

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS E
IDENTIFICAÇÃO DE CLONES PROMISSORES DE PINHÃO-
MANSO POR MEIO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E
MOLECULARES**

DYANE COELHO QUEIROZ

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JANEIRO - 2015**

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS E IDENTIFICAÇÃO DE CLONES PROMISSORES DE PINHÃO-MANSO POR MEIO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E MOLECULARES

DYANE COELHO QUEIROZ

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008

Tese submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Simone Alves Silva
Co-orientador: Prof^o. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CURSO DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

Q3i Queiroz, Dyane Coelho.

Avaliação de progênies de meio-irmãos e identificação de clones promissores de pinhão-manso por meio de caracteres morfoagronômicos e moleculares / Dyane Coelho Queiroz. _ Cruz das Almas, BA, 2015.

114f.; il.

Orientadora: Simone Alves Silva.

Coorientador: Deoclides Ricardo de Souza.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

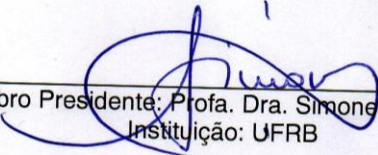
1.Pinhão-manso – Variabilidade genética. 2.Pinhão-manso – Melhoramento genético. 3.Seleção de plantas – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

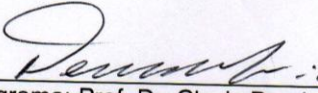
CDD: 633.85

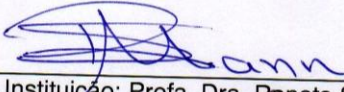


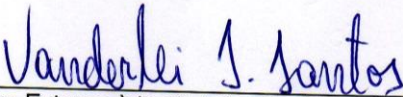
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

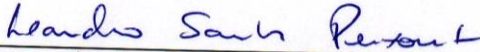
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE
DYANE COELHO QUEIROZ


Membro Presidente: Profa. Dra. Simone Alves Silva
Instituição: UFRB


Membro Interno do Programa: Prof. Dr. Clovis Pereira Peixoto
Instituição: UFRB


Membro Externo à Instituição: Profa. Dra. Renata Silva-Mann
Instituição: UFS


Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Vanderlei da Silva Santos
Instituição: Embrapa Mandioca e Fruticultura


Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Leandro Santos Peixoto
Instituição: IFBAIANO

Homologada em / / .

Ao meu Bondoso Deus, por me permitir existir, persistir, superar, sonhar e concluir.

Ofereço

Aos meus amados pais, **Rosalvo** e **Ivonete** que com muito amor e carinho sempre incentivaram e acreditaram nos meus esforços.

Aos meus irmãos Dayane e Rodney assim como as minhas sobrinhas Lianne e Maria Eduarda por fazerem os meus dias mais felizes, participando comigo desta e de muitas caminhadas.

Ao meu noivo Silvo por estar sempre ao meu lado, pelo apoio, pelo amor e pela enorme paciência.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

A Ti Senhor, pela vida, saúde e disposição para concretizar mais uma etapa na minha existência.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de um crescimento intelectual e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias;

Ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) pelo apoio durante o desenvolvimento da pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa;

Á Prof^a. Dra. Simone Alves Silva pela valiosa orientação, oportunidade, confiança e contribuição para meu desenvolvimento profissional e ao meu coorientador Prof^o. Dr. Deoclides Ricardo de Souza, por toda contribuição e assistência nos trabalhos de campo;

Aos professores do curso de Doutorado que contribuíram para o meu conhecimento;

Um agradecimento especial aos meus pais Rosalvo e Ivonete pelo amor e dedicação incondicionais. E por sempre apoiarem minha trajetória acadêmica. Muitíssimo obrigada!

Ao meu noivo Silvo, pelo estímulo, apoio, amizade, amor e paciência sempre demonstrados;

Aos inesquecíveis amigos, dentre alunos e funcionários, em especial Vanessa pelo auxílio, apoio e dedicação para concretização deste trabalho, Laurenice, Daniel, Mauricio, Crislane, Helison, Edilene, Taty e Maiany, pela ajuda indispensável. Sem vocês o desenvolvimento deste trabalho não teria acontecido. A todos que diretamente ou indiretamente permitiram a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO..... 9

Capítulo 1

DIVERGÊNCIA MORFOAGRÔNOMICA E MOLECULAR DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)..... 34

Capítulo 2

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS COMO FERRAMENTA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CLONES PROMISSORES DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.) 64

Capítulo 3

DESEMPENHO E REPETIBILIDADE DE COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA PLANTA EM PROGÊNIES DE PINHÃO-MANSO NO RECÔNCAVO BAIANO 84

CONSIDERAÇÕES FINAIS 115

AVALIAÇÃO DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS E IDENTIFICAÇÃO DE CLONES PROMISSORES DE PINHÃO-MANSO POR MEIO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E MOLECULARES

Autora: Dyane Coelho Queiroz

Orientadora: Prof^ª. Dra. Simone Alves Silva

Coorientador: Prof^º. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO: O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa que representa alternativa de matéria prima viável para a produção de biodiesel, por ser uma espécie não alimentícia, de boa qualidade do óleo. Apesar das vantagens desta espécie, as informações técnicas e científicas são ainda incipientes. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar progênies de meio-irmãos e identificar clones promissores de pinhão-manso por meio de caracteres morfoagronômicos e moleculares. O trabalho foi realizado com 20 progênies, as quais foram instaladas em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas - BA. Foram realizadas as caracterizações morfoagronômicas e moleculares por meio de nove caracteres morfoagronômicos e 13 *primers* RAPD. A análise da divergência possibilitou a formação de quatro grupos distintos entre as progênies, indicando a existência de variabilidade genética entre as mesmas. A classificação dos genótipos para os caracteres de crescimento, por meio dos modelos mistos, indicam os indivíduos das famílias UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 9 como os melhores classificados. Resultados obtidos a partir do estudo de desempenho e repetibilidade dos componentes de produção da planta revelam baixo potencial produtivo para viabilizar a produção desta espécie na região do recôncavo Baiano. Altos valores de coeficiente de repetibilidade obtidos indicam a possibilidade de predizer o valor genético real dos indivíduos com até três avaliações, considerando o R^2 de 90% no método CPCOR, para a seleção e ganhos genéticos.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, Gower, repetibilidade

HALF-SIBS PROGENIES ASSESSMENT AND IDENTIFICATION OF CLONES OF PROMISING JATROPHA IN CHARACTER THROUGH morphological AND MOLECULAR

Author: Dyane Coelho Queiroz

Adviser: Simone Alves Silva

Co-adviser: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT: The physic nut (*Jatropha curcas* L.) is an oilseed crop that is alternative raw material viable for biodiesel production, for being a species of low cost of cultivation, non-food, with good quality of the oil by the high fluidity and easy extraction, and present perspective of adaptation to different environments in Brazil. Despite the advantages of this kind, the technical and scientific information is still considered to be incipient. So, the objective was identifying promising clones in progeny half-sibs of physic nut through morphological and molecular characters. The work was carried out with 20 progenies of half-sibs of physic nut which were installed in the experimental field of University Federal of Recôncavo Bahia - UFRB in Cruz das Almas, Bahia, which were carried out agronomic and molecular characterizations through 9 characters phenotypic and 13 RAPD primers. The divergence analysis allowed the formation of four distinct groups among the progenies of physic nut, indicating the existence of genetic variability among them. The classification and ordering of genotypes for the characters of growth through mixed models, indicates individuals from families UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 and UFRB-PM 9 as the best ranked. Results obtained from the performance study and repeatability of the plant's production of components, show lower yield potential to enable the production of this species in the Bahian Recôncavo region. High repeatability coefficient values obtained indicate the possibility of predicting the real genetic value of individuals with up to three evaluations, considering the R² of 90% in PCCOR method for the selection and genetic gains.

Key-words: *Jatropha curcas*, Gower, repeatability.

INTRODUÇÃO

Aspectos gerais e descrição botânica do pinhão-manso

A família Euphorbiaceae é composta por aproximadamente 6000 espécies e 300 gêneros, incluindo o gênero *Jatropha* (SOUZA e LORENZI, 2012). Este gênero é formado por plantas herbáceas ou arbustivas com valor ornamental ou medicinal, assim como para fins de produção de óleo vegetal, a exemplo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) (NUNES, 2007).

Algumas divergências nomenclaturais são apontadas na literatura para a classificação taxonômica desta oleaginosa, sendo a mesma reconhecida também como *Curcas purgans* Medik, *C. indica* A. Rich, *C. curcas* (L.) Britton e Mill sp., *Jatropha edulis* Cerv. Gaz. Lit. Mex., *J. acerifolia* Salisb., *Ricinus americanus* Miller e *R. jarak* Thumb. (DEHGAN e WEBSTER, 1979; SCHULTZE-MOTEL, 1986).

Em geral, o pinhão-manso é uma planta arbustiva, de crescimento rápido, com 2 a 3 m de altura, podendo alcançar até 5 m sob condições especiais (DIAS et al., 2007). Seu sistema radicular é formado por uma raiz principal do tipo pivotante e por raízes secundárias pouco ramificadas de tamanhos variados (GUSMÃO, 2010).

O caule dessa oleaginosa apresenta-se liso, com coloração esverdeada e coloração variando de cinzento-castanho a amarelado. O tecido lenhoso que o compõe é de consistência mole, apresentando medula com função de sustentação e acúmulo de reservas. Os ramos são predominantemente espalhados e longos, cobertos por uma camada cerosa semitransparente que se desprende na estação seca (DIAS et al., 2007).

As folhas são decíduas, alternas e subopostas, fitotaxia em espiral que, quando jovens, possuem a coloração vermelho-vinho graças à presença de antocianinas. Quando maduras, suas folhas são verdes, esparsas, brilhantes, largas (6 a 15 cm) e alternas, composta por três a cinco lóbulos e pecioladas, com

nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Os ramos contêm látex esbranquiçado muito difícil de remover (SATURNINO et al., 2005).

No pinhão-manso, a primeira inflorescência é cimeira, posicionada na extremidade dos ramos, composta por 10 a 20 flores femininas e mais de 50 masculinas de coloração amarelo-esverdeada (NUNES, 2007). As flores femininas são isoladas e apresentam pedúnculo longo e articulado, enquanto as masculinas não possuem pedúnculo, com 10 estames (cinco unidos na base e os demais unidos na coluna (SATURNINO et al., 2005).

Essa Euphorbiaceae é monoica e suas flores são unissexuais. As flores masculinas são mais numerosas e encontram-se distribuídas nas extremidades das ramificações, enquanto que as femininas localizam-se na base das ramificações (GUSMÃO, 2010).

Apesar da fenologia desta espécie ser muito pouco conhecida (FERNANDES et al., 2013). Registros sobre a floração foram realizados em regiões de Caatinga, na referida região, a floração acontece após o início das chuvas antecedidas por um longo período de seca. A antese normalmente acontece em dias distintos, por um período aproximado de 11 dias consecutivos (DIAS et al., 2007). A polinização ocorre preferencialmente por vias entomófilas, sendo geralmente realizada por abelhas, formigas, trips e moscas. Contudo, existe registro na literatura da realização de polinização artificial (JUHÁSZ et al., 2010).

O pinhão-manso possui um fruto do tipo cápsula, de cor verde, oblongo (com diâmetro variando de 1,5 a 3,0 cm), trilobular e apresentando uma a quatro sementes em seu interior, revestido por uma casca dura e lenhosa. Destaca-se ainda por ser um fruto indeiscente que assume uma coloração preta quando atinge sua maturação fisiológica final (DIAS et al., 2007).

Após a polinização, um fruto elipsoide trilobular é formado. As sementes geralmente são pretas e possuem um comprimento médio de 18 mm de comprimento e 10 mm de largura. O peso médio de 1000 sementes é de aproximadamente 727 g. Estas sementes contêm um endosperma branco e oleaginoso (25 a 40% de óleo inodoro extraído facilmente por pressão)

juntamente a um embrião, constituído do eixo embrionário, e por dois cotilédones achatados e foliáceos (NUNES et al., 2007).

Esta cultura foi introduzida com pouco conhecimento técnico, sobretudo no território brasileiro, onde, a *J. curcas* é popularmente conhecida como pinhão-manso, pinhão paraguaio, pinhão-de-purga, pinhão-de-cerca, purgante-de-cavalo, mandiguaçu e fogo do inferno (GUSMÃO, 2010). Pesquisas envolvendo aspectos agronômicos do pinhão-manso foram iniciadas nos últimos 30 anos. Embora inicialmente cultivado sem informações técnicas apropriadas para sua autorização, em função da deficiência de estudos sobre o desempenho agronômico, da falta de variedades desenvolvidas a partir de programas de melhoramento, e da carência de conhecimento básico sobre o desempenho das sementes; a autorização para o seu cultivo foi concedida por meio da Instrução Normativa n. 4 de janeiro de 2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2008).

A espécie *Jatropha curcas* L. passou então a ser inscrita no Registro Nacional de Cultivares (RNC) (BRASIL, 2008). Objetivando-se com isso, subsidiar o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Entretanto, diferente de outras oleaginosas, como a mamona e a soja, o pinhão-manso ainda não possui descritores definidos, encontrando-se em processo de domesticação (LAVIOLA et al., 2014). Para atender essa demanda de validação dos descritores para a espécie, diversos trabalhos sobre este assunto têm sido desenvolvidos (LAVIOLA et al., 2008; CARVALHO, 2009; BRASILEIRO, 2010; OLIVEIRA, 2013).

Apesar do pinhão-manso permanecer no processo de domesticação, e pouco se conhecer sobre seus aspectos agronômicos e fisiológicos (ACHTEN et al., 2008), o pinhão-manso tem sido cultivado, até 2007, em vários países de clima tropical e subtropical (TOMINAGA et al., 2007).

Em 2008 foi plantada no mundo uma área de 900.000 hectares, sendo a maior parte, 760.000 hectares (85%) na Ásia, seguida da África com 120.000 hectares (12%) e América Latina com 20.000 hectares, principalmente, no Brasil. Em 2010 criou-se uma expectativa de que esta plantação chegasse a 12,8 milhões de hectares em 2015 sendo África, Gana e Madagascar os maiores produtores e o Brasil o maior produtor da América Latina com 1,3 milhão de

hectares (FAO, 2010), sendo que esta produtividade do pinhão-mansó é muito variável, dependendo da região, do método de cultivo e dos tratamentos culturais, da regularidade pluviométrica e da fertilidade do solo (SCHIAVO et al., 2010; BORGES et al. 2014; LAVIOLA et al., 2014). Segundo Brasil (2009), a produção anual de sementes em plantio com espaçamento de 3,0 x 3,0 m, pode atingir de 3,0 a 4,0 t ha⁻¹, ou até mais, à depender do sistema de cultivo.

DRUMOND et al. (2010) caracterizaram genótipos de pinhão manso responsivos a melhoria ambiental na região do semi-árido Pernambucano brasileiro com utilização de sistema de irrigação, verificaram em alguns genótipos potencial de produzir acima de 4.000 kg ha⁻¹ de grãos (e com esta produtividade, produzir mais de 1.400 kg ha⁻¹ de óleo).

Relatos sobre essa oleaginosa evidenciaram sua importância como fator econômico industrial no Arquipélago de Cabo Verde, em Angola, Guiné, Moçambique, nas Antilhas Britânicas, Filipinas, México, Porto Rico, Venezuela e El Salvador (PEIXOTO, 1973).

Apesar de ser considerada uma matéria-prima potencial para o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), as pesquisas realizadas sobre o pinhão-mansó são recentes, sendo necessária prudência, principalmente quanto aos aspectos de cultivo desta espécie, sendo esta avaliação feita desde 2006, por BELTRÃO et al. (2006) e que até hoje se verifica a real perspectiva dos plantios comerciais de pinhão-mansó no Brasil ainda desconhecida, tendo em vista que a espécie encontra-se em fase de domesticação, não existindo cultivares e sistemas de cultivo validados para as diferentes regiões produtoras (LAVIOLA et al., 2014).

De acordo com Laviola et al. (2014) os materiais que estão sendo implantados são geneticamente desconhecidos e desuniformes e não possuem garantias mínimas quanto à adaptabilidade ambiental e potencial de produção. Tais constatações também foram evidenciadas em trabalhos anteriores conduzidos sob condições experimentais de campo (BRASILEIRO, 2010; CARVALHO, 2010; OLIVEIRA, 2013).

No Plano de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de Pinhão-Mansó, foi relatado que os cultivos experimentais no Brasil possuíam menos de 10 anos,

observados em 2009 (PDIPM, 2009). Assim, ainda que apresente vantagens aparentes, o pinhão-manso não tinha obtido resultado expressivo nos lugares aonde foi cultivado (LAVIOLA, 2010).

Apesar deste contexto, foi contabilizados cerca de 30 mil hectares plantados com pinhão-manso no país até 2010 (BELTRÃO, 2010). Assim, os entendimentos de como os entraves técnicos interferem no cultivo desta oleaginosa são importantes para o dimensionamento da produção e o uso sustentável dessa fonte renovável de energia (FERREIRA et al., 2013).

Pesquisas com pinhão-manso estão sendo realizadas em todas as regiões brasileiras, incluindo a parte agrônômica, a produção do biodiesel, melhoramento genético e a destoxificação da torta do pinhão-manso (DURÃES et al., 2011), sendo, a falta de melhoramento genético considerada uma barreira para otimização da produtividade, necessitando fixar caracteres relacionados às cultivares melhorados, tais como o aumento da produtividade, precocidade, porte anão etc. (PDIPM, 2009; BRASILEIRO 2010; OLIVEIRA, 2013).

Origem e distribuição geográfica

A origem do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), ainda não é bem definida e, segundo Heller (1996), é supostamente nativo da América Central, sendo encontrado em quase todas as regiões intertropicais, com ocorrência em maior escala nas regiões tropicais e temperadas.

Sua dispersão pelo globo terrestre ainda é motivo de muitas controvérsias. Alguns autores apontam que sua distribuição se deu a partir do Caribe, onde navegadores portugueses a difundiram pelas ilhas de Cabo Verde e Guiné-Bissau chegando até países como África, Índia, sudoeste da Ásia e China (CHITRA et al., 2005). Outros defendem que esse processo se deu há mais de 10.000 anos, quando índios que migraram da América do Norte para a América do Sul as dispersaram do México até a Argentina, incluindo o Brasil (HELLER, 1996).

Sua adaptação é considerada ampla, sob condições edafoclimáticas variáveis, propagando-se, sobretudo nos estados do Nordeste, em Goiás e em Minas Gerais e ocorrendo em maior escala nas regiões tropicais e temperadas e,

em menor extensão, nas frias (BRASIL, 1985). Sendo que no Brasil, o pinhão-manso ocorre espontaneamente em praticamente todas as regiões brasileiras. É apontado como uma espécie que pode adaptar-se a distintas condições de temperatura e precipitação, estendendo-se desde o nordeste brasileiro até São Paulo e Paraná (SATURNINO et al., 2005).

Existe ainda uma linha de pesquisadores que considera essa oleaginosa como sendo originária do Brasil, tendo sido levada para África, Ásia e suas ilhas no Atlântico. Provavelmente, essa espécie foi introduzida pelos comerciantes portugueses no sudeste da África, Índia, Cabo Verde, Madagascar, Java, Malásia, Tailândia e Filipinas, para serem utilizadas como plantas ornamentais e medicinais (MUNCH e KIEFER, 1989; SUJATHA e DHINGRA, 1993).

Nos últimos anos essa cultura tem sido relatada como sendo encontrada largamente distribuída pelos trópicos, em regiões tropicais e temperadas a exemplo do Brasil (DRUMMOND et al., 2010) e, em menor escala, nas regiões frias.

Importância econômica

O pinhão-manso tem importância econômica desde os tempos antigos, devido as suas mais variadas propriedades e usos, entre eles a fabricação de sabão e uso medicinal (SATURNINO et al., 2005).

A denominação científica em grego "*Jatropha*" significa medicamento, reforçando o fato de que na medicina humana e veterinária, o pinhão-manso era bastante utilizado (TOMINAGA et al., 2007). Raízes, folhas e sementes da planta eram consideradas com funções medicinais diversas, sendo as raízes diuréticas e antileucêmicas, as folhas empregadas para combater doenças de pele, contra o reumatismo; enquanto as sementes, utilizadas como vermífugo ou purgante, constatando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso (PEIXOTO, 1973).

Nos dias atuais, a importância econômica do pinhão-manso está principalmente associada ao potencial desta espécie para uso na fabricação de biodiesel. A referida espécie recebe ainda maior destaque no contexto atual,

mediante as crises de petróleo e necessidade de energias menos poluentes (FEY et al., 2014).

Dentre outras causas, essa oleaginosa representa uma alternativa de matéria prima viável e complementar para a produção de biodiesel, por ser uma cultura de baixo custo de cultivo, não alimentícia e de boa adaptação geográfica (DIAS et al., 2007, SCHIAVO et al., 2010, OLIVEIRA et al., 2012).

A importância econômica da *J. curcas* gera uma gama de interesses entre os pesquisadores, para avaliar a existência da diversidade genética, para seleção e melhoramento de genótipos superiores, tanto em níveis inter- como intraespecíficos (KUMAR et al., 2011).

