

CARACTERIZAÇÃO MORFO-AGRONÔMICA DO BANCO DE GERMOPLASMA DE PINHAO MANSO NA FASE JOVEM

MORPHO-AGRONOMIC CHARACTERIZATION OF THE GERMPLASM BANK OF JATROPHA YOUNG STAGE

Bruno Galvêas LAVIOLA¹; Leonardo Lopes BHERING²; Simone MENDONÇA¹; Tatiana Barbosa ROSADO¹; Julio Cesar ALBRECHT³

1. Embrapa Agroenergia, Parque Estação Biológica, Brasília, DF, Brasil. bruno.laviola@embrapa.br; 2. Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. leonardo.bhering@ufv.br; 3. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brasil. julio@cpac.embrapa.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização morfo-agronômica no banco de germoplasma de pinhão-manso com base na avaliação fenotípica realizada no primeiro ano de implantação. O estudo foi realizado com 175 acessos de pinhão-manso do banco de germoplasma, que estão implantados em delineamento de blocos ao acaso, com duas repetições, sendo cinco plantas por parcela no espaçamento 4 x 2 m. As características estudadas foram produção de grãos, número de ramos secundários, altura, diâmetro de caule, projeção da copa juvenilidade e altura da primeira inflorescência. Com base nos resultados, verifica-se a existência de variabilidade genética no banco de germoplasma para os caracteres avaliados, sendo possível estabelecer um programa de melhoramento genético para a cultura. As variáveis avaliadas influenciaram diferencialmente, de maneira direta ou indireta, na produção de grãos, sendo a juvenilidade a característica que apresentou o maior efeito direto (negativo) na produção de grãos. Há acessos de pinhão-manso com ausência de ésteres de forbol nos grãos que podem ser fonte de variabilidade genética para o desenvolvimento de cultivares comerciais não tóxicas. Os caracteres quantitativos que mais contribuíram para a divergência genética foram juvenilidade e produção de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: *Jatropha curcas* L. Recursos genéticos. Melhoramento genético. Biodiesel.

INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), uma espécie perene, monóica, pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona (*Ricinus* sp.), mandioca (*Manihot* sp.) e seringueira (*Hevea* spp.). Acredita-se que a *Jatropha* seja originária da América Central; porém, vegeta espontaneamente em diversas regiões do Brasil (ROSADO et al., 2010). É um arbusto de crescimento rápido, caducifólio, que pode atingir mais de 5 m de altura. Os frutos são do tipo cápsula ovóide, com 1,5 a 3,0 cm de diâmetro, trilocular, contendo via de regra 3 sementes, sendo uma semente por lóculo. As sementes medem de 1,5 a 2,0 cm de comprimento e de 1 a 1,3 cm de largura, representam entre 53 a 79% do peso do fruto e apresentam teor de óleo variando entre 33 e 38 % (DIAS et al., 2007).

A adoção do pinhão-manso como uma cultura potencial para atender ao programa nacional de produção de biodiesel, deve-se, principalmente, ao potencial de rendimento de óleo, por ser uma espécie não alimentar e devido ao seu manejo ser compatível com o perfil da agricultura familiar. A oleaginosa vem sendo implantada em diversas regiões do Brasil, porém os genótipos usados nos

plantios são geneticamente desconhecidos, não existindo ainda cultivares melhoradas, sobre os quais se tenha informações e garantias do potencial de produção nas diversas regiões produtoras (DURÃES et al., 2009).

Nos programas de melhoramento de plantas, informações sobre a diversidade genética dentro de uma espécie é essencial para o uso racional dos recursos genéticos (LOARCE et al., 1996). Nesse aspecto, a definição de critérios para seleção de materiais é especialmente importante para o cultivo de pinhão-manso, pois subsidia a caracterização dos ideótipos mais adequados para o plantio e progresso genético com a prática de seleção (SPINELLI et al., 2010).

