Produção de grãos (g)
$\hat{\sigma}_a^2$	36424,62
$\hat{\sigma}_{fam}^2$	21301,67
$\hat{\sigma}_e^2$	135221,95
$\hat{\sigma}_f^2$	206518,62
\hat{h}_a^2	0,18
\hat{h}_g^2	0,59
\hat{r}_{gg}	0,76
\hat{c}_{parc}^2	0,07
\hat{c}_{fam}^2	0,10
Média geral	766.99

$\hat{\sigma}_a^2$: variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_{parc}^2$: variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_{fam}^2$: variância genética de dominância; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; \hat{h}_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; \hat{h}_g^2 : herdabilidade individual no sentido amplo; \hat{r}_{gg} : acurácia seletiva; \hat{c}_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; \hat{c}_{fam}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação.

Para a seleção de genitores, considerou-se aqueles que apresentaram estimativas de capacidade geral de combinação (CGC) positivas e de alta magnitude, pois estes contribuem para aumento da expressão do caráter. Com base no ranqueamento, selecionou-se 10 genitores superiores que podem ser utilizados em programas de melhoramento visando ao aumento da produção de grãos em pinhão-manso (Tabela 2). Além disso, são apresentados os genitores que não são indicados para esquemas de cruzamentos, pois estes contribuem para redução do caráter em estudo.

As estimativas de capacidade específica de combinação (CEC) indicam os desvios de um híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores. Altas estimativas de CEC são importantes no que tange à obtenção de cruzamentos superiores, pois permite maior variabilidade nas gerações segregantes, o que é essencial no processo seletivo. Assim, interessa ao melhorista as combinações híbridas com estimativas de CEC positiva e de alta magnitude e que envolva pelo menos um genitor com estimativas de CGC favoráveis. Observando a Tabela 3, percebe-se que todos os cruzamentos atendem a esse pressuposto e, embora os genitores BAG 283-I-1 e BAG 167-II-5 não estejam entre os 10 superiores, apresentaram estimativas de CGC positivas equivalentes a 54,71 e 22,68, respectivamente (resultados não apresentados).

Tabela 2. Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos 10 genótipos superiores e dos 10 inferiores para produção de grãos (g planta⁻¹) em pinhão-mansão.

Genótipos superiores			Genótipos inferiores		
Ordem	Genitor	Produção de grãos	Ordem	Genitor	Produção de grãos
1	BAG 270-II-2	300,50	24	DIAL 5	-66,24
2	BAG 167-I-5	243,53	25	BAG 279-I-4	-67,58
3	BAG 167-I-2	173,98	26	BAG 113-I-4	-103,96
4	BAG 300-I-1	133,06	27	BAG 156-I-5	-107,37
5	18 Gen. 811-I-5	126,35	28	DIAL 16	-150,66
6	DIAL 3	92,25	29	INTER 6	-151,11
7	BAG 199-II-5	85,60	30	BAG 147-I-2	-152,67
8	DIAL 10	73,30	31	DIAL 7	-176,47
9	BAG 107-I-4	58,44	32	INTER 4	-254,78
10	DIAL 2-V-3	56,12	33	BAG 171-I-5	-305,14

Tabela 3. Estimativas dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC) das 10 combinações híbridas superiores e das 10 inferiores para produção de grãos (g planta⁻¹) em genótipos de pinhão-mansão.

Cruzamentos superiores			Cruzamentos inferiores		
Genitor masculino	Genitor feminino	Produção de grãos	Genitor masculino	Genitor feminino	Produção de grãos
BAG 270-II-2	BAG 147-I-2	310,15	INTER 4	DIAL 6	-109,76
BAG 283-I-1	BAG 167-II-5	221,65	DIAL 5	DIAL 7	-118,82
18 Gen. 811-I-5	DIAL 10	215,09	BAG 144-I-1	BAG 167-I-5	-120,18
BAG 283-I-1	BAG 167-I-5	207,15	DIAL 6	DIAL 6	-123,40
BAG 283-I-1	BAG 283-I-1	178,12	BAG 191-I-5	DIAL 10	-129,36
18 Gen. 811-I-5	BAG 167-I-2	157,11	DIAL 7	DIAL 7	-129,56
BAG 191-I-5	DIAL 3	132,81	18 Gen. 811-I-5	DIAL 7	-140,69
BAG 191-I-5	BAG 167-I-2	122,66	INTER 4	BAG 171-I-5	-145,36
BAG 167-I-5	BAG 263-I-1	117,82	INTER 6	BAG 171-I-5	-146,58
BAG 279-I-4	BAG 156-I-5	110,11	BAG 279-I-4	BAG 167-I-2	-160,44
BAG 240-I-2	BAG 107-I-4	94,17	DIAL 5	DIAL 5	-260,96