Jatropha curcas foi considerada uma espécie economicamente competitiva devido à produção em condições ambientais favoráveis poder chegar até cinco vezes mais em toneladas por hectare quando comparada a outras oleaginosas, a exemplo da soja (MIRAGAYA, 2005).

O óleo extraído das sementes de pinhão-mansão tem provocado interesse por causa da sua qualidade (incolor, inodoro, muito fluído) e boa perspectiva para produção de biodiesel (ARRUDA et al., 2004). Quando comparado com o óleo de outras espécies como soja, mamona e palma observa-se qualidade superior quanto à estabilidade de oxidação, viscosidade e ponto de congelamento, respectivamente (CARELS, 2009).

O óleo das sementes dessa cultura é composto pelos ácidos oleico (41%) e linoleico (37%), palmítico (13,3%) e esteárico (6,4%) (BICUDO et al., 2007). O biodiesel produzido a partir desse óleo vegetal, seja via rotas metílicas ou etílicas, exibe características físico-químicas compatíveis com as exigidas pela Resolução 42 da Agência Nacional de Petróleo (ARAÚJO et al., 2009).

A torta que resta da prensagem das sementes é um fertilizante rico em nitrogênio, potássio, fósforo e matéria orgânica, mas não é recomendável para a utilização em alimentação animal, sem tratamento adequado. A casca dos pinhões pode ser usada como carvão vegetal e matéria prima na fabricação de papel e alimentação de caldeiras para a produção de vapor e bioeletricidade (GUSMÃO, 2010).

Esse subproduto não é destinado para servir como ração animal, uma vez que possui natureza tóxica, alergênica e antinutricional. Entretanto, essa torta tem sido testada com viabilidade para o controle de fitopatógenos (NUNES et al., 2009), para a produção de bioetanol (SANTOS et al., 2010) e de briquetes (TOLEDO et al., 2009).

Melhoramento genético de pinhão-manso

O fato de não haver variedades melhoradas nem cultivares registradas de pinhão-manso, fez com que vários países se interessassem em realizar estudos prospectando a diversidade genética dessa espécie, fazendo coleta de germoplasma, dentro de seu próprio território e ao redor do mundo, objetivando fins carburantes, e/ou medicinais (SATURNINO et al., 2005).

Em programas de melhoramento, uma das etapas mais importantes é a formação da população base para o melhoramento, com ampla base genética. Esta população pode constituir-se por genitores previamente selecionados, que representem a diversidade genética da espécie (BHERING et al., 2012).

Por se tratar de uma espécie em fase de domesticação e com escassez de informações quanto ao seu melhoramento, se faz necessário que sejam obtidos dados experimentais e de desenvolvimento de tecnologia agrônômica (RESENDE et al., 2007).

As atividades de pré-melhoramento são de grande importância por permitir maior conhecimento dos recursos genéticos e ampliar a base genética dos programas de melhoramento. Tais atividades são fundamentais ainda, para o desenvolvimento e consolidação da espécie em questão como alternativa para produção do biodiesel (LAVIOLA et al., 2012).

A prospecção e a caracterização de acessos e a seleção de genitores, têm se mostrado de grande importância em programas de melhoramento genético, principalmente para o desenvolvimento de híbridos e variedades melhoradas da espécie, com maturidade precoce e uniformidade dos frutos, resistência a pragas e doenças, menor altura de plantas e alta ramificação a fim de se melhorar a

competitividade desse tipo de cultivo (LAVIOLA et al., 2010; SANTANA et al., 2013).

Contudo, os programas de melhoramento de pinhão-manso no Brasil e no mundo encontram-se ainda em fase inicial, sendo poucas as informações quanto ao desempenho ao longo do tempo, divergência e interação genótipos x ambientes da espécie. Dessa forma, faz-se importante para subsidiar os programas de melhoramento da espécie, a realização de avaliações de materiais genéticos promissores em diferentes condições de cultivo (CARELS, 2009; JUHÁSZ et al., 2010).

Divergência morfoagrômica e molecular em pinhão-manso

O conhecimento da divergência genética é de extrema utilidade no processo de melhoramento. Apesar da importância deste estudo, vale salientar que apenas conhecê-la, não é suficiente para o sucesso de programas de melhoramento, sendo realmente fundamental a determinação da variabilidade existente em relação aos caracteres morfoagronômicos de interesse. Para isto, é necessário que se tenham informações fenotípicas, avaliadas nos genótipos existentes (LAVIOLA et al., 2010).

O número de acessos *J. curcas* introduzido no Brasil é considerado reduzido, levando a ocorrência de acessos aparentados provenientes de diferentes regiões do país e indicando baixa divergência genética dessa oleaginosa (ROSADO et al., 2010; BORGES et al., 2014).

A partir do uso de análises multivariadas, houve um aumento nos estudos sobre divergência genética entre acessos de banco de germoplasma (ROCHA et al., 2010), especialmente nas etapas iniciais, no estabelecimento de estratégias de trabalhos eficazes que possibilitem, via métodos biométricos, definir populações base para efeito de seleção. Também, identificar genitores potencialmente promissores para a obtenção de híbridos com maior efeito heterótico e com maior segregação em recombinações, assim como agrupar materiais genéticos similares para a formação de variedades sintéticas (IVOGLO, 2007).

Essas técnicas são baseadas em algoritmos ou medidas de distância que consideram simultaneamente, inúmeras características (morfoagronômicas, qualitativas e moleculares), selecionadas nos experimentos de caracterização e avaliação de germoplasma (VILELA et al., 2008).

A análise conjunta de diferentes tipos de variáveis pode fornecer uma melhor indicação da potencialidade quanto à variabilidade existente em bancos de germoplasma (GONÇALVES et al., 2009). Entretanto, poucos trabalhos têm utilizado esta metodologia para quantificação da dissimilaridade genética.

Gower (1971) propôs uma técnica que permite a análise simultânea das distâncias entre características quantitativas, qualitativas e ou moleculares.

De acordo com Laviola et al. (2010), a caracterização morfoagronômica de germoplasma de pinhão-manso é primordial para seu melhoramento, devendo incluir características qualitativas, quantitativas e/ou moleculares.

Diferentes caracteres têm sido sugeridos por Sunil et al. (.2013) como descritores para a caracterização e avaliação de genótipos de pinhão-manso, estando dentre estes, a produção de sementes, a estatura de plantas, o diâmetro de caule, o número de ramificações primárias e secundárias (BRASILEIRO, 2010; LAVIOLA e DIAS, 2008; OLIVEIRA, 2013), assim como os componentes de produção da planta, número de cachos de frutos e número de inflorescência OLIVEIRA (2013), número de frutos, número de sementes, peso dos frutos, peso das sementes (CARVALHO, 2010; BRASILEIRO, 2010; OLIVEIRA, 2013), por terem apresentado importantes contribuições para subsidiar programas de melhoramento da espécie.

Diante deste contexto, pode-se inferir sobre a grande necessidade de se estudar a caracterização agronômica e molecular, concomitantemente, nessa cultura, para que todas as suas potencialidades possam ser devidamente exploradas.

Estimativa de parâmetros genéticos no melhoramento genético vegetal

As estimativas de parâmetros genéticos são consideradas importantes na orientação de programas de melhoramento, uma vez que auxiliam no processo

seletivo e servem como referencial teórico para as recomendações dos materiais comerciais (Rosado et al., 2012). O procedimento de máxima verossimilhança restrita (REML) tem sido bastante utilizado, dentre os procedimentos e técnicas usadas em genética quantitativa por permitir estimativa dos componentes de variância em experimentos desbalanceados (RESENDE, 2007; MARTINEZ, 2010).

A partir da maior precisão das estimativas e disponibilidade do REML, surgiu o procedimento de melhor predição linear não viciada (BLUP), que permite inferir sobre os efeitos genéticos de tratamentos (RESENDE, 2007).

A importância do estudo realizado por meio desta análise, diz respeito à obtenção de um valor genotípico, determinado para cada indivíduo, possibilitando uma estimativa mais precisa do valor genético e um ordenamento mais adequado dos indivíduos superiores, conduzindo a uma melhor seleção (OLIVEIRA et al., 2013).

A metodologia dos modelos mistos foi primeiramente proposta para ser utilizada na avaliação genética de animais por Henderson (1974). Essa metodologia caracteriza-se por possuir um ou mais efeitos fixos, além da média geral, e um ou mais efeitos aleatórios, além do erro experimental, viabilizando a maximização dos ganhos genéticos a cada ciclo de seleção (RESENDE et al., 2002).

Dentre as principais vantagens do uso do método de modelos mistos pode-se citar: ser aplicado a dados desbalanceados; não exige dados obtidos sob estruturas rígidas de experimentação; permite utilizar simultaneamente um grande número de informações provenientes de vários experimentos, gerando estimativas precisas; corrige os dados para os efeitos ambientais e prediz de maneira precisa e não viciada os valores genéticos, conduzindo à maximização do ganho genético com seleção (RESENDE e ROSA-PEREZ, 2001).

Essa metodologia vem sendo aplicada por permitir inferências sobre os materiais genéticos em experimentos de campo, a fim de classificar-los com base nos verdadeiros valores genotípicos, em qualquer fase de um programa de melhoramento (RESENDE et al., 2002).

Assim, para estimativa e predição de valores genéticos no contexto do melhoramento de plantas perenes como pinhão-manso, faz-se de grande importância o uso da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP), que possibilita tanto o melhoramento intrapopulacional quanto o melhoramento interpopulacional. Para o melhoramento intrapopulacional, norteia a seleção visando ao melhoramento progressivo da espécie. Para o melhoramento interpopulacional, permite a escolha criteriosa dos indivíduos a serem empregados nos cruzamentos, bem como conduz ao próprio melhoramento do híbrido (RESENDE e FERNANDES, 1999).

Desempenho produtivo em pinhão-manso

A produtividade do pinhão-manso é considerada dependente de multifatores, tais como, região de cultivo, método de cultivo, tratos culturais, regularidade pluviométrica e fertilidade do solo (LAVIOLA e DIAS, 2008).

Estudos evidenciam que os dados de produção estão condicionados as diferentes condições edafoclimáticas, pois produções inferiores em pinhão-manso são muitas vezes obtidas devido as limitações hídricas, ataques de pragas e doenças (SPINELLI et al., 2010), assim como devido a plantio de material não selecionado (BORGES et al., 2014).

São consideradas insuficientes as informações sobre os aspectos agronômicos básicos da espécie. Mecanismos importantes como os de tolerância à seca, não são conhecidos (NERY et al., 2009). Assim, por se tratar de uma espécie silvestre não melhorada geneticamente, ocorrem dificuldades para seu cultivo comercial (LAVIOLA et al., 2012).

De acordo com BRASIL (1985), a produção anual de sementes dessa oleaginosa, é dependente do sistema de cultivo. Uma vez que, apesar de ser considerada uma planta rústica, adaptada a condições edafoclimáticas marginais, o pinhão-manso necessita da aplicação de tecnologias de cultivo (adubação, controle de pragas e doenças, práticas de manejo, etc.) para apresentar níveis econômicos de produção de frutos (DURÃES et al., 2009). Esses mesmos autores enfatizam que a planta tolera condições de cultivo com baixo nível

tecnológico; porém, em tais condições, a produtividade é baixa, fato que pode inviabilizar economicamente o seu cultivo, resultando em poucas garantias quanto ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da espécie, o que pode implicar em baixos rendimentos de frutos, grãos e óleos.

Segundo Brasil (1985), em relação às condições de cultivo, o pinhão-manso deve ser preferencialmente cultivado em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados para que o sistema radicular possa se desenvolver e explorar maior volume de solo, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes.

Dessa forma, mesmo havendo interesse para o cultivo do pinhão-manso em grande escala, são considerados escassos estudos sistemáticos objetivando melhores rendimentos (MOHAPATRA e PANDA, 2010). Há carência de informações técnicas e científicas especialmente no que dizem respeito à diversidade genética e desempenho da espécie (KAUL et al., 2012; FEY et al., 2014).

Embora, muitos esforços e pesquisas com pinhão-manso tenham sido realizados ao longo dos últimos anos, em diversas áreas de conhecimento, entre elas o melhoramento genético que visa domesticar essa espécie e desenvolver cultivares que possam ter uma boa produtividade nas diferentes regiões do país (DURÃES et al., 2010; FREITAS et al., 2011; LAVIOLA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013). Estudos sobre índices técnicos consolidados e viabilidade econômica do cultivo do pinhão-manso para atender o mercado de biodiesel a curto, médio e longo prazo, nas diversas regiões do Brasil ainda não estão disponíveis (DURÃES et al., 2009).

O pinhão-manso ainda não foi caracterizado completamente, sendo limitado o conhecimento de suas características fenotípicas e genotípicas (LAVIOLA, 2010). Além disso, os dados de produtividade e componentes de produção da planta são incipientes, sendo incompletas as informações científicas sobre o desempenho produtivo, envolvendo as diferentes regiões brasileiras em que essa oleaginosa está sendo cultivada (BELTRÃO et al., 2006; CARVALHO, 2009; BRASILEIRO, 2010; OLIVEIRA, 2013).

Sabe-se que o sucesso na implantação de um programa de melhoramento está no conhecimento da base genética dos genótipos existentes e da

necessidade de melhoramento destes, seja com hibridação ou seleção a partir da identificação de genótipos promissores.

Assim, dentre os diferentes procedimentos a serem utilizados nas diferentes etapas de um programa de melhoramento, na etapa inicial é de fundamental importância à formação de uma população-base de bom desempenho, com ampla variabilidade e boa adaptação.

A partir das informações apresentadas, objetivou-se avaliar progênies de meio-irmãos e identificar genótipos promissores a clones em progênies de meio-irmãos de pinhão-manso por meio de caracterização morfoagronômica e molecular, da estimativa de parâmetros genéticos e do estudo de desempenho produtivo associado ao rendimento e repetibilidade de componentes de produção da planta no recôncavo Baiano, visando à ampliação da base genética para uso em programas de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F.B.; RESENDE, M.D..V de; ANSELMO, J.L.; SATURNINO, H.M.; FREITAS, F.B. Variabilidade genética entre acessos de pinhão-manso na fase juvenil. **Magistra**, v.21.p.36-40, 2009.

ACHTEN, W.M.J.; VERCHOT, L.; FRANKEN, Y.J.; MATHIJS, E.; SINGH, V.P.; AERTS, R.; MUYS, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 1063-1084, 2008.

ARAÚJO, B.A.; DANTAS NETO, J.; NÓBREGAS, J.E.; MEDEIROS. K.F.; TRAJANO, E.V.A. Crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) irrigado com água salina em níveis diferenciados de reposição da evapotranspiração. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-manso. 1., 2009, Brasília. **Anais...**, Brasília: Embrapa e ABPPM, 2009. CD-Rom. 5p.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**,v. 8, p. 789-799, 2004.

BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO L. S.; VELOSO, J. F.; JUNQUEIRA, N.; FIDELIS, M.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ROSCOE, R.; GAZZONI, D.; DUARTE, J. de O.; DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos. **Alerta sobre o plantio de pinhão-manso no Brasil**. Embrapa Algodão (Embrapa Algodão, Documentos, 155), p.15, 2006.

BHERING, L. L.; LAVIOLA, B.G.; SALGADO, C.C.; SANCHEZ, C.F.B.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A. Genetic gains in physic nut using selection indexes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.402-408, 2012.

BHERING, L. L.; LAVIOLA, B.G.; SALGADO, C.C.; SANCHEZ, C.F.B.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A. Genetic gains in physic nut using selection indexes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.402-408, 2012.

BICUDO, T. C.; FREIRE, L. M. S.; ALBUQUERQUE, A. R.; DANTAS, M. B.; VASCEONCELOS, A. F. F.; ROSENHAIM, R.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Estabilidade e tempo de indução oxidativa do óleo de pinhão manso para produção de biodiesel. **In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: MCT/ABIPTI, 2007.**

BORGES, C. V.; FERREIRA, F. M.; ROCHA, R.B.; SANTOS, A. R.S, dos.; LAVIOLA, B. G. Capacidade produtiva e progresso genético de pinhão-manso. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.64-70, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 4 de 14 de janeiro de 2008. Diário Oficial da União, p.4, 2008.

BRASILEIRO, B. P. **Conservação e melhoramento genético do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), brasil**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

BRASILEIRO, B. P.; SILVA, A. S.; SOUZA, D. R.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, P. A. Conservação de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no estado da Bahia, Brasil. **Magistra**, v. 24, p. 286-292, 2012.

CARELS, N. *Jatropha curcas*: A Review. **Advances in Botanical Research**. v. 50 p.39-86, 2009.

CARVALHO, D. S. **Comportamento genético de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso no Recôncavo Baiano, Brasil.** 2010. 42f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

CHAVES, L. H. G.; CUNHA, T. H. C. S.; BARROS JÚNIOR, G.; LACERDA, R. D. DE; DANTAS JÚNIOR, E. E. Zinco e cobre em pinhão-manso. Crescimento inicial da cultura. **Revista Caatinga**, v.22, p.94-99, 2009.

CHITRA, P. VENKATACHALAM, P.; SAMPATHRAJAN, A. Optimisation of experimental conditionsr biodiesel production from alkali-catalyse transesterification of *Jatropha curcas* oil. **Energy for Sustainable Development.** Volume IX, 2005.

CRUZ, C.D. **Programa GENES.** Versão 4.1. Viçosa: Ed. da UFV, 2006.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV. 480p., 2004.

DEHGAN, B.; WEBSTER, G. L. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). **Botany**, v. 74, p. 76, 1979.

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: UFV, v.1. p.40, 2007.

DRUMOND, M.A.; SANTOS, C.A.F.; OLIVEIRA, V.R. de; MARTINS, J.C.; ANJOS, J.B. dos; EVANGELISTA, M.R.V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão-manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v.40, p.44-47, 2010.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.6, p.1-8, 2011.

DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDOÇA, S.; BRERING, L. L. **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão-manso para Produção de Biocombustíveis**. – Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2009. 17 p. – (Documentos, ISSN 2177-4439; 001).

FAO. **Jatropha: A smallholder bioenergy crop, the potential for pro-poor development**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. v. 8, p.1-114, 2010.

FERREIRA, W.J.; BATISTA, G.T.; CASTRO, C. M. DEVIDE, A. C. P. Biodiesel de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em países emergentes: alternativa para o desenvolvimento regional. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, p. 3-16, 2013.

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**, v. 35, p. 613-624, 2014.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of jatropha plantations. **Natural Resources Forum**, v.29, p.12-24, 2005.

FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: important oil seed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p.1490-1498, 2011.

GARCIA, C.H.; NOGUEIRA, M.C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, p.107-112, 2005.

GONÇALVES L. S.A.; RODRIGUES, R; AMARAL J. A. T.; KARASAWA, M; SUDRÉ, C. P. Heirloom tomato gene bank: assessing genetic divergence based on morphological, agronomic and molecular data using a Ward-modified location model. *Genetics and Molecular Research* 8: 364-374, 2009.

GOWER JC. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**. v. 27, p. 857-874, 1971.

HEIKAL, E. K., SALAH A.KHALIL, S.K., ABDOU, I. K., *Jatropha* Bio-Diesel Production Technologies. International Journal of Bioscience, **Biochemistry and Bioinformatics**, v.3, 2013.

HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas* L.) – Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. 1. Institute of Plant Genetics and **Crop Plant Research**, Gatersleben (Germany) /International Plant Genetic Resources Institute, Roma, 66 p. 1996.

HENDERSON, S. M. Progress in developing the thin layer drying equation. Transactions of the ASAE, v. 17, p. 1167- 1168, 1974.

IVOGLO, M. G. **Divergência genética entre progênies de café robusta**. Dissertação (mestrado) Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas, 87p., 2007.

JONGSCHAAP, R. E. E.; CORRÉ, W., BINDRABAN, P. S.; BRANDENBURG, W. A. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Wageningen: **Plant Research International**. p. 42, 2007.

JUHÁSZ, A.C.P.; MORAIS, D.L.B.; SOARES, B.O.; PIMENTA, S.; RABELLO, H.O.; RESENDE, M.D.V.de. Parâmetros genéticos e ganho de seleção para populações de pinhão-manso (*Jatropha curcas*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, p.25-35, 2010.

KAUL, V. K., SUMITA, K., KOTHARI. Characterization of genetic diversity in *Jatropha curcas* L. germplasm using RAPD e ISSR markers, **Indian Journal of Biotechnonology**, v.11, p. 54-61, 2012.

KAUSHIK, N.; KUMAR, K.; KUMAR, S.; KAUSHIK, N.; ROY, S. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of jatropa (*Jatropha curcas* L.) accessions. **Biomass and Bioenergy**, v.31, p.497-502, 2007.

KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review. **Industrial Crops Products**, v.28, p. 1–10, 2008.

KUMAR, S.; KUMARIA, S.; SHARMA, S. K.; RAO, S. R.; TANDON, P. Genetic diversity assessment of *Jatropha curcas* L. germplasm from Northeast India. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p. 3063-3070, 2011.

LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A.; GURGEL, F. L.; ROSADO, T. B.; ROCHA, R. B. ALBRECHT. Estimates of genetic parameters for physic nut traits based in the germplasm two years evaluation. **Ciência Rural**, v. 42, p. 429-435. 2012.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.1969-1975, 2008.

LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L.; MENDONÇA, S.; ROSADO, T.B.; ALBRECHT, J.C. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão-manso na fase jovem. **Bioscience Journal**, v.27, p.371-379, 2011.