Os estudos sobre a variação genética nas coleções de germoplasma podem ser realizados a partir de caracteres morfológicos de natureza qualitativa ou quantitativa (MOREIRA et al., 1994). No estudo podem ser utilizados vários métodos, cuja escolha baseia-se na precisão desejada pelo pesquisador, na facilidade da análise e na forma como os dados foram obtidos (CRUZ, 2005; CARVALHO et al., 2003). Além disso, estudos de relação de caracteres, como a análise de trilha, auxiliam no conhecimento da magnitude e direção

da influência direta e indireta de fatores na determinação de caracteres complexos (CRUZ et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização do banco de germoplasma de pinhão-manso através de descritores morfo-agronômicos quantitativos e qualitativos visando à incorporação de genótipos promissores no programa de melhoramento da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O banco de germoplasma foi constituído a partir de coletas de sementes de plantas isoladas de *Jatropha curcas* L. entre os meses de dezembro de 2007 e maio de 2008 em diferentes locais, coleções e plantios do Brasil. Os locais de coleta dos acessos foram fotografados, geo-referenciados e descritos, assim como o aspecto da planta, e anotados em uma 'ficha de coleta' para constituírem os dados de passaporte. Ao fim do período de coleta foram reunidas 195 procedências de pinhão-manso, sendo que 175 procedências foram utilizadas neste trabalho, por apresentarem informação de mais de uma repetição. Em uma segunda fase, visando ampliar a base genética no banco de germoplasma, serão realizadas prospecções em países onde está o provável centro de origem e/ou de diversidade da espécie. A coleção de germoplasma está implantada em área experimental localizada em Planaltina, DF, por intermédio de uma parceria entre Embrapa Agroenergia e Embrapa Cerrados.

As sementes das procedências de pinhão-manso foram germinadas diretamente em tubetes de 280 cm³ preenchidos com substrato comercial acrescido de superfosfato simples na dose de 5 kg/m³, em viveiro descoberto. Decorridos 60 dias após a semeadura, na segunda quinzena de novembro/2008, o banco de germoplasma foi implantado em delineamento em blocos ao acaso, com duas repetições e 5 plantas por parcela no espaçamento 4 x 2 m.

A caracterização fenotípica do banco de germoplasma está sendo realizada com descritores morfoagronômicos agrupados em componentes de produção, características agrônômicas e descritores de interesse específico avaliados aos 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48 e 60 meses após o plantio (MAP). Os componentes de produção representam variáveis primárias que interferem diretamente no produto econômico (grãos ou óleo) da planta de pinhão-manso. Nas características agrônômicas estão as medidas secundárias da planta que interferem direta e indiretamente nos componentes de produção e auxiliam na distinguibilidade entre acessos. Os

descritores de interesse específico são características da planta que valorizam o produto comercial ou seus resíduos e co-produtos. Avaliou-se as seguintes características: produção de grãos (gramas/planta); números de ramos secundários por planta (NRS), sendo contado o número de ramificações existentes na base do caule; altura de plantas (Altura, m), medida pela altura compreendida entre o solo e o ramo mais alto; diâmetro da base do caule (DC, mm); projeção da copa no sentido da linha de plantio (PC_{linha}, m); projeção da copa no sentido da entrelinha de plantio (PC_{entre}, m); juvenilidade, sendo avaliado o número de dias decorridos entre o plantio ao aparecimento da primeira inflorescência e a altura da primeira inflorescência, obtida pela altura compreendida entre o solo e a primeira inflorescência.

Alguns dos acessos foram selecionados para quantificação dos ésteres de forbol nos grãos, ou seja, componentes tóxicos, através da metodologia de Makkar et al. (1997) com modificações no procedimento de extração. As sementes moídas foram colocadas em equipamento de extração acelerada por solvente ASE 350 (Dionex, EUA) utilizando como solvente tetrahidrofurano, e posteriormente, evaporado sob fluxo de nitrogênio. O resíduo oleoso foi transferido para tubo de ensaio de 10 mL e extraído quatro vezes com metanol (1 x 2 mL + 3 x 1 mL) e transferido para balão volumétrico de 5 mL, completado volume. A solução de trabalho foi filtrada para vial (VertiPure PTFE Syringe, 13 mm, 0.2 µm) e injetada (100 µL) no Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (CLAE) Varian, utilizando Coluna C18 250 x 4,6 mm (5 µm) Vertisep UPS, temperatura ambiente (em torno de 25 °C), detecção ultravioleta (DAD) na faixa de 200 a 340 nm. Para construção da curva padrão foi utilizado padrão 12-miristato 13-acetado de forbol (Sigma, Cod.8139).