As 10 famílias selecionadas apresentam valor genotípico superior à média geral (Tabela 4). A família que apresentou maior valor genotípico (1151,06) foi oriunda do cruzamento entre os genitores BAG 270-II-2 e BAG 147-I-2,

confirmando o bom desempenho observado nas Tabelas 3 e 4 para CGC e CEC, respectivamente. A seleção de famílias com base no valor genotípico possibilita selecionar o maior número de indivíduos promissores para produção de grãos em pinhão-mansão.

Tabela 4. Estimativa dos valores genotípicos do cruzamento (Vgc) e novas médias para o caráter produção de grãos (g planta⁻¹) das 70 famílias de pinhão-mansão.

Cruzamentos superiores				Cruzamentos inferiores			
Macho	Fêmea	Vgc	Nova média	Macho	Fêmea	Vgc	Nova média
BAG 270-II-2	BAG 147-I-2	1151,06	1151,06	DIAL 6	DIAL 7	569,83	815,10
BAG 283-I-1	BAG 167-I-5	1123,26	1137,16	DIAL 5	DIAL 5	560,75	811,00
18 Gen. 811-I-5	DIAL 10	1081,91	1118,75	DIAL 6	DIAL 6	536,23	806,64
18 Gen. 811-I-5	BAG 167-I-2	1074,27	1107,63	INTER 4	DIAL 6	521,69	802,19
BAG 283-I-1	BAG 167-II-5	1027,34	1091,57	INTER 4	DIAL 16	521,40	797,87
BAG 167-I-5	BAG 263-I-1	1025,90	1080,63	DIAL 5	BAG 171-I-5	516,34	793,60
BAG 167-I-5	BAG 167-I-5	1007,45	1070,17	INTER 6	DIAL 16	512,00	789,40
BAG 283-I-1	BAG 283-I-1	999,83	1061,38	DIAL 7	DIAL 7	484,77	784,92
BAG 191-I-5	BAG 167-I-2	996,86	1054,21	INTER 6	BAG 171-I-5	392,29	779,23
BAG 270-II-2	BAG 133-I-1	982,64	1047,05	INTER 4	BAG 171-I-5	341,68	772,98

Conclusões

A variância genética para o caráter produção de grãos em pinhão-mansão foi explicada pelos efeitos genéticos aditivos e pelos efeitos de dominância, com predominância dos efeitos aditivos.

A melhor família para produção de grãos em pinhão-mansão foi oriunda do cruzamento entre os genitores BAG 270-II-2 e BAG 147-I-2.

Os genitores BAG 270-II-2, BAG 167-I-5, BAG 167-I-2, 18 Gen. 811-I-5, DIAL 10, BAG 107-I-4, são os mais promissores para serem usados em programa de seleção visando ao aumento da produção de grãos em pinhão-mansão.

Agradecimento

Os autores agradecem à assistente Laíse Teixeira da Costa pela colaboração para realização deste trabalho.

Apoio financeiro

Embrapa, CNPq e Finep.

Referências

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514 p.

FEY, R.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M.; SCHULZ, D. G.; DRANSKI, J. A. L. Relações interdimensionais e produtividade de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em sistema silvipastoril. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 613-624, 2014.

LAVIOLA, B. G.; SILVA, S. D. A.; JUHÁSZ, A. C. P.; ROCHA, R. B.; OLIVEIRA, R. J. B.; ALBRECHT, J. C.; ALVES, A. A.; ROSADO, T. B. Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-manso em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 5, p. 356-363, 2014.

RESENDE, M. D. V. de. **Selegen-Reml/Blup**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

SHARMA, S.; DHAMIJA, H.; PARASHAR, B. *Jatropha curcas*: a review. **Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science**, Delhi, v. 2, n. 3, p. 107-111, 2012.