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**, v.45, p.1117-1123, 2010.

LAVIOLA, B.G.; SILVA, S.D.A.; JUHÁZ, R.B.R; OLIVEIRA, R.J.P.; ALBERTCHT, A.A.A.; ROSADO, T.B. Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-mansão em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 356-363p. 2014.

MARTINEZ, D. T. **Avaliação genética sob heterogeneidade de variância residual dentro de tratamentos**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. p.73, 2010.

MIRAGAYA, J. C. G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário**, v.26, p. 7-13, 2005.

MISSIO, R.F.; SILVA, A.M.; DIAS, L. A.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. de Estimative of genetic parameters and prediction of additive genetic value in pinnus *Kesya* progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v.5. p. 394-401, 2005.

MOHAPATRA, S.; PANDA, P.K. Genetic Variability on Growth, Phenological and Seed Characteristics of *Jatropha curcas* L. **Not Science Biology** v.2. p. 127-132, 2010.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.551-558, 2009.

NUNES, C. F.; SANTOS, D. N. dos; PASQUAL, M.; VALENTE, T. C. T. Morfologia externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p. 207-210, 2009.

OLIVEIRA, M. M. **Caracterização agrônômica em banco de germoplasma de pinhão-manso no recôncavo baiano**. Dissertação 71p. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2013.

OLIVEIRA, V.D.; RABBANI, A. R. C., SILVA, A. V. C., LÉDO, A. S. Genetic variability in physic nuts cultivated in North e astern Brazil, **Ciência Rural**, v.43, p.978-984, 2013.

PDIPM. Pesquisa Desenvolvimento e Inovação de Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). PPDI – Pinhão-manso (2009-2019). Documento para discussão no I CBPPM – Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso. Brasília, 2009, 16p.

PEIXOTO, A. R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 282p.

RESENDE, M. D. V.; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética e Melhoramento de Ovinos**. Curitiba. Ed. UFPR, 2001. 185 p.

RESENDE, M.D.V. de; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v.17, p.89-107, 1999.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 359, 2007.

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 *Jatropha curcas* L. in Brazil. **Crop Science**, v.50, p. 2372-2382, 2010.

SANTANA, U.A.; CARVALHO, J.L.S.; BLANK, A.F.; MANN, R.S. Capacidade combinatória e parâmetros genéticos de genótipos de pinhão-mansô quanto a caracteres morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1449-1456, 2013.

SANTOS, C. S. F.; DRUMOND, M. A.; RODRIGUES, M. A.; EVANGELISTA, M. R. V. Genetic similarity of *Jatropha curcas* accessions based on AFLP markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.10, p. 364-369, 2010.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N. e GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v.26, p. 44-78, 2005.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.). **Informes Agropecuária**, v. 26, p.44-78, 2005.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUSA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão-mansô. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.322-329, 2010.

SCHULTZE-MOTEL, J. Rudolf Mansfelds Verzeichnis landwirtschaftlicher and gärtnerischer Kulturpflanzen. **Ohne Zierpflanzen**, v.2, p. 272-296, 1986.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica Sistemática: **Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG**. 3ª edição, Nova Odessa – SP, Instituto Plantarum, p. 768, 2012.

SPINELLI VM, ROCHA RB, RAMALHO AR, MARCOLAN AL, VIEIRA JR, FERNANDES CF, MILITÃO JSLT, DIAS L.A.S. Primary and secondary yield components of the oil in physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Ciência Rural**, v.40, 1752-1758, 2010.

SUJATHA, M.; DHINGRA, M. Rapid plant regeneration from various explants of *Jatropha integerrima* – Hypocotyl culture, shoot culture, leaf culture and peduncule culture medium optimization for oilseed ornamental plant propagation. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 35, n. 3, p. 293-296, Dec. 1993.

SUNIL, N.; KUMAR, V.; SUJATHA, M.; RAO, G.R.; VARAPRASAD, K.S. Minimal descriptors for characterization and evaluation of *Jatropha curcas* L. germplasm for utilization in crop improvement. **Biomass and Bioenergy**, v.48, p.239-249, 2013.

SURWENSHI, A.; KUMAR, V.; SHANWAD, U.K.; JALAGERI, B.R. Critical review of diversity in *Jatropha curcas* for crop improvement: a candidate biodiesel crop. **Research Journal of Agricultural Sciences**, v.2, p.193-198, 2011.

TOLEDO, J. V.; MARTINS, L. D.; KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T dos. Zoneamento agroclimático para a cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e da mamona (*Ricinus communis* L.) no estado do Espírito Santo. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.5, p.41-51, 2009.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E. K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG: UFV, p. 220, 2007.

UMER RASHID, F.A.R. OOQ ANWAR1, AMER JAMI AND HAQ NAWAZ BHATTI. *Jatropha curcas* seed oil as a viable source for biodiesel. **Pakistan Journal Botany**, v. 42 p.575-582, 2010.

VILELA, F.O.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIANA, A.P.; FREITAS JÚNIOR, S.P. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. **Acta Scientiarum Agronomy** 30: 25- 30, 2008.

ZAINUDIN, A., MAFTUCHAH, FITRIANI, H. Analysis of genetic diversity on mutants *Jatropha curcas* using RAPD. **Energy Procedi**, p. 1- 6, 2014.

CAPÍTULO 1

DIVERGÊNCIA MORFOAGRÔNOMICA E MOLECULAR DE PROGÊNIES DE MEIO-IRMÃOS DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)

Divergência morfoagronômica e molecular de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)

Autora: Dyane Coelho Queiroz

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Simone Alves Silva

Coorientador: Prof^o. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO - A importância econômica do pinhão-manso está principalmente no setor energético, em vista de sua exploração como alternativa de substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis, a exemplo do biodiesel. Esse fato revela a necessidade de desenvolvimento técnico e científico para domesticação desta espécie. A determinação da diversidade genética em coleções de germoplasma representa uma estratégia de ação importante no planejamento de programas de melhoramento genético desta oleaginosa. O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo da diversidade genética de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso, a partir de características morfoagronômicas e moleculares, com foco na indicação de genótipos divergentes quanto a essas características para uso em programas de melhoramento genético da espécie. Por meio do algoritmo Gower, foram avaliados nove caracteres quantitativos e 13 marcadores moleculares do tipo RAPD em 20 progênies de meio-irmãos de pinhão-manso. O experimento foi instalado utilizando-se o delineamento em blocos casualizados. As 20 progênies de meio-irmãos de pinhão-manso foram distribuídas em quatro blocos com 10 plantas úteis por parcela. As características quantitativas e os marcadores RAPD foram analisados conjuntamente, utilizando como método de agrupamento Ward-MLM (*Modified Location Model*) e algoritmo de Gower para análise simultânea dos dados e obtenção da matriz conjunta. As análises dos dados demonstram que dentre os genótipos estudados, as progênies mais divergentes UFRB-PM 1, UFRB-PM 6, UFRB-PM 9, UFRB-PM 12, UFRB-PM 13, UFRB-PM 19, UFRB-PM 11 e UFRB-PM 8 podem ser indicadas para combinações híbridas em programas de melhoramento da espécie, revelando a existência de variabilidade genética entre as progênies de pinhão-manso avaliadas, podendo as mesmas serem utilizadas como parentais em programas de melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: Dissimilaridade, polimorfismo, caracterização molecular.

**Morphoagronomic and molecular divergence of half sibs progenies of the
physic nut (*Jatropha curcas* L.)**

Author: Dyane Coelho Queiroz

Adviser: Simone Alves Silva

Co-adviser: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT - The economic importance of physic nut is mainly in the energy sector, in view of its operation as an alternative of fossil fuels by renewable sources, such as biodiesel, reveals the need for technical and scientific development for domestication of this species. Determination of genetic diversity in germplasm collections is an important action strategy in planning breeding programs of this oilseed. The aim was to study the genetic diversity among physic nut progenies through the joint analysis of quantitative traits (morphological) and molecular using the Gower algorithm. Nine quantitative traits and 13 RAPD molecular markers in 20 different half-sibs of physic nut were evaluated. The experiment was conducted using a randomized block design. The 20 progenies of half-sibs of physic nut were distributed in four blocks with 10 plants per plot. Quantitative characteristics and molecular markers were analyzed together using Ward-MLM clustering method (Modified Location Model) and Gower algorithm for simultaneous analysis of the data and obtaining the joint matrix. Data analysis shows that among the genotypes studied, UFRB-PM 1 and UFRB-PM 13 have higher divergence, revealing the existence of genetic variability among progenies of physic nut appreciated and can they be used as parenting in breeding programs species and different individuals as a selection parameter for formation of distinct clones, and genetic basis of greater amplitude.

Key words: Dissimilarity, polymorphism, molecular characterization.

INTRODUÇÃO

A espécie *Jatropha curcas* (L.), popularmente conhecida como pinhão-mansão, é considerada nativa da América Tropical e vem sendo cultivada em diversas áreas do globo, tais como África, Índia, sudoeste da Ásia e China (CHITRA et al., 2005).

Por se tratar de uma planta perene, adaptada a solos com baixa fertilidade e clima desfavorável a grande parte das culturas (MADAYIAN et al., 2013), e apresentar um elevado percentual de óleo (16 a 45%) em suas sementes (FREITAS et al., 2011), essa Euphorbiaceae tem chamado a atenção de diversos setores da economia. Entre esses, destaca-se o setor energético, em vista de sua exploração como alternativa dos combustíveis fósseis por fontes renováveis, a exemplo do biodiesel (HEIKAL et al., 2013).

Apesar das vantagens apresentadas por essa oleaginosa, existem muitos desafios a serem vencidos, visto que essa espécie encontra-se em processo de domesticação (LAVIOLA et al., 2010). Além disso, não existe cultivares melhoradas que possam ser recomendadas para diferentes regiões brasileiras, mesmo havendo registro do seu cultivo em diversas áreas do país (LAVIOLA et al., 2011).

As áreas cultivadas com pinhão-mansão têm sido implementadas sem evidências de conhecimento científico e técnico, fato que pode acarretar riscos de ordem social, ambiental e econômico (DURÃES et al., 2009). Na tentativa de minimizar estes riscos e melhorar o desempenho produtivo da espécie em questão, é de suma importância que trabalhos sejam conduzidos com o intuito de obter materiais potencialmente promissores para as mais diversas condições agroclimáticas brasileiras via domesticação e melhoramento (LAVIOLA, 2009).

Em pinhão-mansão, diversos estudos têm demonstrado a ocorrência de variabilidade genética via caracterização morfoagronômica (CARVALHO et al., 2009; ROSADO et al., 2010; PINILLA et al., 2011; BRASILEIRO et al., 2012; SANTANA et al., 2013) e molecular (KAUL et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013), variabilidade essa, praticamente inexplorada por programa de melhoramento (ZAINUNDIN et al., 2014).

Estudos de diversidade genética são de grande importância por possibilitarem a potencialização da discriminação genotípica, auxiliando na

tomada de decisão para escolha de genitores a serem cruzados dentro do programa de melhoramento genético da espécie.

A análise da divergência genética geralmente é realizada empregando-se técnicas multivariadas (BEZERRA NETO et al., 2010), sendo estas de fundamental importância em programa de melhoramento, principalmente nas etapas iniciais, para o desenvolvimento de estratégias eficazes de trabalho, visando a seleção de genótipos (DURÃES et al., 2011).

Assim, quando se estuda variáveis quantitativas e moleculares surge a necessidade de avaliar os dados conjuntamente. Para tanto, recomenda-se utilizar o algoritmo de Gower que permite agrupar os indivíduos analisando simultaneamente diferentes tipos de variáveis.

Os métodos preditivos empregados nas análises de divergência genética baseiam-se principalmente em diferenças agronômicas, morfológicas, fisiológicas ou moleculares, de maneira a quantificar e estabelecer relações de similaridade genética entre genótipos. Geralmente, esses estudos são realizados de maneira isolada, podendo os mesmos ser realizados concomitantemente (BHERING et al., 2012).

Franco et al. (1998), propôs o procedimento MLM (*modified location model*), com o objetivo de quantificar a variabilidade usando variáveis quantitativas e qualitativas, assim como quantitativas e moleculares. No primeiro, o método de agrupamento Ward (WARD JÚNIOR, 1963) define os grupos por meio da matriz de similaridade de Gower (GOWER, 1971). No segundo, a média do vetor das variáveis quantitativas é estimada por MLM, independentemente do valor das variáveis qualitativas ou moleculares.

Apesar da existência de métodos que permitam combinar em uma única análise, estudos de divergência molecular e fenotípica (CRUZ et al., 2011) e do conhecimento de que, quando associadas, estas análises propiciam reconhecer se as divergências observadas são resultantes de efeitos ambientais ou genéticos. São poucas as coleções de germoplasma de pinhão-manso que já se encontram caracterizadas fenotípica e molecularmente (ALVES et al., 2013).

Assim, o objetivo deste estudo foi estimar a divergência de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso, a partir de características morfoagronômicas e moleculares, com foco na indicação de genótipos divergentes quanto a esses tipos de características para uso em programas de melhoramento da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

O trabalho foi desenvolvido utilizando 20 progênies de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Estas progênies foram obtidas a partir de plantas selecionadas visualmente e coletadas na Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) nas estações experimentais de Alagoinhas e Irará. A coleta desses genótipos foi baseada no levantamento de informações quanto as características de interesse agrônomo para o melhoramento da espécie, estando dentre estas maior número de ramificações, porte reduzido. As progênies foram implantadas no dia 06 de maio de 2008, no campo experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia - NBIO, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - CCAAB da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, na cidade de Cruz das Almas. As coordenadas geográficas da cidade de Cruz das Almas são 12°40'12" longitude oeste e 39°06'07" latitude sul, com altitude de 226 metros. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é caracterizado como quente e úmido Am e Aw, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80%. As progênies foram estabelecidas em condições de campo, sob plantio direto, com o delineamento em blocos casualizados, com vinte tratamentos (progênies), quatro repetições e dez plantas por linha simples (parcela), no espaçamento de 5 m x 3 m.

Caracterização morfoagronômica

A caracterização morfoagronômica foi realizada no período de cultivo de janeiro de 2011 a dezembro de 2012, aos 48 meses após o plantio (MAP). Foram avaliados 705 genótipos por meio de mensurações das características morfoagronômicas. Essa diferença no total de plantas que foram instaladas em campo (800 genótipos) está relacionada com as perdas por fatores ambientais (não controláveis), como por exemplo, a incidência de doenças na fase inicial do experimento. É possível citar dentre os insetos que atacaram as plantas de pinhão-manso, as formigas saúva (*Atta sexdens rubropilosa*), causando queda

das folhas e anelamento das plantas e os cupins da família Rhinotermitidae que são responsáveis pela dessecação de raízes levando-as à morte. O percevejo (*Pachycoris* sp.), praga que suga os frutos imaturos, causando aborto prematuro ou má formação de sementes e a redução do peso dos frutos (DIAS et al., 2007) pode também ser citado como uma das causas de perdas não controláveis neste estudo.

A adubação foi realizada de acordo com as recomendações de LAVIOLA (2009), com a dosagem de 120 a 150 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N, 40 a 60 g planta⁻¹ ano⁻¹ de P e 80 a 120 de g planta⁻¹ ano⁻¹ de K. Essas dosagens foram parceladas anualmente em três aplicações durante o período de maior taxa de crescimento vegetativo e de produção de frutos, observando-se sempre também o período de suprimento hídrico e com temperaturas adequadas.

De modo a manter a área experimental sempre livre de plantas daninhas, foram realizadas campinas mecanizadas durante todo o período de cultivo.

Os descritores morfoagronômicos utilizados no período de cultivo avaliado foram: estatura da planta (EST), diâmetro do caule (DC), número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS). Para os componentes de rendimento de grãos, foram avaliados os seguintes caracteres: número de cachos de frutos por planta (NCFR), número de frutos por planta (NF), número de sementes por planta (NS), peso dos frutos por planta (PF) e peso das sementes por planta (PS) em gramas. Para medir a estatura da planta em metros foi utilizada uma trena milimetrada. O diâmetro do caule, em milímetros, foi aferido com um paquímetro digital. As avaliações de número de ramificações primárias e secundárias, número de cachos de frutos por planta, número de frutos por planta e número de sementes por planta foram realizadas por meio de contagens numéricas.

Para evitar perda de sementes por deiscência, os frutos maduros foram cobertos com sacos de TNT (Figura 1A) e quando atingiram o último estágio de maturação foram coletados, secos (Figura 1B), sob temperatura ambiente ao ar livre e beneficiados de forma manual. Posteriormente, os frutos secos e as sementes obtidas após beneficiamento foram pesados empregando-se uma balança semianalítica.



Figura 1. A - Planta de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com cachos cobertos para proteção dos frutos. B - Frutos de pinhão-manso seco, Cruz das Almas - BA, 2015.

Caracterização molecular

Para a caracterização molecular foram utilizados marcadores do tipo RAPD. Dos 705 genótipos de pinhão-manso presentes no campo experimental, foram selecionados dois indivíduos de cada progênie (UFRB-PM 1, UFRB-PM 2, UFRB-PM 3, UFRB-PM 4, UFRB-PM 5, UFRB-PM 6, UFRB-PM 7, UFRB-PM 8, UFRB-PM 9, UFRB-PM 10, UFRB-PM 11, UFRB-PM 12, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14, UFRB-PM 15, UFRB-PM 16, UFRB-PM 17, UFRB-PM 18, UFRB-PM 19 e UFRB-PM 20) para análise da divergência genética, totalizando 40 indivíduos. Folhas jovens e saudáveis dos 40 indivíduos foram coletadas e DNA foi extraído segundo protocolo Doyle e Doyle (1990) com algumas adaptações: 500 mM Tris pH 8,0; 1,4 M NaCl; CTAB 2% (p/v); 2% de β -mercaptoetanol e 20 mM de EDTA. Vinte iniciadores (*primers*) foram utilizados para realizar a amplificação de DNA via RAPD (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de iniciadores RAPD utilizados no estudo de diversidade genética de progênies meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), Cruz das Almas - BA, 2015.

Iniciador	Sequência (5'-3')
OPC-15	GACGGATCAG
OPC-16	CACACTCCAG
OPC-20	ACTTCGCCAC
OPA-2	ACTTCGCCAC
OPA-4	TGCCGAGCTG
OPA-13	CAGCACCCAC
OPH-19	CTGACCAGCC
OPH-20	GGGAGACATC
OPE-16	GGTGACTGTG
Primer-211	AGCGCGAT
Primer-203	CACGGCGAGT
Primer-220	GTCGATGTCG
Primer-230	CGTCGCCCAT
Primer-232	CGGTGACATC
Primer-1	GTATTGCCCT
A-6	GGTCCCTGAC
A-11	CAATCGCCGT
B-05	TGCGCCCTTC
B-06	GTCGCCGTCA
N-3	GTCGCCGTCA

Após a amplificação foi feita análise pré-liminar do perfil de bandas, fato que possibilitou a constatação de que as amostras da mesma progênie possuíam o mesmo perfil de bandas. Não houve variação entre as duplicatas (duas amostras de cada progênie). Assim, foram consideradas para análises 20 amostras. Dos vinte iniciadores RAPD utilizados, 13 foram polimórficos. A metodologia de utilização dos *primers* foi segundo Williams et al. (1990).

Utilização conjunta das informações fenotípicas e genotípicas

A matriz de distância genética foi estimada por meio da análise conjunta das variáveis quantitativas (caracteres morfoagronômicos) e moleculares (marcador RAPD) obtidas com base no algoritmo de Gower (1971), expresso por:

$$S_{ijk} = \frac{\sum_{k=1}^p W_{ijk} \cdot S_{ijk}}{\sum_{k=1}^p W_{ijk}}$$

K = o número de variáveis ($k = 1, 2, \dots, p$); **i** e **j** = dois indivíduos que representem o acesso; **W_{ijk}** = peso dado à comparação **ijk**, atribuindo valor **1** para comparações válidas e valor **0** para comparações inválidas (quando o valor da variável está ausente em um ou ambos indivíduos); **S_{ijk}** = contribuição da variável **k** na similaridade entre os indivíduos **i** e **j**, com valores entre **0** e **1**.

Os agrupamentos hierárquicos dos genótipos foram obtidos pelo método Ward. Pois, este método permite maximização da homogeneidade dentro dos grupos genéticos, sendo a soma dos quadrados dentro dos grupos, usada como medida da homogeneidade. A validação dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC). Os dados foram analisados pelo programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Análise dos dados

Os dados quantitativos foram submetidos às estatísticas descritivas, valores mínimos e máximos, médias, desvio padrões e coeficientes de variação.

O procedimento de agrupamento Ward-MLM (*Modified Location Model*) empregado, foi primeiramente proposto por Franco et al. (1998) e tem sido utilizado para a análise combinada de dados multicategóricos, quantitativos e moleculares.

Os dados foram analisados por meio dos programas estatísticos GENES (CRUZ, 2008) e o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), este último utilizado para a análise conjunta de distância genética, de agrupamentos hierárquicos e de correlação cofenética. A significância da correlação cofenética

foi calculada pelos testes t e de Mantel (1.000 permutações). O número ideal de grupos foi determinado utilizando o critério pseudo-t² (MINGOTI, 2007; GONÇALVES, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectou-se variabilidade fenotípica entre as progênes de meio-irmãos de pinhão-manso com base nos descritores morfoagronômicos.