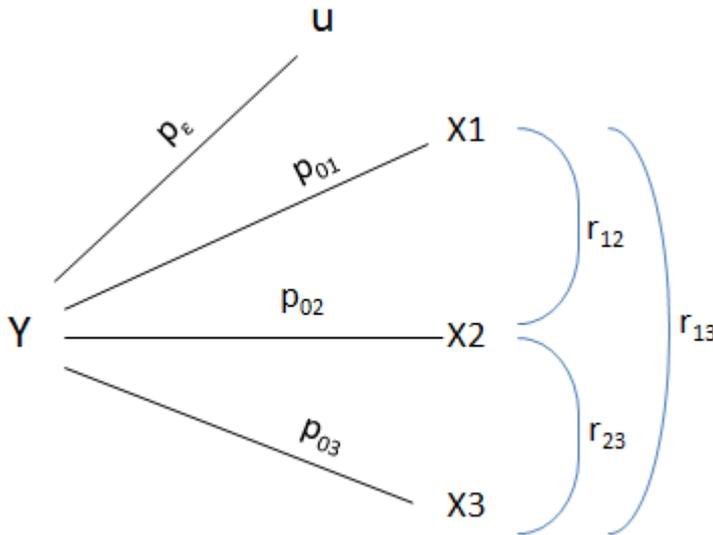
Além da caracterização fenotípica através de descritores quantitativos, os acessos estão sendo avaliados através de observações em campo para características qualitativas, como formato de folhas e frutos e tamanho do pedúnculo da inflorescência.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e os parâmetros genéticos estimados. Foram calculadas as estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis agrônômicas na produção de grãos (análise de trilha) e as contribuições de cada variável para a divergência genética com base no método proposto por Singh (1981). Todas as análises foram efetuadas com o auxílio do programa GENES (CRUZ et al., 2006).

Considerando três variáveis explicativas hipotéticas (x1, x2 e x3), uma residual (u) e a

variável independente Y, pode-se de representar a análise de trilha pelo diagrama causal abaixo, de

forma a ficar mais fácil a interpretação.



O modelo adotado para obter os estimadores dos coeficientes de trilha por meio de mínimos quadrados é: $y = p_{01}x_1 + p_{02}x_2 + p_{03}x_3 + p_{\epsilon}u$, que representa os efeitos diretos de cada variável explicativa na variável dependente Y. Porém, pode-se desmembrar este modelo de forma a levar em consideração também os efeitos indiretos das variáveis, desta forma têm-se:

$$V(y) = p_{01}^2 + p_{02}^2 + p_{03}^2 + 2p_{01}p_{02}r_{12} + 2p_{01}p_{03}r_{13} + 2p_{02}p_{03}r_{23}$$

A partir desta expressão têm-se os seguintes estimadores:

p_{01}^2 : Efeito direto da variável x_1 sobre Y

$p_{02}r_{12}$: Efeito indireto de x_1 via x_2 sobre Y

$p_{03}r_{13}$: Efeito indireto de x_1 via x_3 sobre Y

O efeito total de x_1 sobre Y é dado por: $r_{01} =$

$$p_{01}^2 + p_{02}r_{12} + p_{03}r_{13}$$

p_{02}^2 : Efeito direto da variável x_2 sobre Y

$p_{01}r_{12}$: Efeito indireto de x_2 via x_1 sobre Y

$p_{03}r_{23}$: Efeito indireto de x_2 via x_3 sobre Y

O efeito total de x_2 sobre Y é dado por: $r_{02} =$

$$p_{02}^2 + p_{01}r_{12} + p_{03}r_{23}$$

p_{03}^2 : Efeito direto da variável x_3 sobre Y

$p_{01}r_{13}$: Efeito indireto de x_3 via x_1 sobre Y

$p_{02}r_{23}$: Efeito indireto de x_3 via x_2 sobre Y

O efeito total de x_3 sobre Y é dado por: $r_{03} =$

$$p_{03}^2 + p_{01}r_{13} + p_{02}r_{23}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados fazem parte do cronograma de caracterização do banco de germoplasma referente à avaliação do primeiro ano de caracterização (novembro/2008 a julho/2009). Na análise de variância foi constatada diferença significativa a 5% de probabilidade entre os acessos para todas as variáveis avaliadas (Tabela 1). Embora tenha sido observada diferença estatística entre os acessos para produção de grãos no primeiro ano de avaliação, os dados não permitem conclusões visando à seleção precoce de genótipos promissores, já que o coeficiente de variação foi de 72,3 %. No primeiro ano a planta está na fase de formação de suas estruturas vegetativas e, devido a isso, muitos fatores fisiológicos e ambientais podem influenciar na expressão do caráter produção de grãos (LAVIOLA et al., 2010).

A característica número de ramos secundários (NRS) é um dos componentes de produção mais interessantes para o programa de melhoramento genético. O pinhão-manso produz inflorescências em gemas terminais de ramos crescidos no ano corrente, sendo a produção de frutos dependente de maior número de ramos (SATURNINO et al., 2005). A modulação ambiental sofrida pela característica NRS foi responsável pelo alto coeficiente de variação do experimento (CV) e também pela baixa

herdabilidade encontrada para a característica (27,16 %).

Tabela 1. Análise de variância da produção de grãos (gramas/planta), números de ramos secundários por planta (NRS), altura de plantas (Altura, m), diâmetro de caule (DC, mm), projeção da copa na linha (PC_{linha}, m), projeção da copa na entrelinha (PC_{entre}, m), juvenilidade (dias), API (altura da 1 inflorescência, m) avaliadas no primeiro ano de cultivo com 8 meses após o plantio.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Produção de grãos	NRS	Altura	DC	PC _{linha}	PC _{entre}	Juvenil	API
Blocos	1	20382**	586,4*	0,081**	4015,13**	11,06*	7,46 ^{ns}	3736**	0,02**
Genótipos	174	1205,3	4,87	0,062	88,01	0,097	0,099	907,5	0,049
Entre parcelas	174	343,7	3,55	0,027	58,35	0,076	0,079	404,8	0,024
Dentro de parcelas	1328	144,7	1,44	0,011	23,73	0,029	0,030	185,7	0,013
Média		11,98	2,68	1,35	65,60	0,88	0,88	141	1,15
Máximo		180	13	1,87	89,49	1,98	1,97	206	1,58
Mínimo		0	0	0,45	22,01	0,37	0,41	105	0,62
CV (%)		72,3	32,78	5,77	14,68	14,68	14,89	6,64	6,31
h ² (%)		71,48	27,16	55,57	33,70	21,85	19,92	55,38	51,19

*, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente. ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade

Sendo o pinhão-mansão um arbusto que pode atingir mais de 6 metros de altura (DIAS et al., 2007), torna-se interessante a seleção de genótipos com menor porte para facilitar as operações de colheita. No primeiro ano de avaliação do banco de germoplasma verificou-se variabilidade genética significativa para o caráter altura de plantas, com herdabilidade no sentido amplo de média magnitude (55,57). Para o caráter altura da primeira inflorescência (API), assim como ocorreu para altura de plantas, verificou-se herdabilidade de média magnitude (51,19), sendo possível de ser explodida por métodos de melhoramento apropriados para caracteres quantitativos. Laviola et al. (2010), estudando correlações genéticas entre caracteres de pinhão-mansão na fase jovem, verificaram correlação significativa de 0,75 entre API e altura de plantas, sendo este um caráter potencial para seleção precoce para porte em pinhão-mansão. É provável que genótipos com menor comprimento de internódio (característica de difícil medição), também apresentem menor altura da primeira inflorescência e, devido a isso, tendem a apresentar menor porte.

A ocorrência de variabilidade genética significativa entre as plantas avaliadas é fundamental para o progresso genético com a prática da seleção e depende da contribuição significativa no efeito de planta para a expressão da característica. Em experimentos conduzidos na Índia, Ginwal et al. (2004) relataram a ocorrência de diferença genética entre dez acessos de pinhão-mansão em relação ao crescimento e teor de óleo e Ginwal et al. (2005) verificaram considerável

variabilidade genética em relação à morfologia da semente, germinação e características de crescimento das mudas. Também Abreu et al. (2009) encontraram variabilidade genética significativa entre 10 acessos avaliados no Mato Grosso do Sul para quatro características morfológicas das plantas.