A amplitude dos coeficientes de variação foi de 6,58 a 45,39 para os caracteres diâmetro do caule e número de frutos, respectivamente. O maior desvio padrão foi para o caráter peso do fruto (5,13) e o caráter número de ramificações primárias (0,23) obteve o menor valor para o desvio padrão (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística descritiva para caracteres quantitativos (morfoagronômicos) utilizados na caracterização de 20 progênes de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) com 48 meses de idade. Cruz das Almas – BA, 2015.

Caracteres	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV(%)
NC	0,71	3,31	1,68	0,69	41,32
NF	2,78	12,81	6,00	2,72	45,39
NS	4,65	19,04	10,23	3,98	38,95
PF	5,28	24,08	11,94	5,13	42,97
PS	3,77	16,37	8,49	3,52	41,43
NRP	3,03	3,98	3,49	0,23	6,71
NRS	8,56	22,77	12,63	3,53	27,97
EST	1,06	1,51	1,20	1,05	8,74
DC	67,13	86,03	75,90	4,99	6,58

NRP = Número de ramificações primárias; NRS = Número de ramificações secundárias; EST = Estatura da planta (m); DC = Diâmetro do caule (mm); NCFR = Número de cacho de frutos; NF = Número de frutos; PF = Peso do fruto (g); NS = Número de sementes; PS = Peso das sementes (g).

As maiores variações dentre os caracteres avaliados foram para o diâmetro do caule (67,13 mm a 86,03 mm), com média de 75,90 mm, seguido do peso do

fruto (5,28g a 24,08g), sendo o valor médio de 11,94g. As menores variações ocorreram para os caracteres número de cachos de frutos (0,71 a 3,31), com média de 1,68 e estatura da planta (1,06 m a 1,51m), com média de 1,20 m (Tabela 2).

Para esses resultados é importante enfatizar características importantes para o melhoramento do pinhão-manso. Ao observar os caracteres número de ramificações secundárias (NRS) e número de frutos (NF), verificou-se maiores valores destas características (22,77 e 12,81, respectivamente) para a progênie UFRB-PM 13. Fato este que permite inferir sobre a existência de atributos agronômicos desejáveis para esta progênie. A característica NRS, por exemplo, é considerada como um dos componentes de produção da planta mais interessante para o programa de melhoramento genético desta espécie. Pois, o pinhão-manso produz inflorescências em gemas terminais de ramos crescidos no ano correte, sendo a produção de frutos dependente dentre outros fatores, de maior número de ramos. Além da progênie UFRB-PM 13 destacaram-se quanto importantes características avaliadas, a progênie UFRB-PM 11 com maiores valores médios de peso de fruto por planta, peso de semente por planta e número de semente por planta (24,08 g e 16,37 g e 19,04 respectivamente). A progênie UFRB-PM 8, apresentou melhor estatura de planta (106,60 m), seguida da progênie UFRB-PM 14 com maior valor de diâmetro do caule (86,03 mm).

Esses resultados obtidos corroboram reportados anteriormente na literatura, a exemplo dos obtidos por Rao et al. (2008) e Gohil e Pandya (2009) que apresentaram em seus estudos com pinhão-manso, diâmetro do caule com valores médios de 20,00 mm a 111,00 mm. As médias de estatura e diâmetro do caule entre as progênies de meio-irmãos de pinhão-manso neste estudo estão em conformidade com os valores encontrados por Heller (1996), em avaliação de plantio de 10 a 15 meses, onde foram observadas médias de estatura das plantas e de diâmetro do caule de 1,29 m e 74,7 mm, respectivamente.

Em plantio com período de cultivo entre 18 e 19 meses, alguns autores observaram variação entre 1,61 m e 2,5 m para estatura (AVELAR et al., 2007). Por sua vez, Spinelli et al. (2010) em estudos com famílias de meio-irmãos de *J. curcas*, observaram em período de cultivo de 36 meses e 48 meses, valores para estatura de planta de 2,73 m e 2,74 m, respectivamente. Resultados estes, que diferem dos obtidos para as progênies de meio-irmãos avaliadas neste estudo.

Oliveira et al. (2012), avaliaram os componentes de rendimento de grãos de genótipos de pinhão-manso no recôncavo Baiano, no mesmo local de cultivo deste estudo e observaram uma média de 8,73 sementes por planta, semelhante ao valor obtido entre as progênies de meio-irmãos neste estudo (Tabela 2).

Causas multifatoriais podem ser responsáveis pelo crescimento médio similar dessas plantas em idades diferentes. Laviola et al. (2010), ressaltam que sendo o pinhão-manso uma planta perene, nos primeiros anos de cultivo dessa oleaginosa, a planta está na fase de formação de suas estruturas vegetativas e, assim sendo, muitos fatores fisiológicos e ambientais podem influenciar na expressão do caráter, principalmente dos componentes de produção da planta.

As condições climáticas de desenvolvimento deste estudo, com valor de precipitação anual em 2012 de 714 mm e valores mensais no mesmo período de 11 mm a 129 mm (Figura 2), podem ter influenciado nos resultados obtidos. Tendo em vista que essas condições atingem diretamente as fenofases da planta (abscisão foliar, formação de folhas novas, floração e frutificação), ocasionando alterações quanto ao número de flores femininas, na fecundação destas, quantidade de frutos e sementes desenvolvidos e conseqüentemente nos componentes de produção dos genótipos.

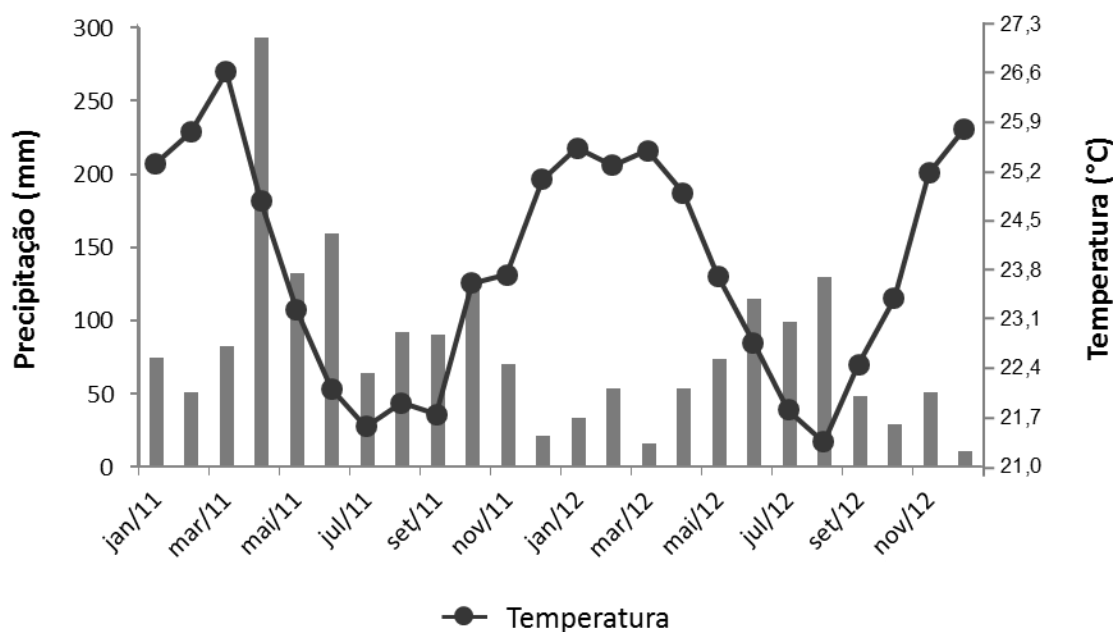


Figura 2. Médias mensais da precipitação pluvial e temperatura, registrada durante a condução dos experimentos, Cruz das Almas – BA, no período de

janeiro de 2011 a dezembro de 2012, segundo dados da estação meteorológica do Centro Nacional de Pesquisa Mandioca e Fruticultura – CNPMF.

Horschutz et al., (2012) demonstram que o nível ideal de precipitação para obtenção de elevada produtividade por esta espécie é acima de 1000 mm anuais. Por sua vez, Saturnino et al. (2005) enfatizam que produções elevadas podem ser obtidas com precipitações de até 2380 mm. Laviola et al. 2011, o caracterizarem uma população de pinhão-manso aos 24, 36 e 48 meses, relatam que as variações nos componentes de produção e na produtividade dessa oleaginosa devem-se principalmente às diferenças nas condições edafoclimáticas dos seus plantios, os quais são estabelecidos em uma extensa faixa entre as latitudes de 30° N e 35° S.

Relatos afirmam, que o pinhão-manso crescido sob condições climáticas da Tailândia, atingiu altura entre 0,83 a 1,10 m aos 14 meses de idade (RATREE, 2004). Nunes et al. (2008), por sua vez, observaram que com a referida idade de cultivo, as condições do Oeste da Bahia permitem obtenção de 1,20 m de estatura no espaçamento de 3 x 2 m.

Em relação às análises com marcador RAPD, do total de 20 iniciadores que foram selecionados para a genotipagem das 20 progênies de meio-irmãos avaliadas. 13 foram polimórficos e geraram 92 fragmentos, dos quais 83 polimórficos (90,2%), com média de 7,1 bandas por primer (Tabela 3).

Tabela 3. Iniciadores utilizados no estudo de divergência genética de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e respectivo polimorfismo de bandas, Cruz das Almas - BA, 2015.

Iniciador	Número de bandas		Polimorfismo (%)
	Total	Polimórficas	
OPC-16	3	3	100,0
OPC-20	12	10	83,3
OPA-13	4	4	100,0
OPH-19	8	7	90,0
OPH-20	4	4	100,0

OPE-16	5	5	100,0
Primer-211	10	9	90,0
Primer-220	9	8	88,9
Primer-230	3	2	66,7
Primer-232	9	8	88,9
B-05	10	10	100
B-06	12	10	83,3
N-3	3	3	100
Total	92	83	90,2

O número de bandas por iniciador RAPD encontrado neste estudo, foi próximo ao obtido em outros estudos realizados com pinhão-mansão com esse marcador (LELLA et al., 2011; KAUL et al., 2012). Do total de bandas obtidas (92), 83 bandas foram polimórficas, gerando 90,2 % de polimorfismo, com maior número de bandas identificadas para os iniciadores OPC-20 e B-06 (12 bandas cada) e o menor para OPC-16, Primer-230 e N3 (com três bandas cada). Esse resultado é superior ao observado por ROSADO et al. (2009), cujo nível de polimorfismo foi de aproximadamente 29 %.

Recentemente, Gopale e Zunjarrão (2013) avaliaram a diversidade genética de uma população de pinhão-mansão via marcador RAPD e detectaram um polimorfismo de 75,2%. Esses resultados se assemelham também aos obtidos por Singh et al. (2010), ao estudarem divergência genética em pinhão-mansão utilizando marcadores AFLP, ISSR e RAPD, apresentando para este último polimorfismo de 80,2%.

Resultados obtidos por Ikbal et al. (2010) demonstram a importância do uso de marcadores RAPD na detecção da diversidade genética em pinhão-mansão, contribuindo na formação de grupos genéticos diferentes para serem utilizados na escolha de genitores a serem cruzados dentro do programa de melhoramento genético da espécie.

A correlação entre as matrizes (morfoagronômica e molecular) neste estudo foi de $r = 0,34$. Para Souza e Sorrells (1991), a baixa associação entre dados morfológicos e moleculares pode ter por base a parcial e insuficiente representação do genoma quando são utilizados dados morfológicos. As

diferenças pertencentes aos marcadores fenotípicos e moleculares influenciam no baixo valor de correlação encontrado. Considerando-se tal situação, o perfil molecular pode representar regiões não correlatas com as características fenotípicas estudadas nas progênies de meio-irmãos de pinhão-manso. Assim sendo, essa baixa correlação pode ser explicada pela baixa associação entre os locos que controlam os caracteres morfoagronômicos estudados e os alelos identificados por meio de marcadores RAPD, uma vez que a correlação será tão maior quanto maior for essa associação (SOUZA e SORRELLS, 1991).

Dessa maneira, a análise conjunta dos dados justifica-se, considerando-se principalmente o intuito de obtenção de uma caracterização mais completa dos genótipos e dos padrões da diversidade genética (GONÇALVES, 2008).

Utilizando-se o algoritmo de Gower para análise conjunta de descritores morfoagronômicos e moleculares, identificou-se que as progênies UFRB-PM 1 e UFRB-PM 13 foram as mais distantes, com magnitude 0,53, enquanto UFRB-PM 17 e UFRB-PM 18 foram as mais similares, com valor de 0,012. A distância média observada entre todos os genótipos foi de 0,30 (Tabela 4).

Tabela 4. Matriz de distância conjunta entre pares de genótipos de pinhão-manso. Estimados a partir de nove descritores quantitativos e 13 moleculares, com marcador do tipo RAPD, Crus das Almas-BA, 2015.

Acesso	UFRB-PR 1	UFRB-PR 2	UFRB-PR 3	UFRB-PR 4	UFRB-PR 5	UFRB-PR 6	UFRB-PR 7	UFRB-PR 8	UFRB-PR 9	UFRB-PR 10	UFRB-PR 11	UFRB-PR 12	UFRB-PR 13	UFRB-PR 14	UFRB-PR 15	UFRB-PR 16	UFRB-PR 17	UFRB-PR 18	UFRB-PR 19	UFRB-PR 20
UFRB-PR 1	0,000																			
UFRB-PR 2	0,395	0,000																		
UFRB-PR 3	0,332	0,332	0,000																	
UFRB-PR 4	0,291	0,403	0,427	0,000																
UFRB-PR 5	0,445	0,427	0,428	0,447	0,000															
UFRB-PR 6	0,413	0,198	0,240	0,457	0,462	0,000														
UFRB-PR 7	0,367	0,282	0,126	0,395	0,436	0,207	0,000													
UFRB-PR 8	0,368	0,211	0,271	0,425	0,359	0,246	0,246	0,000												
UFRB-PR 9	0,411	0,235	0,209	0,482	0,381	0,263	0,192	0,143	0,000											
UFRB-PR 10	0,322	0,222	0,191	0,314	0,397	0,218	0,172	0,169	0,278	0,000										
UFRB-PR 11	0,424	0,448	0,489	0,351	0,288	0,485	0,499	0,426	0,456	0,492	0,000									
UFRB-PR 12	0,343	0,215	0,068	0,377	0,435	0,107	0,062	0,212	0,163	0,220	0,494	0,000								
UFRB-PR 13	0,537	0,485	0,511	0,400	0,376	0,546	0,473	0,451	0,502	0,489	0,326	0,476	0,000							
UFRB-PR 14	0,322	0,346	0,363	0,364	0,454	0,371	0,371	0,342	0,372	0,268	0,353	0,332	0,447	0,000						
UFRB-PR 15	0,401	0,260	0,085	0,481	0,412	0,148	0,120	0,261	0,203	0,217	0,462	0,072	0,473	0,329	0,000					
UFRB-PR 16	0,448	0,249	0,203	0,438	0,471	0,111	0,196	0,272	0,261	0,277	0,444	0,081	0,425	0,337	0,107	0,000				
UFRB-PR 17	0,369	0,247	0,109	0,456	0,406	0,195	0,109	0,185	0,115	0,237	0,492	0,051	0,487	0,317	0,073	0,140	0,000			
UFRB-PR 18	0,367	0,253	0,109	0,451	0,403	0,191	0,107	0,196	0,112	0,230	0,491	0,048	0,482	0,317	0,077	0,147	0,012	0,000		
UFRB-PR 19	0,439	0,273	0,259	0,495	0,422	0,267	0,232	0,336	0,279	0,224	0,512	0,248	0,503	0,360	0,147	0,241	0,213	0,218	0,000	
UFRB-PR 20	0,337	0,273	0,164	0,401	0,363	0,181	0,152	0,174	0,190	0,180	0,483	0,079	0,455	0,289	0,139	0,181	0,082	0,079	0,247	0,000

O dendrograma com as dissimilaridades genéticas, baseado na análise conjunta pelo método de Gower encontra-se na Figura 3.

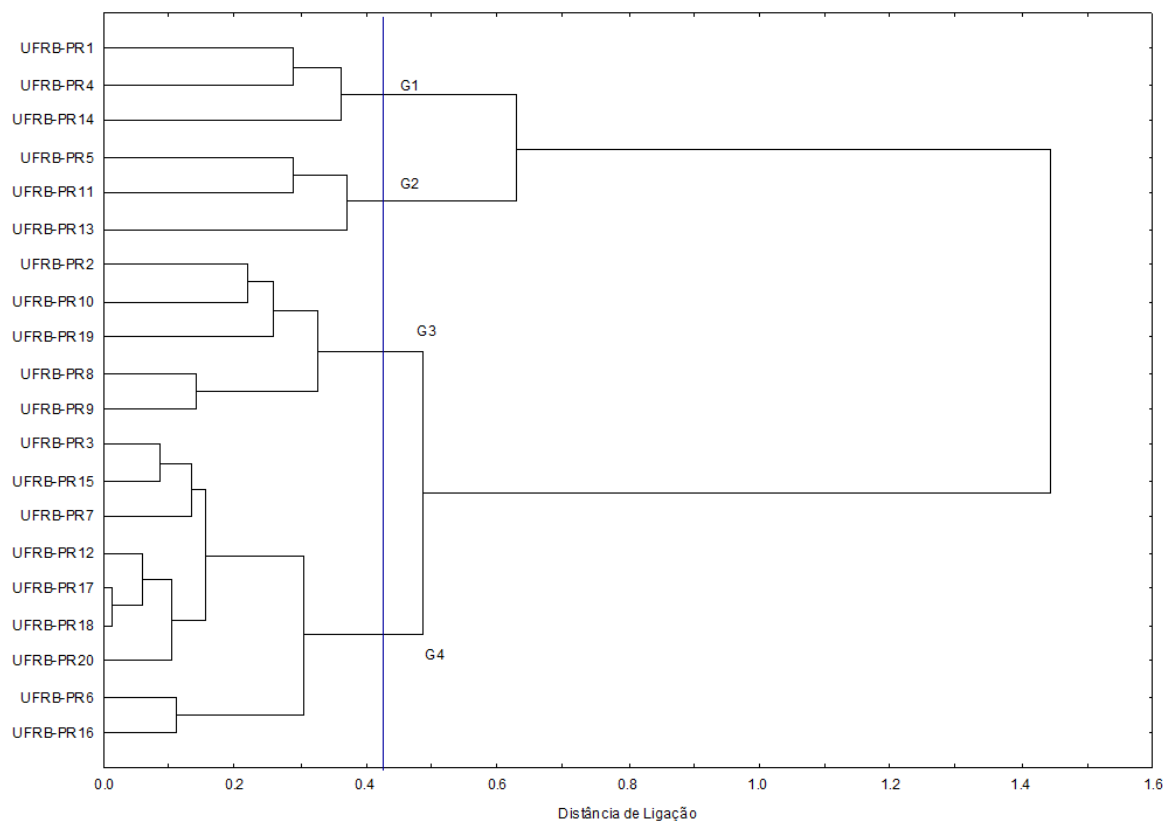


Figura 3. Dendrograma de dissimilaridade baseado em nove descritores quantitativos e 13 descritores moleculares avaliados em 20 progênies meio-irmãos de pinhão-manso, Cruz das Almas – BA, 2015.

O valor de correlação cofenética foi alto ($r = 0,95$ $p < 0,0001$, 10.000), já que valores de $r \geq 0,56$ refletem boa concordância com os valores de similaridade genética (VAZ PATTO et al., 2004), indicando uma alta correlação entre as matrizes de distância e de agrupamento.

Por meio da análise utilizando o método Ward para agrupamento das variáveis quantitativas e moleculares, houve a formação de quatro grupos genéticos. Grupo I constituído pelas progênies UFRB-PM 1, UFRB-PM 4 e UFRB-PM 14. Grupo II formado pelas progênies UFRB-PM 5, UFRB-PM 11 e UFRB-PM 13, Grupo III constituído pelas progênies UFRB-PM 2, UFRB-PM 10, UFRB-PM 19, UFRB-PM 8 e UFRB-PM 9 e Grupo IV: UFRB-PM 3, UFRB-PM 15, UFRB-PM 7, UFRB-PM 12, UFRB-PM 17, UFRB-PM 18, UFRB-PM 20, UFRB-PM 6 e UFRB-PM 16 (Figura 3). Semelhantemente, Oliveira et al. (2013), ao estudarem

divergência genética em mamoneira, empregando o procedimento de análise acima citado, obtiveram número ótimo de grupos igual a quatro.

Comparando-se os agrupamentos formados pelo método Ward-MLM, percebe-se que cruzamentos diferentes podem ser sugeridos entre as progênes de meio-irmãos de pinhão-manso avaliadas.

Combinações entre os genótipos UFRB-PM 1 x UFRB-PM 13, assim como UFRB-PM 1 x UFRB-PM 19; UFRB-PM 1 x UFRB-PM 12; UFRB-PM 1 x UFRB-PM 8; UFRB-PM 9 x UFRB-PM 13; UFRB-PM 6 x UFRB-PM 13 e UFRB-PM 11 x UFRB-PM 13 podem ser indicadas para a utilização em combinações híbridas, devido à alta divergência genética entre os pares de progênes e percepção de destaque para atributos de interesses agrônômicos (porte reduzido e elevado número de ramificações secundárias, por exemplo).