Dentre as características morfo-agronômicas avaliadas no primeiro ano de avaliação (8 meses após o plantio) a juvenilidade foi a que mais contribuiu para a diversidade entre os acessos, seguido da produção de grãos, diâmetro de caule, altura, número de ramos secundários, projeção da copa na linha junto com a altura e altura da primeira inflorescência e projeção de copa na entre linha (Figura 1). Estudos de contribuição dos caracteres para a diversidade são importantes para selecionar caracteres que mais bem discriminam os acessos e descartar outros que contribuem pouco na discriminação de genótipos de uma determinada espécie (CRUZ et al., 2004). Com base nos resultados, sugere-se o descarte das variáveis PC (linha) e PC (entre) no primeiro ano de avaliação do pinhão-mansão, pois contribuíram com apenas 7 e 5 %, respectivamente, na distinção quantitativa dos acessos. Porém, as avaliações apresentadas fazem parte da caracterização inicial do banco de germoplasma e, sendo o pinhão-mansão uma espécie perene, serão necessárias mais avaliações destes e de outros caracteres para que se possa melhor concluir sobre o descarte de variáveis, ou incluir outras que melhor distinguem os acessos.

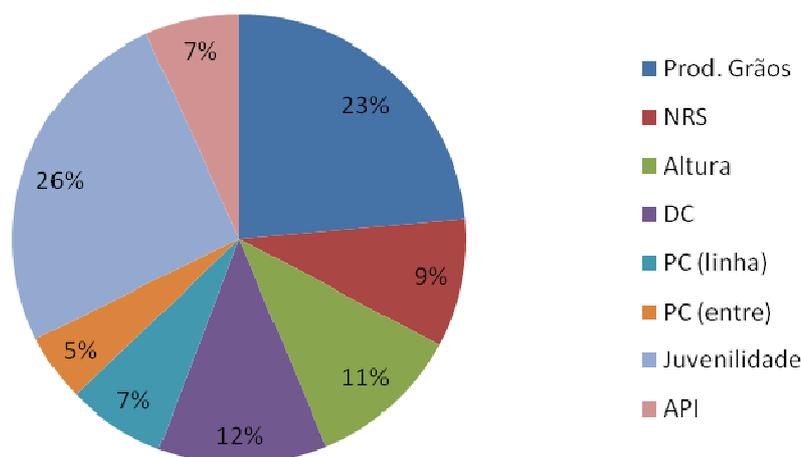


Figura 1. Contribuição relativa de caracteres (%) para diversidade genética obtida pelo método de Singh (1981). Produção de grãos (Prod. Grãos), números de ramos secundários por planta (NRS), altura de plantas (Altura, m), diâmetro de caule (DC, mm), PC (linha) (projeção da copa na linha em m), projeção da copa na entrelinha (PCentre, m), juvenilidade (Juv, dias), API (altura da primeira inflorescência).

Na Tabela 2 podem ser verificadas as estimativas dos efeitos diretos e indiretos de variáveis agrônômicas no rendimento de grãos obtidas pela análise de trilha. Apesar de envolver princípios de regressão, a análise de trilha é um estudo da decomposição do coeficiente de correlação, permitindo avaliar se a relação entre duas variáveis é de causa e efeito ou se é determinada pela influência de outra ou outras variáveis (CRUZ, 2006). Observou-se que as variáveis avaliadas influenciaram diferencialmente,

de maneira direta ou indireta, na produção de grãos. A juvenilidade foi a variável que apresentou o maior efeito direto na produção de grãos, porém o coeficiente de correlação foi negativo. Os acessos que apresentaram maior período juvenil apresentaram tendência de produzirem menor quantidade de grãos. Laviola et al. (2010) também verificaram correlação genética negativa da juvenilidade com a produção de grãos em pinhão-manso no primeiro ano de cultivo.

Tabela 2. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos de variáveis agrônômicas no rendimento de grãos (g/planta) obtido por análise de trilha.