Considerando-se esses resultados, pode-se inferir que existe variabilidade genética entre as 20 progênes de meio-irmãos de pinhão-manso avaliadas, podendo as mesmas serem utilizadas em programas de melhoramento da espécie.

O menor valor de distância genética observada entre os genótipos UFRB-PM 17 e UFRB-PM 18, revela alta similaridade entre essas duas progênes de meio-irmãos de pinhão-manso para os caracteres morfoagronômicos e moleculares estudados conjuntamente.

Estudos realizados com mandioca envolvendo análise conjunta pelo método de Gower com marcadores RAPD, caracteres morfológicos e caracteres quantitativos, permitiram obtenção de dissimilaridade variando de 0,26 a 0,50, com formação de cinco grupos entre os genótipos de mandioca, revelando elevada variabilidade genética entre os mesmos (VIEIRA et al., 2013).

O procedimento de agrupamento Ward empregado neste estudo tem sido utilizado em algumas euforbiáceas e em outras culturas por vários autores (CABRAL et al., 2010; SUDRÉ et al., 2010; PESTANA et al., 2011), principalmente por se basear na formação de grupos que, assim como os do método do vizinho mais distante, possuem alta homogeneidade interna (BARROSO e ARTES, 2003). Entretanto, são poucos os relatos com uso do referido procedimento em pinhão-manso. Brasileiro (2010) utilizando estratégia Ward em estudo com pinhão-manso obteve um adequado agrupamento dos acessos, permitindo uma melhor classificação dos genótipos avaliados.

A variabilidade genética apresentada neste estudo, com formação de quatro grupos, pode ser atribuída a poucas introduções iniciais de acessos de pinhão-manso. Para ocorrência de aumento da diversidade da coleção de pinhão-manso em questão, recomenda-se introdução de genótipos de diferentes locais, tanto do Brasil quanto do mundo. Estudo realizado por Soares (2010) com pinhão-manso, possibilitou detectar a necessidade de se buscar meios para aumentar a base genética de seus acessos, de maneira a permitir a elevação da variabilidade genética da espécie. Na análise de divergência genética foi possível classificar os caracteres avaliados quanto a sua contribuição através do critério de SINGH (1981), apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Contribuição relativa dos caracteres de progênes de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para a divergência – SINGH (1981). Cruz das Almas – BA, 2015.

CARACTERES	VALOR (%)
Número de cachos de frutos	0,2277
Número de frutos	3,5091
Número de sementes	7,5046
Peso de frutos	12,4633
Peso de sementes	5,8497
Número de ramificações primárias	0,0260
Número de ramificações secundárias	5,8982
Estatura da planta (cm)	52,7319
Diâmetro do caule	11,7894

As características que se apresentaram mais discriminantes entre os 20 genótipos de pinhão-manso foram à estatura da planta com 52,73%, seguida por peso de frutos com 12,46% e diâmetro do caule 11,79%. Com a mesma metodologia, Oliveira (2013) e Laviola et al. (2010) obtiveram valores de 41,08 % e 13,4%. O número de ramificações primárias (NRP) foi o caráter que menos contribuiu com a divergência genética (Tabela 5). Estudos de contribuição dos caracteres para a divergência são de grande importância para seleção dos

caracteres que mais distinguem os genótipos e descarte de outros que contribuem pouco na discriminação genética de uma determinada espécie (CRUZ et al., 2004). Porém, sendo o pinhão-manso uma espécie perene, as avaliações de contribuição apresentadas fazem parte da caracterização inicial, fazendo-se necessárias mais avaliações destes e de outros caracteres, para que se possa melhor concluir sobre o descarte de variáveis, ou inclusão de outras que melhor discriminem os acessos.

Por meio dos resultados obtidos, observa-se a existência de variabilidade genética entre as progênies de meio-irmãos de pinhão-manso avaliadas, identificando os indivíduos mais divergentes e os possíveis cruzamentos mais promissores para a realização de hibridação em programas de melhoramento da espécie.

Esses resultados evidenciam a importância de grupos genéticos como possíveis fontes de parentais. Rahman et al. (2002) afirmam que a identificação de acessos superiores com base na divergência genética e características desejáveis é a estratégia mais adequada para iniciar um programa de melhoramento.

Pelos resultados, infere-se que o critério de avaliação conjunta de dados, associado ao procedimento Ward-MLM é uma técnica útil para detectar divergência genética e agrupar genótipos por meio do uso simultâneo de descritores morfoagronômicos e moleculares-marcador RAPD.

CONCLUSÕES

Existe variabilidade genética entre as 20 progênies de meio-irmãos de pinhão-manso avaliadas, podendo as mesmas serem utilizadas nos programas de melhoramento da espécie.

O procedimento de Ward-MLM é uma técnica útil para detectar divergência genética e agrupar genótipos pelo uso simultâneo de descritores morfoagronômicos e moleculares.

Os genótipos mais divergentes UFRB-PM 1, UFRB-PM 6, UFRB-PM 9, UFRB-PM 12, UFRB-PM 13, UFRB-PM 19, UFRB-PM 11 e UFRB-PM 8 podem ser indicadas para combinações híbridas em programas de melhoramento da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A.A.; BHERING, L.L.; ROSADO, T.B.; LAVIOLA, B.G.; FORMIGHIERI, E.F.; CRUZ, C.D. Joint analysis of phenotypic and molecular diversity provides new insights on the genetic variability of the Brazilian physic nut germplasm bank. **Genetics and Molecular Biology**, p 371-381, 2013.

AVELAR, R. C.; PARECIDO, M.; CARVALHO, J.P. Avaliação de Acessos de Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) do Banco de Germoplasma da UFLA. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, **Anais...** CD-ROM, 2007.

BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise multivariada**. Lavras: UFLA, 151p. 2003.

BEZERRA NETO, F. V. B. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 294-299, 2010.

BHERING, L.L.; LAVIOLA, B.G.; SALGADO, C.C.; SANCHEZ, C.F.B.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A. Genetic gains in physic nut using selection indexes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.402-408, 2012.

BRASILEIRO, B. P. **Conservação e melhoramento genético do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), brasil**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

BRASILEIRO, B. P.; SILVA, A. S.; SOUZA, D. R.; OLIVEIRA, R. S.; SANTOS, P. A. Conservação de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no estado da Bahia, Brasil. **Magistra**, v. 24, p. 286-292, 2012.

CABRAL, P.D.S.; SOARES, T.C.B.; GONÇALVES, L.S.A.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; LIMA, A.P. Quantification of the diversity among common bean accessions

using Ward-MLM strategy. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, p.1124-1132, 2010.

CARVALHO, B. C. L.; OLIVEIRA, E. A. S.; LEITE, V. M.; DOURADO, V. V. **Informações técnicas para o cultivo do pinhão-manso no Estado da Bahia**. Salvador: EBDA. 79p. 2009.

CARVALHO, C. R, CLARINDO W. R, PRAÇA M. M, ARAÚJO F. S, CARELS N. Genome size, base composition and karyotype of *Jatropha curcas* L. na important biofuel plant. **Plant Science**. v. 174 p. 613–617, 2008.

CARVALHO, D. S. **Comportamento genético de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso no Recôncavo Baiano, Brasil**. 42f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2010.

CRUZ, C. D. **Programa Genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2008.

CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A.; **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco-MG, 620p, 2011.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 480p. 2004.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v. 27:13-15, 1990.

DRUMOND, M.A.; SANTOS, C.A.F.; OLIVEIRA, V.R. de; MARTINS, J.C.; ANJOS, J.B. dos; EVANGELISTA, M.R.V. Desempenho agrônômico de genótipos de pinhão-manso no Semiárido pernambucano. **Ciência Rural**, v.40, p.44-47, 2010.

DURAES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDONCA, S.; BHERING, L. L. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação: focando pinhão-mansão como matéria prima para produção de biodiesel.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia. (Série Documentos, 01), 2009.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.6, p.1-8, 2011.

FAO. **Jatropha: A smallholder bioenergy crop, the potential for pro-poor development.** Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. v. 8, p.1-114, 2010.

FERNANDES, D.J.; CHAVES, L.H.G.; DANTAS, J.R.P.S. Fenologia e produção do pinhão-mansão cultivado com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 339-346, 2013.

FRANCO, J.; CROSSA, J.; VILLASEÑOR, J.; TABA, S.; EBERHART, S. A. Classifying genetic resources by categorical and continuous variables. **Crop Science**, v.38, p.1688-1696, 1998.

FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: important oil seed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p.1490-1498, 2011.

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. **Silvicultura e Genética**, v. 53, p. 186-192, 2004.

GOHIL, R.H.; PANDYA, J.B. Genetic evaluation of jatropha (*Jatropha curcas* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Research**. v. 47, p. 221-228, 2009.

GONÇALVES, L. S. A. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. **Genetics and Molecular Research**, v. 07, p. 1289-1297, 2008.

GOPALE, K.D.; ZUNJARRAO, R.S. Evaluation of Genetic Diversity of *Jatropha curcas* L. Using RAPD Marker in Maharashtra. **International Journal Pure Applied Science Technology**, p. 12-24, 2013.

GOWER, J.C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, v.27, 857-874, 1971.

HEIKAL, E. K., SALAH A.KHALIL,S.K., ABDOU, I. K., *Jatropha* Bio-Diesel Production Technologies. International Journal of Bioscience, **Biochemistry and Bioinformatics**, v.3, 2013.

HELLER, J. Physic nut (*Jatropha curcas* L.) – Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. 1. Institute of Plant Genetics and **Crop Plant Research**, Gatersleben (Germany)/International Plant Genetic Resources Institute, Roma, 66 p. 1996.

IKBAL, K., BOORA, S and DHILLON, R. S. Evaluation of genetic diversity in *Jatropha curcas* L. using RAPD markers. **Indian Journal of Biotechnology**, p 50-57, 2010.

IVOGLO, M. G. **Divergência genética entre progênies de café robusta**. Dissertação (mestrado) Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Campinas, 87p., 2007.

JUHÁSZ, A.C.P.; MORAIS, D.L.B.; SOARES, B.O.; PIMENTA, S.; RABELLO, H.O.; RESENDE, M.D.V.de. Parâmetros genéticos e ganho de seleção para populações de pinhão-mansô (*Jatropha curcas*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, p.25-35, 2010.

KAUL, V. K., SUMITA, K., KOTHARI. Characterization of genetic diversity in *Jatropha curcas* L. germplasm using RAPD e ISSR markers, **Indian Journal of Biotechnonology**, v. 11, p. 54-61, 2012.

LAVIOLA, B. G. Nutrição mineral e adubação do pinhão-manso. In: I CIRCUITO NACIONAL DE DIAS DE CAMPO DE PINHÃO-MANSO. **Anais: ABPPM**, 2009b. CD-ROM, 2009.

LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A.; GURGEL, F. L.; ROSADO, T. B.; ROCHA, R. B. ALBRECHT. Estimates of genetic parameters for physic nut traits based in the germplasm two years evaluation. **Ciência Rural**, v. 42, p. 429-435. 2012.

LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L.; MENDONÇA, S.; ROSADO, T.B.; ALBRECHT, J.C. Caracterização morfoagronômica do banco de germoplasma de pinhão-manso na fase jovem. **Bioscience Journal**, v.27, p.371-379, 2011.

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**, v.45, p.1117-1123, 2010.

LEELA, T.; NARESH, B.; REDDY, M. S.; MADHUSUDHAN, N. CH.; CHERKU, P. D. **Morphological, physico-chemical and micropropagation studies** In: ***Jatropha curcas* L. and RAPD analysis of the regenerants.** v.88, p. 2071-2079, 2011.

MADHAIYAN, M.; PENG, N.; TE, N.S.; HSIN,C.; LIN, C.; LIN, F.;1, REDDY, C.,YAN, H.; JI, J. Improvement of plant growth and seed yield in *Jatropha curcas* by a novel nitrogen-fixing root associated *Enterobacter* species. **Biotechnology for Biofuels**, v.6, p.140, 2013.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: UFMG, 297 p, 2007.

MISSIO, R.F.; SILVA, A.M.;DIAS, L.A.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Estimative of genetic parameters and prediction of additive genetic value in pinnus Kesya progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, p. 394-401, 2005.

MOHAPATRA, S.; PANDA, P.K. Genetic variability on growth, phenological and seed characteristics of *Jatropha curcas* L. **Not Science Biology**, v.2, 127-132, 2010.

NUNES, C. F.; PASQUAL, M.; SANTOS, D. N. dos; CUSTÓDIO, T. N.; ARAÚJO, A. G. de. Diferentes suplementos no cultivo in vitro de embriões de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.9-14, 2008.

OLIVEIRA, M. M. **Caracterização agrônômica em banco de germoplasma de pinhão-manso no recôncavo baiano**. Dissertação 71p. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2013.

OLIVEIRA, M. M.; SILVA, S. A.; SOUZA, D. R.; ALMEIDA, V. O.; QUEIROZ, D. C.; GOMES, D. G.; ASSIS, D. P. Componentes de rendimento de grãos de genótipos de pinhão-manso no recôncavo baiano. **In: 5º Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel / Anais 8º Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel**, v.2. 2012.

OLIVEIRA, V.D.; RABBANI, A. R. C., SILVA, A. V. C., LÉDO, A. S. Genetic variability in physic nuts cultivated in Northeastern Brazil. **Ciência Rural**, v.43, p.978-984, 2013.

PESTANA, R.K.; AMORIM, E.P.; FERREIRA, C.F. Genetic dissimilarity of putative gamma-ray-induced 'Preciosa -AAAB- Pome type' banana (*Musa* sp.) mutants based on multivariate statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p. 3976-3986, 2011.

PINILLA, J. A. G.; CAMPUZANO, L. F.; ROJAS, S.; PACHON-GARCÍA, J. Caracterización morfológica y agronómica de la colección nacional de germoplasma de *Jatropha curcas* L. **Orinoquia**, v.15, p. 131-147, 2011.

R Development Core Team (2011). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RAHMAN, M.; HUSSAIN, D.; ZAFAR, Y. Estimation of genetic divergence among elite cotton cultivars-genotypes by DNA fingerprinting technology. **Crop Science**, v.42, p. 2137-2144, 2002.

RAO, G.R.; PATHRE, U.V.; RAGHUVANSHI, N.; RAHI, T.S.; TULI, R. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. **Trees**, v.22, p. 697-709, 2008.

RATREE, S. A preliminary study on physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.7, p.1620-1623, 2004.

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 *Jatropha curcas* L. in Brazil. **Crop Science**, v.50, p.2372-2382, 2010.

ROSADO, T. B.; LAVIOLA, B. G.; FARIAS, D. A.; PAPPAS, M. R.; BHERING, L. L.; QUIRINO, B. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Avaliação da Diversidade Genética do Banco de Germoplasma de Pinhão-mansô por Marcadores Moleculares**. Brasília: Embrapa Agroenergia, p. 16 (Embrapa Agroenergia, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1), 2009.

SANTANA, U. A., CARVALHO, J. L. S., J. L. S., BLANK, A. F., e MANN, R. S., Capacidade combinatória e parâmetros genéticos de genótipos de pinhão-mansô quanto a caracteres morfoagronômicos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1449-1456, 2013.

SILVA, S.H.B. da; SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; FREITAS, E.V. de; FERREIRA, R.L.C. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1451-1459, 2009.

SINGH R.; MISHRA S.; SINGH S.; MISHRA N.; SHARMA M. Evaluation of microsatellite markers for genetic diversity analysis among sugarcane species and commercial hybrids. **Australian Journal of Crop Science** v.4, p. 116-125, 2010.

SOARES, B.O.; **Diversidade genética de genótipos de pinhão-manso por meio de RAPD e ISSR**. 54f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Montes Claros- Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, 2010.

SOUZA, E.; SORRELLS, M.E. Relationships among 70 North American oat germplasms. II. Cluster analysis using qualitative characters. **Crop Science**, v.31, p.605-612, 1991.

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

SUDRÉ, C.P.; GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; RIVA-SOUZA, E.M.; BENTO, C.S. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, v.9, p.283-294, 2010.

UMER RASHID, F.A.R.; ANWARI, A.M.E.R.; JAMI BHATTI, H.N. *Jatropha curcas* seed oil as a viable source for biodiesel. **Pakistan Journal Botany**, v.42 p.575-582, 2010.

VAZ PATTO, M.C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. **Euphytica**, v.137, p.63-67, 2004.

VIEIRA, E. A; FIALHO J.F., FALEIRO, F.G. BELLON, G., FONSECA, K.G., SILVA, M.S, MORAES, S.V.P., CARVALHO, L.J.C.B. Phenotypic and molecular characterization of industrial purpose cassava accessions with potential for adaptation to the conditions of Cerrado of Central Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.567-582, 2013.

WILLIAMS, J.G.K.; KUBELIK, A.R.; LIVAK, K.J.; RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic Acids Research**, v.18, p.6531–6535, 1990.

ZAINUDIN, A.; MAFTUCHAH, FITRIANI, H. Analysis of genetic diversity on mutants *Jatropha curcas* using RAPD. **Energy Procedi**, 1 – 6 plants, 2014.

ZUNJARRAO, R.S.; GOPALE, K.D. Evaluation of genetic diversity of *Jatropha curcas* L. using RAPD marker in Maharashtra. **International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology**, v. 14, p. 12-24, 2013.

CAPÍTULO 2

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS COMO FERRAMENTA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE CLONES PROMISSORES DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)

Estimativa de parâmetros genéticos como ferramenta para a identificação de clones promissores de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)

Autora: Dyane Queiroz Coelho

Orientadora: Prof^a. Dra. Simone Alves Silva

Coorientador: Prof^o. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo estimar parâmetros genéticos em pinhão-manso para identificação de possíveis clones promissores. A população dessa oleaginosa foi instalada em maio de 2008, no campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA, distribuída no delineamento experimental em quatro blocos casualizados, constituída de 20 famílias de meio-irmãos de pinhão-manso, com dez plantas por parcela. Os parâmetros genéticos foram obtidos pelo procedimento REML/BLUP, utilizando o software R. As características quantitativas avaliadas foram número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS), estatura da planta (EST) e diâmetro do caule (DC). As famílias de meio-irmãos denominadas de UFRB-PM 1 e UFRB-PM 13 foram as que mais se destacaram para os caracteres NRS e EST respectivamente, estando essas famílias classificadas em primeira e segunda ordem para ambas as características. Além da UFRB-PM 13, obteve destaque também em segunda classificação a família UFRB-PM 14, com superioridade para as características DC e NRP. Destaca-se em terceira ordem de classificação a família UFRB-PM 9, com superioridade para as características NRP e EST. Desta forma, o procedimento REML/BLUP apresenta-se eficiente na classificação e no ordenamento dos genótipos e os indivíduos das famílias UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 9 são os melhores classificados, podendo ser indicados para efeito de seleção em programa de melhoramento da espécie. O caráter número de ramificações secundárias apresenta-se como o mais apropriado para aplicação de seleção, devido à maior herdabilidade e acurácia seletiva.

Palavras-chave: modelo misto, REML/BLUP, variância genética

Estimation of genetic parameters as a tool for identifying promising clones of physic nut (*Jatropha curcas* L.)

Author: Dyane Queiroz Coelho

Advisor: Simone Alves Silva

Co-Advisor: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT - This study aimed to estimate genetic parameters in physic nut to identify potential promising clones. The population of this oil crop was installed in May 2008, the experimental field of Federal University of Bahia Reconcavo, Cruz das Almas, Bahia, distributed in the experimental design in four randomized blocks, consisting of 20 families of half-sibs of physic nut with ten plants per plot. Statistical analysis and the estimation of genetic parameters were based on mixed models of type REML/BLUP. The genetic parameters were obtained by REML / BLUP procedure, using the software R. Quantitative characteristics evaluated were number of primary branches (NRP), number of secondary branches (NRS), plant stature (EST) and stem diameter (DC). The families of half-sibs UFRB-PM 1 and UFRB-PM 13 were the ones that stood out for NRS characters and EST respectively, and these families classified in first and second order for both characteristics. Besides the UFRB-PM 13 was highlighted also in the second classification UFRB-PM 14 family, with superiority for DC and NRP characteristics. Stands out at third rank order the UFRB-PM 9 family, with superiority for the NRP and EST features. Thus, the REML/BLUP procedure has to be efficient in the classification and ranking of genotypes and individuals of UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 and UFRB-UFRB-PM 9 families are the best ranked and may be indicated for the purposes of selection in breeding program of the species. The character number of side branches is presented as the most appropriate for the application of selection due to higher heritability and selective accuracy.

Key-words: mixed-type models, REML/BLUP, genetic variance

INTRODUÇÃO

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) tem recebido destaque, por ser considerado dentre as oleaginosas, uma espécie com potencial de fornecer óleo para produção de biodiesel (GOUVEIA et al., 2012). Apesar de ser uma planta prospectada para fins combustíveis, não são conhecidas cultivares melhoradas, que possibilitem cultivos com elevadas produtividades nas diversas regiões brasileiras (FREITAS et al., 2011; DURÃES et al., 2011).

Por se tratar de uma espécie em fase de domesticação, com escassez de informações quanto ao seu melhoramento, é de grande importância para obtenção de informações e desenvolvimento de tecnologia agrônômica, a avaliação de plantas de pinhão-manso em idade produtiva ao longo do tempo (LAVIOLA et al., 2011).

O estudo dos parâmetros genéticos representa ferramenta relevante para o melhoramento genético, pois possibilita entendimento sobre a caracterização da estrutura genética da população, nível de expressão de um caráter de uma geração para outra na população e a possibilidade de ganhos por meio da seleção (CRUZ et al., 2004).

O método de modelos mistos REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) é um instrumento flexível, que possibilita avaliação da estimativa de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos, sendo aplicado a dados desbalanceados e provenientes de diferentes gerações (RESENDE e DUARTE, 2007).

A predileção por este método se dá devido à superioridade de suas propriedades estatísticas em comparação aos estimadores de quadrados mínimos e índice multi-efeitos, quando os dados a serem analisados estão desbalanceados (RESENDE e FERNANDES, 1999).

De acordo com Resende (2007), a metodologia do REML/BLUP proporciona o ordenamento dos genótipos potenciais para seleção, possibilitando exploração de toda a variação genotípica entre e dentro de famílias. Esta metodologia de avaliação genética REML/BLUP vem sendo utilizada em diferentes experimentos com espécies perenes, podendo-se citar como exemplo, eucalipto (GARCIA e NOGUEIRA, 2005), seringueira (COSTA et al., 2008), estando também comprovada mais recentemente a eficiência da referida metodologia em *Jatropha*

curcas (BORGES et al., 2014). Esses mesmos autores afirmam que em espécies perenes como o pinhão-manso, o referido procedimento tem se consolidado por possibilitar a predição de valores genéticos associados às observações fenotípicas, com seleção simultânea de matrizes de desempenho superior e atributos desejáveis.

De posse dessas informações, o melhorista pode orientar mais efetivamente o seu programa de melhoramento e prever o sucesso da estratégia de seleção a ser adotada. O presente trabalho teve como objetivo estimar parâmetros genéticos como ferramenta para a identificação de clones promissores de pinhão-manso.

MATERIAL e MÉTODOS

Experimento de campo

O trabalho foi desenvolvido utilizando 20 famílias de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), as quais foram implantadas no dia 06 de maio de 2008, no campo experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), na cidade de Cruz das Almas. As famílias foram instaladas a partir de plantas selecionadas visualmente e coletadas na Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) nas estações experimentais de Alagoinhas e Irará. As coordenadas geográficas da cidade de Cruz das Almas são 12°40'12" longitude oeste e 39°06'07" latitude sul, com altitude de 226 metros. E segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como quente e úmido Am e Aw, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80%. As famílias de meio-irmãos de pinhão-manso foram estabelecidas em condições de campo, sob plantio direto, no delineamento em blocos ao acaso, com vinte tratamentos (famílias), quatro repetições e 10 plantas por linha simples (parcela), no espaçamento de 5 m x 3 m. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações de LAVIOLA (2009), com a dosagem de 120 a 150 g planta⁻¹ano⁻¹ de N, 40 a 60 g planta⁻¹ ano⁻¹ de P e 80 a 120 de g planta⁻¹ ano⁻¹ de K.

Características morfoagronômicas avaliadas

Um total de quatro características morfoagronômicas foram mensuradas e utilizadas para a predição dos valores genéticos aos 36 meses após plantio. São elas: estatura da planta (EST), diâmetro do caule (DC), número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS). Para medir a estatura da planta, em metros, foi utilizada uma trena milimetrada. O diâmetro do caule em milímetros foi aferido com um paquímetro digital. As avaliações de número de ramificações primárias e secundárias foram realizadas através de contagens numéricas.

Foram avaliados 705 genótipos por meio de mensurações das características morfoagronômicas. Essa diferença do total de plantas que foram instaladas em campo (800 genótipos) está relacionada com as perdas por fatores ambientais (não controláveis), como por exemplo, a incidência de doenças, na fase inicial do experimento. É possível citar dentre os insetos que atacaram as plantas de pinhão-manso, as formigas saúva (*Atta sexdens rubropilosa*), causando queda das folhas e anelamento das plantas e os cupins da família Rhinotermitidae que são responsáveis pela dessecação de raízes levando-as à morte. O percevejo (*Pachycoris* sp.), praga que suga os frutos imaturos, causando aborto prematuro ou a má formação de sementes e a redução do peso dos frutos (DIAS et al., 2007) pode também ser citado como uma das causas de perdas não controláveis neste estudo.

Estimativas de parâmetros genéticos e análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se a metodologia dos modelos lineares mistos, via procedimento REML/BLUP, considerando o delineamento em blocos ao acaso. Assim, a estimação dos parâmetros genéticos foi realizada via REML (máxima verossimilhança restrita) e os valores genotípicos ou médias genotípicas foram estimadas pelo procedimento BLUP (melhor preditor linear não viciado), utilizando o software R seguindo o modelo:

$$y = Xf + Zg + Kga + e,$$

Em que: y é o vetor de dados, f é o vetor dos efeitos fixos das combinações repetição-colheita somados à média geral, g é o vetor dos efeitos de família (considerado como aleatório), sendo $g \sim NMV(0, I\sigma_g^2)$, ga é vetor dos efeitos da interação família x colheita (considerado como aleatório), sendo $ga \sim NMV(0, I\sigma_{ga}^2)$ e e é o vetor de erros ou resíduos, sendo $e \sim NMV(0, I\sigma_e^2)$. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os parâmetros genéticos foram estimados por meio das fórmulas disponibilizadas por Rezende e Duarte (2007), sendo elas:

\hat{r}_{gg} = estimador da acurácia da avaliação genotípica.

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\sigma_e^2/b}{\sigma_g^2}}}$$

h^2 = estimador da herdabilidade

$$\hat{h}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2} = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_a^2 + \sigma_b^2)$$

CV_e = estimador do coeficiente de variação experimental

$$CV_e = \frac{\sigma_e}{\mu} \cdot 100$$

$$CP_e = \frac{\sigma_a}{\sqrt{b} \cdot \mu} \cdot 100$$

CV_g = estimador do coeficiente de variação genotípica.

$$CV_g = \frac{\sigma_g}{\mu} \cdot 100$$

CV_r = estimador do coeficiente de variação relativa.

$$CVr = \frac{CVg}{CVe}$$

PEV = estimador da variância do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo sobrevivência completa.

$$PEV = \left[\frac{\sigma_e^2/b}{1 + (\sigma_e^2/b)/\sigma_g^2} \right]$$

SEP= estimador do desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo sobrevivência completa.

$$SEP = \sqrt{PEV}$$

μ - Média geral

σ_g^2 -Variância genética

σ_b^2 -Variância de bloco

σ_f^2 -Variância fenotípica

σ_e^2 -Variância residual

RESULTADOS e DISCUSSÃO

Os resultados referentes às estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento avaliados encontram-se na Tabela 1. Constata-se para as estimativas do coeficiente de variação genotípica (CVg) valores variando de moderado a alto (10,86 a 66,29). Esse resultado representa em percentagem a quantidade de variação genética existente, além de expressar um indicativo de que a população a ser melhorada geneticamente poderá possibilitar progressos genéticos, levando em consideração para tanto a realização de procedimentos de seleção apropriados.

A maior variação genética foi observada para a característica estatura da planta (66,29%), seguida pelo número de ramificações secundárias (22,84%), evidenciando que dentre os caracteres avaliados, esses demonstraram maior variabilidade, representado a possibilidade de obtenção de ganho por seleção. Os valores obtidos neste estudo estão próximos aos encontrados em estudos com progênies de pinhão-manso (LAVIOLA et al., 2014) e apresentam-se superiores aos observados por Juhász et al. (2010) e Oliveira et al. (2013), em estudos envolvendo os referidos caracteres com acessos de *Jatropha curcas* e mamoneira respectivamente. Juhász et al. (2010) afirmam que as estimativas obtidas para coeficiente de variação genética, expressam a magnitude da variação genética em relação à média para as características avaliadas, em função da população analisada. Esses autores observaram assim como neste estudo, que a característica número de ramificações foi uma das mais variáveis geneticamente, com CVg de 16%.

Tabela 1. Estimativa de parâmetros genéticos para caracteres de crescimento de *Jatropha curcas*, Cruz das Almas – BA, 2015.

Parâmetros*	NRP	NRS	EST	DC
Vg	0,14	1,73	5,44	1,44
Vbloc	0,01	1,46	5,96	3,22
Ve	1,21	7,91	24,54	33,84
Vf	1,37	11,11	35,95	38,52
h ² g	0,10	0,15	0,15	0,03
Acclon	0,57	0,68	0,38	0,68
CVg%	10,86	22,84	66,29	15,78
CVe%	10,86	10,69	195,60	15,78
CPe%	29,35	11,42	201,55	38,14
CVr	1,00	2,13	0,33	1,00

*Caracteres de crescimento: Número de ramificações primárias (NRP); número de ramificações secundárias (NRS), estatura da planta (EST); diâmetro do caule (DC); (V_e): variância residual, (V_f): variância fenotípica individual, (h_g^2): herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, (Acclon): acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa, (CVg%): coeficiente de variação genotípica, (CVe%): coeficiente de variação residual, (CVr) coeficiente de variação relativa, (PEV): variância do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo sobrevivência completa, (SEP): desvio padrão do valor genotípico predito.

A relação CVg/CVe, determina o coeficiente de variação relativa (CVr) e representa um parâmetro de grande importância na realização de inferências sobre as possibilidades de sucesso no melhoramento da população avaliada. Com exceção da EST (0,33), todos os caracteres apresentaram valores satisfatórios, NRP (1,00), NRS (2,13) e DC (1,00) para CVr.

Vencovsky (1987) sugere que quanto mais próxima de 1 for a relação CVg/CVe, melhor para o melhoramento do caráter. Estudiosos afirmam ainda, que valores próximos de 1 implicam em maiores chances de ganhos com a aplicação de seleção em progênies, sendo indicativo de que o caráter pode ser trabalhado facilmente no melhoramento (RIBEIRO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013).

Para Faleiro et al. (2004) a obtenção de uma idéia real sobre a situação que se encontram as características avaliadas em um experimento visando ao melhoramento, esta associada aos valores de CVr, o qual deve ser maior que a unidade, indicando presença de ampla variabilidade. Os valores obtidos para CVr neste estudo variaram, sendo superior à unidade para a característica número de ramificações secundárias (NRS). O valor obtido para este índice sugere que a situação é favorável à seleção desta (NRS) e de outras características (NRP e DC) avaliadas e que esses caracteres podem ser facilmente trabalhados no melhoramento.

Segundo Resende e Duarte (2007), valores de CVr iguais a 1,0, como encontrados para NRP e DC são adequados por propiciar inferências com precisões altas, indicando possibilidade de sucesso com a seleção.

De maneira geral, os valores obtidos para CVe% foram baixos, sendo estes com variação de 10,86(NRP), 10,69(NRS), 15,78 (DC) a 195,60(EST), mantendo-se em níveis aceitáveis para a experimentação de campo em sua maioria, exceto

para o carácter EST(195,60). Esse fato torna possível admitir para a maior parte dos caracteres estudados, existência de boa precisão na obtenção e análise dos dados. O alto valor encontrado para esta última característica (EST), indica menor precisão experimental.

Os resultados obtidos para a acurácia seletiva (Acclon), foram moderados para NRP, NRS e DC (0,57,0,68 e 0,68) respectivamente e baixo para EST(0,38). De acordo com Resende e Duarte (2007), a acurácia pode ser classificada como muito alta ($\check{r}gg \geq 0,90$), alta ($0,70 \leq \check{r}gg < 0,90$), moderada ($0,50 \leq \check{r}gg < 0,70$) e baixa ($\check{r}gg < 0,50$).

A acurácia seletiva refere-se à correlação entre os valores genéticos verdadeiros e os valores genéticos preditos, por meio de informações inerentes ao experimento (RESENDE, 2007).

Valores de acurácia moderados e próximos de 0,70 como encontrados neste estudo podem ser indicativos de inferências bem próximas da precisão quanto aos valores genéticos das famílias de meio-irmãos avaliadas. Neste sentido, trabalhos realizados por Resende (2001), evidenciam que os valores de acurácia podem ser aumentados por meio de uma experimentação mais adequada, mantendo-se o mesmo tamanho do experimento.

Com relação às estimativas da herdabilidade (h^2_g), estas foram consideradas baixas para todos os caracteres avaliados, variando de 0,03 a 0,15 para estatura da planta (EST) e número de ramificações secundárias (NRS) respectivamente. A predominância do componente ambiental em relação ao componente genético observada para os caracteres avaliados neste estudo sugerem forte influência de fatores ambientais como temperatura e pluviosidade, na expressão destes caracteres. Resultados semelhantes foram obtidos em estudos realizados com pinhão-manso por Ghosh et al. (2011) e Borges et al. (2014).

Resultados de baixa magnitude para este índice foram também obtidos por Petek et al. (2008). Resultados diferentes dos observados neste trabalho, foram obtidos em estudos já realizados com pinhão-manso, com valores de, 68,9% (LAVIOLA et al., 2011), assim como 87,1% (PARTHIBAN et al., 2011); e 85,50% (SANTANA et al., 2013) para herdabilidade.

Vale salientar, que a herdabilidade é considerada uma propriedade que envolve não somente um carácter, mas toda a população em estudo, bem como as circunstâncias de ambiente às quais os indivíduos estão sujeitos, podendo o seu

valor ser afetado, se houver alteração em qualquer um dos componentes das variâncias genéticas e fenotípicas FALCONER (1987).

Esses resultados ressaltam a importância de trabalhos iniciais envolvendo estimativas de parâmetros genéticos para nortear programas de melhoramento, considerando que auxiliam no processo seletivo e na estruturação de populações (MAIA et al., 2009; ROSADO et al., 2010).

.Na tabela 2 estão dispostos a ordem, o valor genotípico e a nova média das famílias de meio-irmãos de pinhão-manso para as características de crescimento estudadas. As famílias UFRB-PM 1 e UFRB-PM 13 foram as que mais se destacaram para os caracteres NRS e EST respectivamente, estando essas famílias classificadas em primeira e segunda ordem para ambas as características. Resultados como estes, tornam as referidas famílias promissoras.

O ranqueamento das famílias de meio-irmãos mostra-se coerente ao ordenar as famílias com base nas características de crescimento avaliadas, fato que permite sugerir o mesmo, como uma estratégia adequada a ser empregada na seleção de genótipos superiores e indicação de famílias ou progênies com valores satisfatórios para caracteres desejados.

Além da UFRB-PM 13, obteve destaque também em segunda classificação, a família UFRB-PM 14, com superioridade para as características DC e NRP. Destaca-se em terceira ordem de classificação a família UFRB-PM 9, com superioridade para as características NRP e EST.

Os valores genéticos aditivos ($\mu+a$) para as características NRS e EST da família UFRB-PM 1 foram de 15,00, 14,45 respectivamente (Tabela 2). Assim, em uma reprodução via sementes dos indivíduos UFRB-PM 1, metade dos valores genéticos aditivos de NRS e EST serão possivelmente transmitidos para a sua descendência. Indivíduos das famílias UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 9 apresentaram depois dos indivíduos da família UFRB-PM 1, os maiores valores genéticos em relação às características NRS, EST, DC e NRP (Tabela 2), indicando possibilidade de transmissão de metade dos valores obtidos, via reprodução desses indivíduos.

Em estudos que envolvam processo de seleção, embora seja mais fácil sua aplicação para uma única característica principal, é de grande importância levar sempre em consideração a obtenção de genótipos com superioridade satisfatória para várias características. Assim, deve ser ponderado na busca de seleção não

só a estrutura genética dos genótipos a serem avaliados, como também a eficiência dos métodos de seleção a serem aplicados, que por sua vez dependerão do objetivo do programa de melhoramento genético (PINTO, 2010). Tendo em vista que esse trabalho representa uma etapa para identificação ou seleção de possíveis clones promissores de pinhão-manso com superioridade para os caracteres avaliados, o ranqueamento foi utilizado para ajudar a selecionar tais materiais.

Ao considerar a seleção de genótipos superiores entre as vinte famílias de meio-irmãos de pinhão-manso avaliadas, mereceram destaque quatro genótipos superiores para mais de uma característica, sendo eles UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 9.

Pela metodologia REML/BLUP é possível prever ou estimar valores genéticos importantes para estudos desenvolvidos por pesquisadores de melhoramento e áreas afins. Neste trabalho, foram obtidos valores de melhores classificações para os indivíduos das famílias de meio-irmãos de pinhão-manso estudadas. Avaliações posteriores, em idades mais avançadas poderão confirmar o desempenho dos materiais estudados para efeito de seleção e eficiência do melhoramento.

A estimação e predição dos valores genéticos obtidas neste estudo são consideradas relevantes para atender um dos principais propósitos do presente trabalho, sendo este, identificar indivíduos para propagá-los vegetativamente em ensaio clonal, de forma a permitir que os efeitos genéticos aditivos sejam capitalizados para novas mudas que forem provenientes de propagação assexuada.

Tabela 2. Ordenamento (Ord), famílias (Fam), μ = média geral, valor genético aditivo ($\mu +a$), nova média de quatro características de crescimento¹ de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), Cruz das Almas - BA, 2015.

Fam	NRP			NRS			EST			DC		
	Ord	u+a	Nova média	Ord	u+a	Nova média	Ord	u+a	Nova média	Ord	u+a	Nova média
UFRB-PM1	8	0,04	3,56	1	2,69	15,01	1	13,26	14,46	11	5,43	10,27
UFRB-PM2	14	0,04	3,56	13	2,44	14,76	13	4,07	14,44	14	2,64	2,64
UFRB-PM3	9	0,04	3,56	11	1,49	13,81	9	-2,53	11,84	1	2,25	2,25
UFRB-PM4	15	0,03	3,55	9	1,48	13,79	11	0,77	9,95	7	1,54	1,54
UFRB-PM5	17	0,02	3,54	2	0,32	12,64	2	-4,71	5,26	13	1,20	1,20
UFRB-PM6	1	0,02	3,54	7	0,24	12,56	18	-7,74	4,81	9	1,08	1,08
UFRB-PM7	11	0,00	3,53	14	0,18	12,50	4	-1,80	1,96	17	0,92	0,92
UFRB-PM8	3	0,00	3,52	5	-0,08	12,24	20	-8,34	0,73	2	0,86	0,86
UFRB-PM9	2	0,00	3,52	4	-0,10	12,22	14	10,65	0,31	18	0,26	0,26
UFRB-PM10	4	0,00	3,52	18	-0,33	11,99	12	-2,62	-0,59	6	0,04	0,04
UFRB-PM11	6	0,00	3,52	15	-0,37	11,95	7	8,76	-0,60	4	-0,19	-0,19
UFRB-PM12	10	0,00	3,52	3	-0,38	11,94	3	-1,78	-1,34	12	-0,53	-0,53
UFRB-PM13	13	-0,01	3,51	12	-0,53	11,79	10	13,25	-1,43	20	-0,79	-0,79
UFRB-PM14	16	-0,01	3,51	10	-0,55	11,77	19	-0,88	-2,39	3	-0,88	-0,88
UFRB-PM15	20	-0,01	3,51	20	-0,67	11,65	17	-7,75	-3,40	10	-1,44	-1,44
UFRB-PM16	12	-0,02	3,50	8	-0,77	11,55	5	-7,57	-3,52	15	-1,68	-1,68
UFRB-PM17	7	-0,02	3,50	6	-1,15	11,17	16	-4,59	-6,37	5	-2,16	-2,16
UFRB-PM18	5	-0,03	3,49	17	-1,18	11,14	15	3,62	-6,55	16	-2,37	-2,37
UFRB-PM19	19	-0,04	3,48	19	-1,18	11,13	14	-3,59	-6,56	8	-2,49	-2,49
UFRBPR-20	4	-0,05	3,48	16	-1,56	10,76	8	-0,46	-7,15	19	-3,50	-3,50

¹Número de ramificações primárias (NRP), número de ramificações secundárias (NRS), estatura da planta (EST), diâmetro do caule (DC)

CONCLUSÕES

O procedimento REML/BLUP apresenta-se eficiente na classificação e no ordenamento dos genótipos, possibilitando identificação de indivíduos para serem propagados vegetativamente em ensaio clonal.

Indivíduos das famílias UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 9 são os melhores classificados, podendo ser indicados para compor ensaios clonais, via propagação vegetativa, em programa de melhoramento da espécie.

O caráter número de ramificações secundárias apresenta-se como o mais apropriado para aplicação de seleção, devido à maior herdabilidade e acurácia seletiva. Contudo, esses resultados devem ser complementados com métodos mais robustos ou mesmo seleção assistida por marcadores moleculares.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro e incentivo a realização desta pesquisa. À CAPES pela concessão de Bolsa de Pós-graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHERING, L.L.; LAVIOLA, B.G.; SALGADO, C.C.; SANCHEZ, C.F.B.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A. Genetic gains in physic nut using selection indexes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.402-408, 2012.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: Ed. da UFV, 480p. 2004.

BORGES, C.V. **Capacidade produtiva e progresso genético de procedências de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em Porto Velho-RO**. 61p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S.; OLIVEIRA, L. C. S.; ARRUDA, E. J.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.74-75, 2005.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; GONÇALVES, O. S.; CHICHORRO, J. F.; ROA, R. A. R. Variabilidade genética e seleção para caracteres de crescimento da seringueira. **Bragantia**, v. 67: p. 299-305, 2008.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 480p. 2004.