	Efeito direto	Efeitos indiretos							Efeito total
		NRS	Altura	DC)	PC (linha)	PC (entre)	Juv.	API	
NRS	-0,115		0,005	-0,101	0,148	0,126	0,065	-0,020	0,109
Altura	-0,032	0,018		-0,054	0,041	0,041	0,064	0,101	0,180
DC	-0,197	-0,058	-0,008		0,170	0,139	0,080	0,034	0,158
PC (linha)	0,256	-0,066	-0,005	-0,130		0,175	0,078	0,014	0,322
PC (entre)	0,213	-0,068	-0,006	-0,129	0,211		0,063	0,018	0,303
Juvenilid.	-0,467	0,016	0,004	0,033	-0,043	-0,029		0,054	-0,431
API	0,137	0,016	-0,023	-0,048	0,026	0,028	-0,183		-0,047

Ao contrário do que se esperava, o número de ramificações secundárias apresentou efeito direto negativo na produção de grãos (Tabela 2). Spinelli et al. (2010), estudando a influencia de componentes primários e secundários no rendimento de pinhão-manso por meio de análise de trilha, verificaram

efeito direto e positivo do número de ramos de 0,211 na produtividade de grãos. É provável que no primeiro ano ocorra competição por fotoassimilados e nutrientes entre a produção de grãos e a formação de ramificações secundárias, que resultaria em decréscimo na produção de grãos.

Nas análises de toxidez, dos 10 acessos avaliados, três materiais genéticos não apresentaram ésteres de forbol detectáveis nos grão e podem ser

classificados como não tóxicos (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3. Concentração de ésteres do forbol em grãos de 10 acessos de pinhão-mansó pertencentes ao banco de germoplasma

Nº do Acesso	Ésteres de Forbol (mg/g)
CNPAE-1001	3,09
CNPAE-1002	ND*
CNPAE-1003	4,01
CNPAE-1004	3,69
CNPAE-1005	3,53
CNPAE-1006	ND*
CNPAE-1007	5,41
CNPAE-1008	ND*
CNPAE-1009	3,18
CNPAE-1010	4,21

* Não detectado.