DURÃES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; ALVES, A.A. Potential and challenges in making physic nut (*Jatropha curcas* L.) a viable biofuel crop: the Brazilian perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.6, p.1-8, 2011.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 279p, 1987.

FALEIRO, F.G.; RAGAGNIN, ANTONIO, V.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. Use of molecular markers to accelerate the breeding of common bean lines resistant rust and anthracnose. **Euphytica**, v.138 p. 213-218, 2004.

FREITAS, R.G.; MISSIO, R.F.; MATOS, F.S.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Genetic evaluation of *Jatropha curcas*: an important oilseed for biodiesel production. **Genetics and Molecular Research**, v.10, p.1490-1498, 2011.

GARCIA, C.H.; NOGUEIRA, M.C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n.68, p107-112, 2005.

GHOSH, A.; CHIKARA, J.; CHAUDARY D.R. Diminution of economic yield as affected by pruning and chemical manipulation of *Jatropha curcas* L. **Biomass and Bioenergy**, v.35, p.1021-1029, 2011.

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

GOUVEIA, EJ; ROCHA, RB; LAVIOLA, BG; RAMALHO, AR; FERREIRA, MGR; DIAS, LAS. Aumento da produção de grãos de pinhão-mansão pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1541-1545, 2012.

JUHÁSZ, A.C.P.; MORAIS, D.L.B.; SOARES, B.O.; PIMENTA, S.; RABELLO, H.O.; RESENDE, M.D.V.de. Parâmetros genéticos e ganho de seleção para populações de pinhão-mansão (*Jatropha curcas*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, p.25-35, 2010.

LAVIOLA, B. G. Nutrição mineral e adubação do pinhão-mansão. In: I CIRCUITO NACIONAL DE DIAS DE CAMPO DE PINHÃO-MANSO, maio, Janaúba, MG. **Anais: ABPPM**, 2009b. CD-ROM, 2009.

LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L.; MENDONÇA, S.; ROSADO, T.B.; ALBRECHT, J.C. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão-mansão na fase jovem. **Bioscience Journal**, v.27, p.371-379, 2011.

LAVIOLA, B.G.; SILVA, S.D.A.; JUHÁZ, R.B.R.; OLIVEIRA, R.J.P.; ALBERTCHT, A.A.A.; ROSADO, T.B. Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-mansão em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 356-363p. 2014.

MAIA, M.C.C.; RESENDE, M.D.V. de; PAIVA, J.R. de; CAVALCANTE, J.J.V.; BARROS, L. de M. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípica em clones de cajueiro via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.43-50, 2009.

MISSIO, R.F.; SILVA, A.M.; DIAS, L.A.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. de Estimative of genetic parameters and prediction of additive genetic value in pinus Kesyá progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5., p. 394-401. 2005.

OLIVEIRA, V.D.; RABBANI, A. R. C., SILVA, A. V. C., LÉDO, A. S. Genetic variability in physic nuts cultivated in Northeastern Brazil, **Ciência Rural**, v.43, p.978-984, 2013.

PARTHIBAN,K.T.; KIRUBASHANKKAR,R.;PARAMATHMA, M.; SUBBULAKSHMI, V.; THIYAGARAJAN, P.; VENNILA, S.; SUJATHA, M.; DURAIRASU, P. Genetic association studies among growth attributes of jatropha hybrid genetic resources. **International Journal of Plant Breeding and Genetics**, v.5, 159-167, 2011.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; SOUZA, C. DA S.; SOUZA, C. M. M.; FERNANDES, L. DOS S. Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.45, n.7, p.709-714, 2010.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. **Bragantia**, v. 67, n.1, p. 133-140, 2008.

PINTO, F.O. **Melhoramento populacional do mamoeiro: retrocruzamento assistido e obtenção de genótipos tolerantes à mancha fisiológica**. Tese. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 130p. 2010.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, v. 60, p. 185-193, 2001.

RESENDE, M.D.V. de; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.

RESENDE, M.D.V. de; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, v.17, p. 89-107, 1999.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p., 2002.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p., 2007.

RIBEIRO, E. H.; PEREIRA, M. G.; COELHO, K. de S.; FREITAS JÚNIOR, S. de P. Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de linhagens endogâmicas recombinantes de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**. Viçosa, v.56, n.5, p. 580-590, 2009.

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 *Jatropha curcas* L. in Brazil. **Crop Science**, p. 2372-2382, 2010.

SANTANA, U. A.; CARVALHO, J. L. S.; BLANK, A. F.; MANN, R. S., Capacidade combinatória e parâmetros genéticos de genótipos de pinhão-manso quanto a caracteres morfoagronômicos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1449-1456, 2013.

VENCOVSKY, R. Herança Quantitativa. In: **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 2 ed., p.137-210, 1987.

CAPÍTULO 3

DESEMPENHO E REPETIBILIDADE DE COMPONENTES DE PRODUÇÃO DA PLANTA NO RENDIMENTO DE PROGÊNIES DE PINHÃO-MANSO NO RECÔNCAVO BAIANO

Desempenho e repetibilidade de componentes de produção da planta no rendimento de progênies de pinhão-manso no Recôncavo baiano

Autora: Dyane Coelho Queiroz

Orientadora: Prof^a. Dr^a Simone Alves Silva

Coorientador: Prof^o. Dr. Deoclides Ricardo de Souza

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e repetibilidade no rendimento de componentes de produção da planta em progênies de pinhão-manso no Recôncavo baiano. As progênies foram estabelecidas em condições de campo, na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA, sob plantio direto, com delineamento em blocos casualizados. Foram testados vinte tratamentos (progênies de meio-irmãos), quatro repetições e dez plantas por linha simples, no espaçamento de 5 m x 3 m. A caracterização dos componentes de produção da planta foi realizada no período de cultivo de janeiro de 2011 a dezembro de 2012, em dois anos agrícolas. Foram avaliados os caracteres de produção: número de cachos de frutos por planta (NCFR), número de frutos por planta (NF), número de sementes por planta (NS), peso de frutos por planta (PF), peso de sementes por planta (PS) e teor de óleo na semente (TO). Os coeficientes de repetibilidade e o número de medições necessárias para prever o valor real dos componentes de produção foram estimados, empregando diferentes métodos como: modelo da análise de variância (ANOVA), componentes principais com base na matriz de correlações (CPCOR) e de covariâncias (CPCOV), e análise estrutural com base na matriz de correlações (AECOR). Resultados obtidos revelam que as condições de Tabuleiros Costeiros foram inadequadas para o grupo de genótipos de pinhão-manso avaliados, indicando baixo potencial produtivo para viabilizar a produção desta espécie na região do recôncavo Baiano. Os altos valores de coeficiente de repetibilidade obtidos indicam a possibilidade de prever o valor genético real dos indivíduos com até três avaliações, considerando o R^2 de 90% para a seleção e ganhos genéticos.

Palavras-chave: *Jatropha curcas*, produtividade, oleaginosa

**Performance and repeatability of yield components plant in
jatropha progenies in the Bahia Reconcavo**

Author: Dyane Coelho Queiroz

Adviser: Simone Alves Silva

Co-adviser: Deoclides Ricardo de Souza

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the performance and repeatability of yield components in physic nut progenies in the Bahia reconcavo. The progenies of half-sibs of physic nut were established under field conditions, the experimental field of Federal University of Bahia Reconcavo, Cruz das Almas, Bahia, under no-tillage, with design in blocks. Were tested twenty treatments (half-sibs progenies), four replications and ten plants per single line, spaced 5 x 3 m. The characterization of the plant production components was carried out in cultivation period January 2011 to December 2012, agricultural two years. We evaluated yield traits: number of bunches per plant (NCFR), number of fruits per plant (NF) number of seeds per plant (NS), fruit weight per plant (PF), seed weight per plant (PS) and oil content in the seed (TO). Repeatability coefficients and the number of measurements needed to predict the actual value of production components evaluated in *Jatropha curcas* genotypes were estimated using different methods such as ANOVA, CPCOR, CPCOV and AECOR. The results show that the conditions of the Coastal Plains were unsuitable for the group of genotypes evaluated jatropha, indicating low production potential to enable the production of this species in the Bahian reconcavo region. The high repeatability coefficient values, indicating the possibility of predicting the real genetic value of individuals with up to three evaluations, considering the R² of 90% in PCCOR method for the selection and genetic gains

Key-words: *Jatropha curcas*, productivity, oilseed.

INTRODUÇÃO

A espécie *Jatropha curcas* L., popularmente conhecida como pinhão-mansão, encontra-se distribuída em todo o território brasileiro, principalmente nas regiões tropicais e temperadas (DRUMMOND et al., 2010). É apontada como uma espécie que pode adaptar-se a distintas condições de temperatura e precipitação, estendendo-se desde o nordeste brasileiro até São Paulo e Paraná (SATURNINO et al., 2005).

O pinhão-mansão tem sido considerado como uma oleaginosa alternativa para a produção de biodiesel devido a algumas de suas potencialidades, sendo estas: rendimento de grãos, qualidade de óleo, cultivo perene (sem a necessidade de renovações anuais), espécie não alimentar, o que implica em ausência de concorrência direta com as espécies produtoras de alimento (DIAS et al., 2007).

Apesar de ser considerada uma planta com grande aptidão às diferentes condições edafoclimáticas, para a obtenção de elevada produtividade de frutos e de sementes, faz-se necessário suprir exigências como solos férteis e com boas condições físicas (CHAVES et al., 2009; SCHIAVO et al., 2010).

Para obtenção de um maior rendimento de grãos, faz-se importante ainda, solucionar questões, como a deficiência de pesquisas sobre o desempenho produtivo e de estudos básicos para escolha do genótipo (LAVIOLA et al., 2010). Em programas de melhoramento de plantas, o processo de escolha de um genótipo constituiu-se em etapa importante, onde o êxito no cumprimento desta etapa, está relacionado à realização de análises que envolvam a repetibilidade dos caracteres (CRUZ et al., 2004).

O coeficiente de repetibilidade possibilita uma avaliação sobre a seleção baseada em alguma característica fenotípica, ou seja, se a seleção será confiável e principalmente se os genótipos selecionados manterão sua superioridade indefinidamente. Esta análise propicia também a determinação do número de medições necessárias em cada indivíduo, para que haja eficiência na seleção fenotípica entre os genótipos, o que pode ocasionar redução de custos e de mão-de-obra em programas de melhoramento genético (CRUZ e REGAZZI, 2004).

Em virtude da importância da análise de repetibilidade para o melhoramento, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos, permitindo a obtenção de estimativas deste coeficiente em espécies perenes como pinhão-manso (LAVIOLA et al., 2012) e outras espécies (SILVA et al., 2009; SOUZA SOBRINHO et al., 2010).

Apesar da escassez de estudos desenvolvidos com os componentes de produção do pinhão-manso (FRANCIS et al., 2005; JONGSCHAAP et al., 2007; SPINELLI et al., 2010; OLIVEIRA, 2013), acredita-se que a espécie tenha potencial para alcançar produtividades elevadas. Estudos recentes demonstram que a ocorrência de aumento da produtividade de grãos desta oleaginosa depende da identificação de plantas superiores, com maior produção de frutos (SPINELLI et al., 2014). Visando investigar questões genéticas e agrônomicas demandadas para melhorias no sistema de cultivo desta espécie, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho e repetibilidade no rendimento de componentes de produção da planta em progênies de pinhão-manso no Recôncavo baiano.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O trabalho foi desenvolvido utilizando 20 progênies de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). As progênies foram implantadas no dia 06 de maio de 2008, no campo experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia - NBIO, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - CCAAB da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Estas progênies foram obtidas a partir de plantas selecionadas visualmente e coletadas na Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) nas estações experimentais de Alagoinhas e Irará. A coleta desses genótipos foi baseada no levantamento de informações quanto às características de interesse agrônomico para o melhoramento da espécie, estando dentre estas maior número de ramificações, porte reduzido. As coordenadas geográficas da cidade de Cruz das Almas são 12°40'12" longitude oeste e 39°06'07" latitude sul, com altitude de 226 metros.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como quente e úmido Am e Aw, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.224 mm, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar de 80%. As progênies de meio-irmãos foram estabelecidas em condições de campo, sob plantio direto, com o delineamento em blocos ao acaso, com vinte tratamentos (progênies), quatro repetições e dez plantas por linha simples (parcela), no espaçamento de 5m x 3 m, sendo cinco metros entre fileira e três metros entre plantas. A adubação foi realizada de acordo com as recomendações de Laviola (2009), com a dosagem de 120 a 150 g planta⁻¹ ano⁻¹ de N, 40 a 60 g planta⁻¹ ano⁻¹ de P e 80 a 120 de g planta⁻¹ ano⁻¹ de K.

Avaliação dos componentes de produção da planta

A avaliação dos componentes de produção da planta foi realizada nos períodos de cultivo janeiro de 2011 a dezembro de 2012 (01/2011) aos 30 meses de cultivo, a segunda (06/2011) aos 36 meses de cultivo, a terceira avaliação (01/2012) aos 42 meses de cultivo e a quarta (06/12) realizada quando as plantas atingiram 48 meses de idade. Foram avaliados 705 genótipos por meio de mensurações dos seguintes componentes de produção: Número de cachos de frutos por planta (NCFR), número de frutos por planta (NF), número de sementes por planta (NS), peso dos frutos por planta (PF), peso das sementes por planta, foram realizadas por meio de contagens numéricas.

O teor de óleo foi estimado em sementes por meio do método químico Soxhlet e utilização do solvente hexano, de acordo com AOCS (1976).

Os frutos foram cobertos, quando maduros, com sacos de TNT até atingirem o último estágio de maturação, para que não sofressem perdas devido à sua deiscência. Em seguida, foram coletados e beneficiados de forma manual na fase seca, último estágio de maturação, e posteriormente foi feita a pesagem dos frutos e semente, com o auxílio de uma balança semi-analítica. A produtividade de grãos (em Kg ha⁻¹) foi obtida pela multiplicação do rendimento de grãos/planta (g) pelo número de plantas/ha.

A diferença no total de plantas que foram instaladas em campo (800 genótipos) em relação ao número de plantas avaliadas (705) está relacionada com as perdas por fatores ambientais (não controláveis), como por exemplo, a incidência de doenças na fase inicial do experimento. É possível citar dentre os insetos que atacaram as plantas de pinhão-manso, as formigas saúva (*Atta sexdens rubropilosa*), causando queda das folhas e anelamento das plantas e os cupins da família Rhinotermitidae que são responsáveis pela dessecação de raízes levando-as à morte. O percevejo (*Pachycoris* sp.), praga que suga os frutos imaturos, causando aborto prematuro ou então a má formação de sementes e a redução do peso dos frutos (DIAS et al., 2007) pode também ser citado como uma das causas de perdas não controláveis neste estudo.

Análises estatísticas

Os dados para avaliação do desempenho por meio dos componentes de produção da planta foram submetidos à análise de variância e os valores médios foram agrupados segundo o teste de Scott e Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

O teste de normalidade de Shapiro-Wilks foi realizado por meio do programa SAS (SAS INSTITUTE Inc., 2006). O cálculo do diagnóstico de multicolinearidade foi calculado pelo programa GENES (CRUZ, 2006), procedendo-se no mesmo programa a análise de correlação linear de Spearman.

A população foi submetida a 30% de pressão de seleção sob o desempenho dos componentes de produção da planta. Os genótipos foram selecionados utilizando-se a técnica de índice de soma de classificação de Mulamba e Mock (1978), considerando todos os caracteres de produção da planta por serem estes, de grande interesse para a seleção. Foram avaliados: número de cachos de frutos por planta (NCFR), número de frutos por planta (NF), número de sementes por planta (NS), peso dos frutos por planta (PF) e peso das sementes por planta (PS).

As análises de repetibilidade foram realizadas com base em quatro épocas distintas de avaliação. As referidas épocas compreendem o período de cultivo de janeiro de 2011 a dezembro de 2012, sendo a primeira (01/2011) aos 30 meses, a

segunda (06/2011) aos 36 meses, a terceira avaliação (01/2012) aos 42 meses e a quarta (06/12) realizada quando as plantas atingiram 48 meses de idade.

Os coeficientes de repetibilidade foram estimados com base em quatro métodos distintos, descritos por Cruz e Regazzi (2001): modelo da análise de variância (ANOVA), utilizando o modelo com dois fatores de variação (genótipos e ciclo de avaliação), componentes principais com base na matriz de correlações (CPCOR) e de covariâncias (CPCOV), e análise estrutural com base na matriz de correlações (AECOR).

No método da ANOVA, o coeficiente de repetibilidade foi estimado de acordo com o “Modelo b”, descrito por Cruz e Regazzi (2001) em que:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} : observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente (ciclo);

μ : é a média geral;

g_i : é o efeito aleatório do i-ésimo genótipo sob influência do ambiente permanente;

a_j : efeito fixo do ambiente temporário na j-ésima medição;

ε_{ij} : erro experimental estabelecido pelos efeitos temporários do ambiente na j-ésima medição do i-ésimo genótipo.

Foram obtidas, a partir do coeficiente de repetibilidade (r) as estimativas do número de avaliações necessárias para predizer o valor real dos genótipos, com base em coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos (entre 0,80 e 0,99), que foi calculado pela expressão $\eta = R^2 (1 - r) / (1 - R^2) r$.

Conforme o método descrito por Cruz e Regazzi (2001), o coeficiente de determinação genotípica (R^2), que representa a porcentagem de certeza da predição do valor real dos indivíduos selecionados com base nas medições ($\eta = 4$) foi obtido pela equação:

$$R^2 = \frac{\eta r}{1 + r(\eta - 1)} \quad (4)$$

As análises de repetibilidade foram realizadas no Aplicativo Computacional em Genética e Estatística - GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) indicam efeito significativo para número de frutos (NF) e peso de frutos (PF). Para produtividade, peso de sementes por planta, número de sementes por planta e número de frutos por planta não se verificou diferença significativa, demonstrando a existência de progênies de meio-irmãos de pinhão-manso com desempenho similar ao longo do período de cultivo estudado (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância dos componentes de produção, número de cachos de fruto (NCFR), número de frutos (NF; g.planta⁻¹), número de semente (NS; g.planta⁻¹), peso do fruto (PF; g.planta⁻¹), peso de sementes (PS; g.planta⁻¹), produtividade de sementes (PROD; g.planta⁻¹) com base em quatro épocas de cultivo, entre progênies de meio-irmãos de *Jatropha curcas* L., Cruz das Almas – BA, janeiro de 2015.

Causa da variação	G.L	Q.M.					
		NCFR	NF	NS	PF	OS	PROD
Blocos	3	4,125**	164,410*	731,434 ^{NS}	342,943*	381,000*	1,68E+08*
Família	19	2,087 ^{NS}	29,701**	63,465 ^{NS}	105,511*	49,499 ^{NS}	2,16E+07 ^{NS}
Resíduo	57	1,223	16,496	55,231	63,882	36,759	1,64E+07
Total	79						
C.V.		28,40%	35,21%	39,27%	37,60%	39,49%	38,08%

^{NS} não significativo **e * significativo a 1 e 5 %, respectivamente pelo teste F.

Os coeficientes de variação (28,40 a 39,49%) apresentaram valores compatíveis com os observados por Gouveia et al. (2012). Relatos feitos por esses autores, afirmam que por serem os componentes de produção da planta

em sua maioria caracteres avaliados por meio contagem, estes possuem maiores valores de coeficiente de variação.

As médias dos caracteres NCFR, NF, NS, PF, PS e PROD, agrupadas pelo teste de Scott-Knott, com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2006), encontram-se na Tabela 2. Refletindo as significâncias mostradas na Tabela 1, somente houve a formação de mais de um grupo nas médias de NF e PF.

Vale salientar que foram formados dois grupos com as médias das progênies, sendo estes grupos compostos pelos mesmos genótipos para ambos os caracteres NF e PF. Grupo 1 (composto pelas progênies que demonstraram desempenho superior para NF e PF), sendo estas: UFRB-PM 11, UFRB-PM 13 e UFRB-PM 16 e Grupo 2 formado pelas progênies: UFRB-PM 1, UFRB-PM 2, UFRB-PM 3, UFRB-PM 4, UFRB-PM 5, UFRB-PM 6, UFRB-PM 7, UFRB-PM 8, UFRB-PM 9, UFRB-PM 10, UFRB-PM 12, UFRB-PM 14, UFRB-PM 15, UFRB-PM 17, UFRB-PM 18, UFRB-PM 19 e UFRB-PM 20 (Tabela 2).

Tabela 2. Médias dos componentes de produção, número de cachos de fruto (NCFR), número de frutos por planta (NF), número de sementes por planta (NS), peso do fruto por planta (PF), peso de sementes por planta (PS), produtividade (PROD) entre progênies de meio-irmãos de *Jatropha curcas* L., Cruz das Almas – BA, janeiro de 2015.