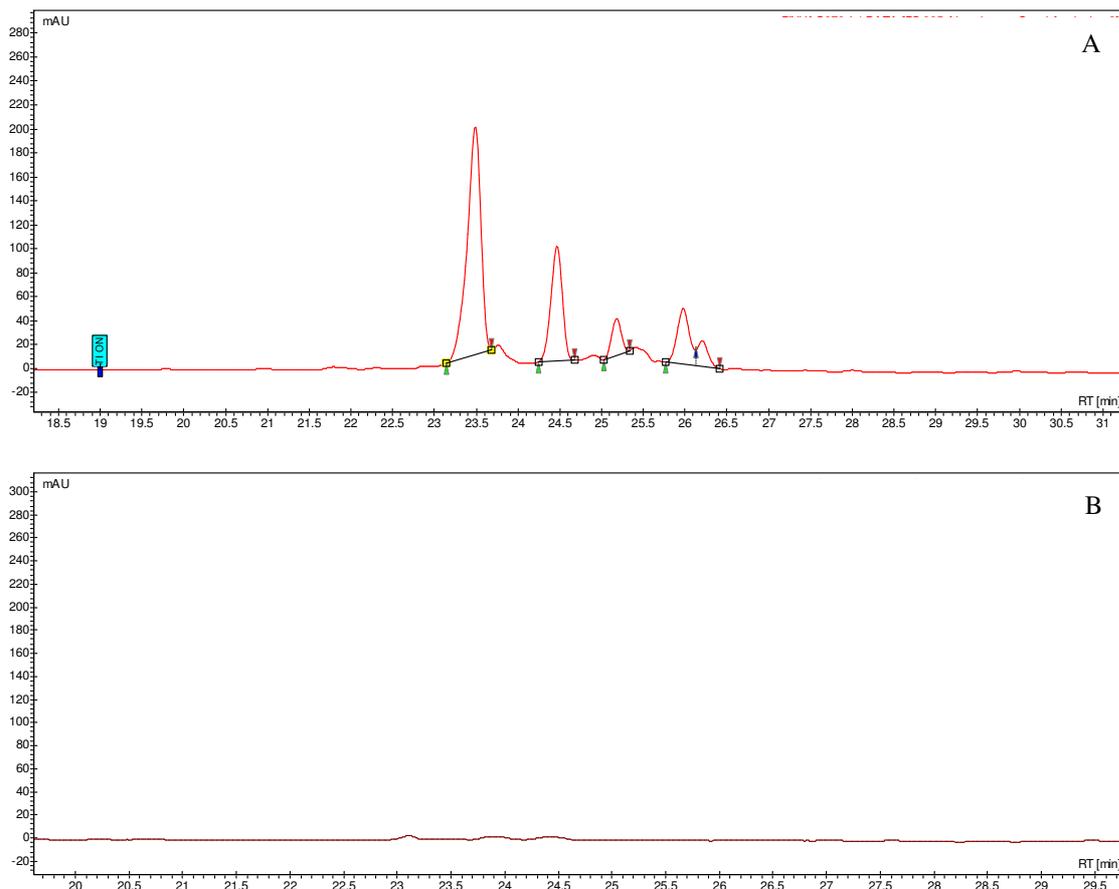


Figura 2. Cromatogramas de amostras com (A) e sem (B) ésteres de forbol.

Com a identificação de materiais não tóxicos, os próximos passos serão estudar a herança

do caráter, incorporar os materiais no programa de melhoramento, identificar marcadores específicos

para a característica e, por fim, desenvolver no menor tempo possível cultivares não tóxicas com alta produtividade grãos/óleo. O desenvolvimento de cultivares comerciais não tóxicas poderá contribuir para viabilizar o uso da torta resultante da extração do óleo para fins mais valorizados, como exemplo, para a nutrição de animais ruminantes e monogástricos.

Foram observadas no banco de germoplasma três classes de formato de limbo foliar e de frutos e duas classes de comprimento do pedúnculo da inflorescência, conforme pode ser verificado nas Figuras 3 e 4. Dos 195 acessos implantados, 190 apresentam formato de folhas do tipo A, quatro acessos com formato de tipo B e um acesso com o tipo de folha C (Figura 3). Para comprimento do pedúnculo da inflorescência, apenas um acesso no banco de germoplasma apresenta o pedúnculo logo (Figura 4.B). Com

relação ao formato de frutos, 190 acessos apresentam frutos no formato elipsóide esférico, quatro com formato elipsóide lanceolado e um acesso com o formato de fruto elipsóide ovóide. A listagem de descritores que sofrem pouco efeito ambiental e com alta herdabilidade serão essenciais na distinguibilidade e proteção das futuras cultivares de pinhão-manso, já que os descritores quantitativos (regulados por muitos genes) podem sofrer grande variação devido às interações genótipos x ambientes (BORÉM; VIEIRA, 2009).

Por fim, os acessos caracterizados serão fonte de variabilidade genética para o programa de melhoramento genético visando à obtenção e seleção de cultivares com alta produtividade de grãos e óleo, com ausência ou baixa toxidez nas sementes, tolerantes à diferentes tipos de estresses bióticos e abióticos e adaptadas às diferentes regiões produtoras.

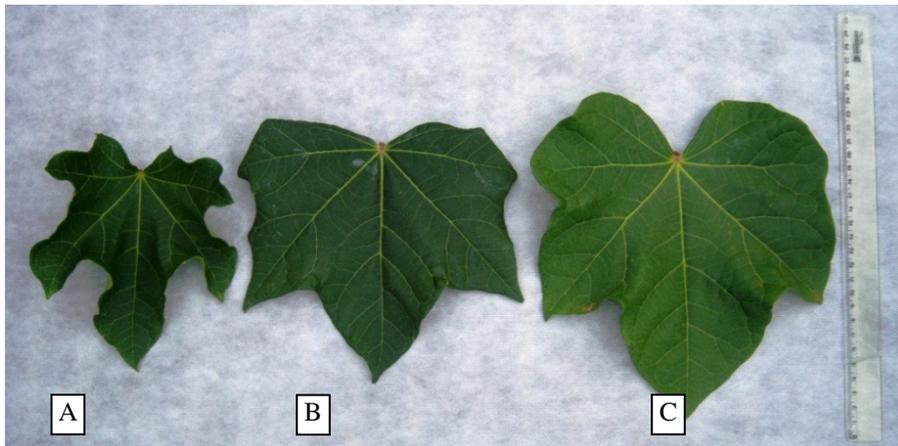


Figura 3. Formato de limbo foliar de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). (A), limbo pequeno, base em “V” fechado, limbo ondulado, cor verde; (B), limbo médio, base em “V” aberto, limbo plano, cor verde escuro; (C), limbo grande, base em “V” fechado, limbo semi-ondulado, cor verde clara.



Figura 4. Comprimento do pedúnculo da inflorescência(A), curto, (B), longo; Forma de frutos: (C), fruto elipsóide esférico, (D), fruto elipsóide lanceolado, (E), fruto elipsóide ovóide.

CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética no banco de germoplasma para os caracteres avaliados possível de ser explorada em um programa de melhoramento genético para a cultura;

Existem acessos de pinhão-manso com ausência de ésteres de forbol nos grãos que podem ser fonte de variabilidade genética para o desenvolvimento de cultivares comerciais não-tóxicas;

As variáveis avaliadas influenciaram diferencialmente, de maneira direta ou indireta, na

produção de grãos, sendo a juvenilidade a característica que apresentou o maior efeito direto (negativo) na produção de grãos no primeiro ano de avaliação.

AGRADECIMENTOS

Aos produtores, empresas e pesquisadores pela fundamental contribuição nas atividades de prospecção e coleta das procedências de pinhão-manso.

ABSTRACT: The objective of this work was to make the morpho-agronomic characterization of genetic diversity in the germplasm bank of jatropha based phenotypic analysis performed on the first year of deployment. The study was conducted with 175 accessions of jatropha from the germplasm bank, which are implanted in a randomized block design with two replications, five plants per plot, spaced 4 x 2 m. Based on the results, it appears that there is genetic variability in germplasm bank for all the traits can be exploited in a breeding program for the crop. The variables differentially influenced, directly or indirectly, in grain production, with the juvenility trait with the highest direct effect (negative) in grain production. There are accessions of jatropha in the absence of phorbol esters in the grains that can be a source of genetic variability for the development of commercial cultivars non-toxic. The quantitative traits that contributed most to genetic diversity were juvenile and grain production.

KEYWORDS: *Jatropha curcas* L.; Genetic resources. Plant breeding. Biofuel.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B.; RESENDE, M. D. V.; ANSELMO, J. L.; SATURNINO, H. M.; BRENHA, J. A. M.; FREITAS, F. B. Variabilidade genética entre acessos de pinhão-manso na fase juvenil. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 21, p. 36-40, 2009.
- BOREM, A.; VIEIRA, G. **Melhoramento de Plantas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 529 p.
- CARVALHO, L. P.; LANZA, M. A.; FALLIRJ, J.; SANTOS, J. W. Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1149-1155, 2003.
- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes - Estatística Experimental e Matrizes**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1. 285 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. v. 2. 480 p.
- DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L) para produção de óleo combustível**. Viçosa, MG: L. A. S. Dias, 2007. 40 p.
- DURAES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S.; BHERING, L. L. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação: focando pinhão-manso para como matéria prima para produção de biodiesel**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. (Série Documentos, 01).

GINWAL, H. S.; PHARTYAL, S. S.; RAWAT, P. S.; SRIVASTAVA, R. L. Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. In Central India. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 53, n. 2, p. 76-80, 2005.

GINWAL, H. S.; RAWAT, P. S.; SRIVASTAVA, R. L. Seed source variation in growth performance and oil yield of *Jatropha curcas* Linn. In Central India. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 53, n. 4, p. 186-192, 2004.

LAVIOLA, B. G.; ROSADO, T. B.; BHERING, L. L.; KOBAYASHI, A. K. ; RESENDE, M. D. V. Genetic parameters and variability in physic nut accessions during early developmental stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, 2010.

LOARCE, Y.; GALLEGO, R.; FERRER, E. A comparative analysis of the genetic relationship between rye cultivars using RFLP and RAPD markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 88, p. 107-115, 1996.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on Nutritive Potential and Toxic Constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 45, p. 3152-3157, 1997.

MOREIRA, J. A. N.; SANTOS, J. W. dos; OLIVEIRA, S. R. M. **Abordagens e metodologias para avaliação de germoplasma**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 115 p.

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIA, D. A.; PAPPAS, M. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B.; GRATTAPAGLIA, D. Molecular markers reveal limited genetic diversity in a large germplasm collection of the biofuel crop L. in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. 2372-2382, 2010.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. Cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal Genetics & Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, p. 237-45, 1981.

SPINELLI, V. M.; ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; VIEIRA, J. R.; FERNANDES, C. F.; MILITAO, J. S. L. T.; DIAS, L. A. S. Componentes primários e secundários do rendimento de óleo de pinhão-mansão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1752-1758, 2010.