Progênie	NCFR	NF	NS	PF(g)	PS(g)	PROD (Kg ha ⁻¹)
UFRB-PM 1	1,90 a	4,21 b	6,96 a	7,75 b	6,01 a	4,0040 a
UFRB-PM 2	2,16 a	5,34 b	9,36 a	10,55 b	7,30 a	4,8588 a
UFRB-PM 3	1,59 a	4,30 b	6,21 a	7,69 b	4,60 a	3,0308 a
UFRB-PM 4	2,42 a	6,36 b	12,79 a	15,06 b	9,91 a	6,6134 a
UFRB-PM 5	3,02 a	6,52 b	12,53 a	12,73 b	9,20 a	6,1513 a
UFRB-PM 6	1,12 a	2,78 b	4,64 a	5,28 b	3,83 a	2,5085 a
UFRB-PM 7	2,50 a	5,33 b	9,79 a	10,55 b	7,21 a	4,8081 a
UFRB-PM 8	1,98 a	4,84 b	10,12 a	11,06 b	7,82 a	5,1678 a
UFRB-PM 9	1,81 a	4,31 b	8,34 a	9,66 b	6,50 a	4,3249 a

UFRB-PM 10	1,64 a	5,08 b	5,82 a	8,00 b	5,03 a	3,3024 a
UFRB-PM 11	4,27 a	11,49 a	19,03 a	24,08 a	16,40 a	10,9020 a
UFRB-PM 12	1,93 a	3,95 b	7,23 a	8,21 b	9,80 a	6,5044 a
UFRB-PM 13	3,31 a	12,81 a	17,32 a	23,68 a	15,92 a	10,0555 a
UFRB-PM 14	2,15 a	5,18 b	12,17 a	12,21 b	9,20 a	6,1144 a
UFRB-PM 15	1,74 a	4,18 b	8,27 a	8,86 b	6,30 a	4,9038 a
UFRB-PM 16	2,60 a	11,57 a	17,24 a	19,71 a	14,80 a	9,8386 a
UFRB-PM 17	1,63 a	4,74 b	8,64 a	9,88 b	7,10 a	4,7034 a
UFRB-PM 18	1,48 a	5,40 b	7,68 a	9,84 b	6,80 a	4,5313 a
UFRB-PM 19	2,18 a	5,25 b	8,56 a	9,96 b	7,50 a	4,9693 a
UFRB-PM 20	2,58 a	6,29 b	11,73 a	13,96 b	8,80 a	5,8895 a
Média	2,20	5,99	10,22	11,94	8,50	5,6841

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Apesar da população de pinhão-manso da UFRB instalada nas condições do recôncavo Baiano ser considerada em fase produtiva (quarto ano de cultivo), como ressaltam os estudos desenvolvidos por Martins et al. (2010), as plantas avaliadas neste estudo, demonstram que ainda não atingiram esta fenofase, indicando ainda, estarem estabilizando sua fase reprodutiva.

Laviola e colaboradores ao caracterizarem uma população de pinhão-manso aos 24, 36 e 48 meses, relatam que as variações nos componentes de produção e na produtividade dessa oleaginosa devem-se principalmente às diferenças nas condições edafoclimáticas dos seus plantios, os quais são estabelecidos em uma extensa faixa entre as latitudes de 30° N e 35° S.

Laviola et al. (2008) afirmam que o aumento da produtividade do pinhão-manso está na dependência do melhoramento associado ao desenvolvimento do sistema de produção desta espécie. Apesar de ser considerada como uma planta resistente às condições de seca, a produção do pinhão-manso é considerada melhor com o fornecimento de água via irrigação, além de apresentar exigência por boas condições físicas e químicas de solo (DIAS et al., 2007).

Com isso, faz-se importante chamar atenção para o fato de que a região do recôncavo Baiano abrange uma extensa área dos chamados tabuleiros costeiros, caracterizados pela presença de horizontes Coesos no solo.

A condição de compactação do solo observada neste estudo pode ser verificada na figura 2. Trincheiras foram abertas com 40 cm de profundidade, distando 40 cm do caule das plantas, na área experimental do campo de população de pinhão-manso (tais trincheiras foram escavadas com o máximo de cuidado para minimizar, pois é impossível evitar, o corte e perda de raízes). Depois de expostas, as raízes foram fotografadas retirou-se uma planta e como imaginado poucas raízes, conseqüentemente pouca absorção de água e nutrientes (Figura 2).



Figura 2. Crescimento das raízes de progênie de meio-irmãos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), em solos de Tabuleiros Costeiros no recôncavo Baiano, Cruz das Almas - BA, 2015.

De acordo com Rezende et al. (2002), no que tange às condições físicas do solo, a aeração e a resistência à penetração, são as principais causas de inibição do crescimento radicular, uma vez que as raízes não se desenvolvem quando submetidas a elevada resistência. Esses mesmos autores salientam que é justamente isso que ocorre no perfil dos solos Coesos dos Tabuleiros Costeiros, pois a elevada resistência à penetração desses solos leva a ocorrência de compactação natural (adensamento) que ocorre na subsuperfície, reduzindo a quantidade e o tamanho dos poros dos horizontes densos. Nessas condições, a

baixa aeração induz a proliferação de raízes no horizonte superficial do solo, levando as plantas a utilizarem as reservas de água, ar e nutrientes disponíveis apenas em um restrito volume de solo.

Assim, as limitações de natureza física (elevada resistência à penetração, deficiência de aeração e de disponibilidade de água) e química (acidez elevada e baixa disponibilidade de nutrientes), comuns nos principais solos do ecossistema Tabuleiros Costeiros, podem ser apontadas dentre as possíveis causas dos prejuízos no desempenho produtivo desta espécie neste estudo. Fato este, que torna o grupo de genótipos avaliados com baixo potencial produtivo para viabilizar a produção de pinhão-mansão, na região do recôncavo Baiano.

Tendo como base trabalhos de pesquisa envolvendo o desempenho de pinhão-mansão no Brasil e no mundo em diferentes condições de cultivo, os resultados obtidos neste estudo são indicativos de que a espécie não apresenta potencial produtivo nas condições do recôncavo Baiano.

Trabalhos desenvolvidos nos Tabuleiros Costeiros na Bahia, em pomares de citros no recôncavo Baiano, demonstraram baixo desempenho produtivo, com baixo número de frutos por planta, devido ao fato dos solos nesse ambiente apresentarem baixa qualidade e sérias limitações, tanto químicas quanto físicas à produção agrícola (MELO FILHO et al., 2007).

Estudos envolvendo componentes de produção desta oleaginosa têm demonstrado resultados diversos. Pesquisadores enfatizam que a produção de pinhão-mansão ao longo do tempo, está bastante relacionada com as condições de cultivo (LIMA et al., 2009; DRUMOND et al., 2010; SPINELLI et al., 2010; GOUVEIA et al., 2012). Drummond et al. (2010) trabalharam com a produção de pinhão-mansão na região do Semiárido pernambucano sob condição irrigada, justificando superioridade na produção devido a associação da referida condição com adubação. Foram obtidas produtividades de sementes entre 2853 e 3542 kg ha⁻¹, em plantas com 12 meses de idade. Porém esses mesmos autores enfatizam que em condições de sequeiro as pesquisas no Brasil, quanto à produtividade do pinhão-mansão, ainda são incipientes e preliminares.

No caso de Spinelli et al. (2010), em estudos desenvolvidos na região de Rondônia, observou-se que os componentes de produção dessa oleaginosa são

influenciados principalmente pelo desenvolvimento de copa das plantas associado ao menor ou maior espaçamento ente as mesmas.

Assim como observado para as progênies de meio-irmãos de pinhão-manso neste estudo, grupos de genótipos com baixo desempenho produtivo foram avaliados por Mishra (2009). Brittain e Litaladio (2010). De acordo com Laviola et al. (2010), grandes variações observadas no desempenho produtivo dessa oleaginosa deve-se principalmente às diferenças nas condições edafoclimáticas dos seus plantios, seja devido a limitações hídricas ou a ataques de pragas e doenças.

Os resultados aqui apresentados concordam ainda com os primeiros trabalhos realizados com pinhão-manso por Euler e Gorriz (2004), onde afirmaram que em condições de baixa precipitação pluviométrica, o pinhão-manso pode apresentar produtividades inferiores e muito menores do que 1000 kg. ha^{-1} .

Como estratégia para seleção de materiais mais produtivos que possibilitem ganhos em novos ciclos de seleção, realizou-se o estudo de associação ou correlação entre os componentes de produção das plantas avaliadas.

O teste de Shapiro-Wilks foi aplicado para averiguar a existência de normalidade entre os componentes de produção da planta, e para a maioria destes, os resultados foram significativos ($p < 0,01$), indicando que os dados não seguem distribuição normal. Em consequência disto, foi calculada a matriz de correlação de Spearman.

A realização do diagnóstico de multicolinearidade revelou existência de multicolinearidade em níveis moderado a forte entre os componentes de produção da planta, com número de condições de 544,5, conforme o critério de Montgomery e Peck (1981). O grau de multicolinearidade da matriz $X'X$ foi estabelecido com base no seu número de condição (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz (Montgomery e Peck, 1981). Se $NC < 100$, a multicolinearidade é considerada como fraca e não constituiu problema sério na análise. Se $100 \geq NC < 1.000$, a multicolinearidade é considerada de moderada a forte, e $NC \geq 1.000$ é um indicativo de multicolinearidade severa. A análise de correlação de Spearman faz-se de grande importância por possibilitar a identificação do nível de dependência linear existente entre os caracteres,

detectando aqueles que contribuíram para o aparecimento da multicolinearidade (BELSLEY et al., 1980).

Por meio do resultado da correlação de Spearman (TABELA 3), foi possível observar a existência de correlações entre os componentes de produção da planta avaliados em genótipos de pinhão-manso. Observa-se que dos 21 pares de correlações genótípicas, 71,42% foram significativas pelo teste t, e em 19,52% dos casos as correlações foram negativas, 80,95% positivas e 66,66% foram superiores a 0,60 com valores variando de 0,79 a 0,98, indicando alto grau de associação.

Tabela 3. Correlação genética de Spearman entre os NCFR = Número de cacho de frutos; NF = Número de frutos; PF = Peso do fruto (g); NS = Número de sementes NS; PS = Peso das sementes, PROD= Produtividade de sementes e TO = Teor de óleo na semente, Cruz das Almas - BA, 2015.

Caracteres	NF	NS	PF	OS	PROD	TO
NCFR	0,79**	0,88**	0,88**	0,85**	0,84**	-0,01 ^{ns}
NF	1	0,83**	0,89**	0,73**	0,67**	-0,02 ^{ns}
NS		1	0,98**	0,88**	0,87**	-0,08 ^{ns}
PF			1	0,89**	0,86**	-0,06 ^{ns}
PS				1	0,98**	0,10 ^{ns}
Prod					1	0,05 ^{ns}

** : Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t. NS: Não significativo

Apesar das correlações positivas entre a maioria dos componentes de produção planta, as correlações entre estes componentes de produção da planta e o teor de óleo não foram significativas (tabela 3).

Com base nos resultados obtidos por meio do estudo de correlação de Spearman, podem ser indicados para seleção visando melhorias na produção, os componentes de produção da planta NCFR, NF, PF e PS.

Resultados obtidos por Rao et al. (2008) demonstram valores de correlações em coerência com este estudo, com correlações positivas entre produtividade de grãos e componentes de produção de pinhão-manso aos 36 meses de cultivo. Por sua vez, resultados diferentes deste trabalho foram obtidos por Ginwal et al.

(2005), que observaram a ocorrência de correlações positivas e de alta magnitude entre peso das sementes e teor de óleo, assim como Rao et al. (2008) obtiveram valores significativos e positivos de correlação entre o peso de sementes e o teor de óleo.

O componente número de frutos e de sementes (NF e NS), assim como o peso de sementes e de frutos (PS e PF) apresentaram positivas correlações. Identificou-se que o caráter número de frutos (NF) possui correlações médias de 0,73 e 0,67 com o componente peso das sementes (PS) e produtividade (PROD) respectivamente. Além das correlações médias, foram verificadas ainda correlações altas e positivas entre os componentes de produção da planta. Sendo estas, de 0,98 em ambos os casos, entre NS e PF e entre PS e PROD. Entretanto, as correlações com o componente teor de óleo (TO) não foram significativas, sendo importante ressaltar que a não significância da correlação entre dois caracteres indica que os mesmos podem ser manipulados independentemente durante o processo de seleção, ou seja, ao se selecionar para um dos caracteres, o outro manterá sua média inalterada (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Apesar de os componentes de produção da planta que contribuíram para o aumento da multicolinearidade terem sido detectados, sendo estes NS e PS, o descarte dos mesmos não foi realizado, levando principalmente em consideração o objetivo desta análise neste estudo, o qual foi verificar a associação das características produtivas em pinhão-manso, não sendo foco nesta pesquisa a realização de outra análise que dependesse do referido descarte para obtenção de êxito no resultado. Contudo, providências poderão ser tomadas em estudos futuros, para contornar possíveis efeitos adversos da multicolinearidade observada, visando contribuir com o programa de melhoramento da espécie em questão.

O descarte não se justifica ainda, pela importância de manter todas as características em avaliações futuras do programa. Sendo precoce considerar as informações relacionadas aos componentes de produção NS e PS, como redundantes ou menos discriminantes. Assim, estas informações precisam ser utilizadas em experimentos futuros. As combinações lineares entre os

componentes deste estudo servirão como subsídio para o melhoramento da espécie.

Em trabalhos de melhoramento genético, é de suma importância a obtenção de conhecimento prévio das relações existentes entre os caracteres de importância agrônômica, possibilitando principalmente melhor orientação na seleção. Uma vez que dois caracteres se correlacionam favoravelmente, é possível obter ganhos para um, por meio da seleção indireta do outro caráter associado (CRUZ e REGAZZI, 2001). Isso é vantajoso, quando se tem um caráter de elevado valor econômico que possui baixa herdabilidade e/ou, difícil avaliação, quando comparado a outro caráter que está associado a ele.

Contudo, em situações em que um caráter se correlaciona negativamente com alguns e positivamente com outros, deve-se ter cuidado ao se selecionar o caráter em questão, para que mudanças indesejadas não sejam provocadas em outros.

A partir dos resultados obtidos, com base nos componentes de produção da planta, tendo em vista principalmente que a seleção destes, poderá proporcionar ganhos em produção para a espécie, utilizou-se o índice de classificação de Mulamba e Mock (1978), possibilitando a identificação das progênes consideradas mais promissoras, candidatas a clones no programa de melhoramento desta espécie, resultando em 6 progênes de meio-irmãos com desempenho produtivo superior quanto aos componentes de produção, sendo elas: UFRB-PM 20, UFRB-PM 13, UFRB-PM 11, UFRB-PM5, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 8.

Mediante a seleção dos genótipos superiores, foi realizado o estudo de repetibilidade com base na média das progênes de meio-irmãos, com o intuito de definir o número de mensurações requeridas para seleção acurada das mesmas.

Na Tabela 4, visualiza-se a estimativa do coeficiente de repetibilidade em nível de médias dos genótipos, baseados em quatro períodos de avaliações.

Rezende (2002) classifica a estimativa do coeficiente de repetibilidade (r), como baixa ($r < 0,3$), média ($0,3 \leq r < 0,6$) e alta ($r \geq 0,6$). De modo geral, observou-se que todos os componentes de produção da planta apresentaram coeficiente de repetibilidade de alta magnitude ($r > 0,60$) independente do método aplicado. A

maioria dos caracteres obteve valores acima de 0,70. A exceção foi para os componentes PS (0,67) e PF (0,69), ambas pelo método ANOVA.

O componente de produção NF destacou-se com os maiores valores de r , indicando que a expressão dessa característica apresenta alta regularidade entre os ciclos de avaliação.

Valores altos de repetibilidade como observados neste estudo indicam ser possível prever o valor real do indivíduo com base em um número relativamente pequeno de medições (CRUZ e REGAZZI, 2001). Trabalhos com base na eficiência da seleção de genótipos por meio de parâmetros relacionados à qualidade de grãos em pinhão-manso permitiram verificar repetibilidade média entre 0,59 e 0,70 (ROCHA et al., 2012). Por sua vez, Laviola et al. (2012), obtiveram valores de 0,63 a 0,98 para o mesmo coeficiente, com avaliação de pinhão-manso em dois anos de cultivo, evidenciando ocorrência de conformidade entre os resultados obtidos no presente estudo e outros resultados de pesquisas com pinhão-manso.

Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhos com pinhão-manso realizados também em condições do Recôncavo baiano por Oliveira (2013), que obteve valores de coeficiente de repetibilidade acima de 0,80 para a maioria dos caracteres avaliados.

A partir das estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas pelos métodos utilizados para cada variável e do coeficiente de determinação, constatou-se que as estimativas obtidas pela ANOVA foram sempre menores do que aquelas obtidas pelos demais métodos.

Tabela 4. Estimativas do coeficiente de repetibilidade (r) e coeficiente de determinação (R^2) calculados, utilizando-se os métodos da análise de variância (ANOVA), Componentes Principais baseados na Matriz de Covariâncias (CPCOV) e de Correlações (CPCOR) e Análise Estrutural baseado na Matriz de Correlações (AECOR), avaliados durante quatro ciclos em 20 progênies de pinhão-manso. Cruz das Almas - BA, 2015.

MÉTODO	NCFR		NF		NS		PF		OS	
	R	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²	R	R ²
Anova	0,72	91,18	0,75	92,37	0,70	90,30	0,69	89,90	0,67	89,01
CP-covariância	0,77	93,19	0,76	92,80	0,75	92,38	0,75	92,42	0,75	92,19
CP-correlação	0,72	91,47	0,79	93,90	0,75	92,94	0,78	93,36	0,73	91,45
AE- correlação	0,71	91,04	0,79	93,66	0,76	92,80	0,78	93,24	0,72	91,03

* NCFR, número de cachos; NF, número de frutos; NS, número de sementes; PF, peso dos frutos e PS, peso das sementes.

O coeficiente de determinação (R^2) demonstra de forma geral, para todos os componentes de produção da planta avaliados, valor superior a 85% (Tabela 4), sendo considerado bom (CRUZ et al., 2004). Os valores obtidos para o coeficiente de determinação são importantes por representarem a certeza na predição do valor genético dos indivíduos. Esses resultados são semelhantes aos encontrados em estudos com outras espécies perenes como guaranazeiro (NASCIMENTO FILHO et al., 2009) e bacurizeiro (SILVA et al., 2009).

A maior eficiência observada pelos métodos dos componentes principais quando comparado ao ANOVA, está possivelmente associada à forma de incorporação do fator periodicidade por estes métodos, considerando que o método ANOVA não permite isolar o referido fator, sendo o mesmo incorporado, elevando o valor do erro experimental. Assim, a repetibilidade é subestimada (VASCONCELLOS et al., 1985). Dessa forma, o coeficiente de repetibilidade é tido como melhor estimado, pelo modelo dos componentes principais, pois este leva em consideração o comportamento cíclico do caráter (ABEYWARDENA, 1972).

Os resultados obtidos por meio do método AECOR, demonstram grande proximidade ou igualdade quando comparados aos resultados obtidos por meio do método de componentes principais para os componentes de produção da planta avaliados neste estudo. De acordo com Cruz et al. (2004), o método da análise estrutural (AECOR), proposto por Mansour et al. (1981), apresenta apenas diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais, logo as estimativas obtidas com os referidos métodos tendem a demonstrar valores próximos.

Na Tabela 5 é possível observar as estimativas do número de avaliações necessárias para prever o valor real das progênies de meio-irmãos quanto aos componentes de produção da planta (NFCR, NF, NS, PF e PS), a partir dos coeficientes de repetibilidade estimados com base nos métodos ANOVA, CPCOR, CPCOV e AECOR, considerando-se $R^2 = 80, 85, 90$ e 95% .

Considerando todos os caracteres e métodos, vê-se na Tabela 5 que o número de repetições necessárias para obter-se um $R^2=90\%$ variou de 2 a 4, sendo 3 o valor mais frequente. Para a obtenção de $R^2=95\%$, o η_0 variou de 4 a 9, sendo 5 e 6 os valores mais frequentes. Vê-se assim, que o aumento do número de repetições necessário para aumentar o R^2 de 90 para 95% não é compensador, evidenciando que o R^2 de 90% é o mais viável.

Estudos realizados por diferentes autores, utilizando coeficiente de determinação de 80% (CEDILLO et al., 2008); 85% (LAVIOLA et al., 2012) e 90% COSTA (2003) promoveram redução no número de avaliações, propiciando medidas mais rápidas com resultados precisos e confiáveis.

Os trabalhos citados e resultados obtidos neste estudo concordam ainda com relatos de Cruz e Regazzi (2001). Segundo esses autores, a redução do número de avaliação e medições promove economia de recursos e tempo, sem perda na precisão ou na confiabilidade dos resultados.

Tabela 05. Estimativas do número de medições (η_0), dos caracteres: número de cachos de frutos (NCFR); número de frutos (NF); número de sementes (NS); peso dos frutos (PF) e peso das sementes (PS) de 20 progênies de pinhão-manso, avaliados durante 4 ciclos. Cruz das Almas - BA, 2015.

MÉTODO*	R^2	NCFR	NF	NS	PF	OS
Anova	0,80	1,54 (1)	1,32 (1)	1,71 (2)	1,79 (2)	1,97 (2)
	0,85	2,19(2)	1,87 (2)	2,43 (2)	2,54 (2)	2,79 (3)
	0,90	3,48 (3)	2,97 (3)	3,86 (4)	4,04 (4)	4,44 (4)
	0,95	7,34 (7)	6,27 (6)	3,86 (4)	8,53 (8)	9,38 (9)
CP-correlação	0,80	1,16 (1)	1,24 (2)	1,32 (1)	1,31 (1)	1,35 (1)
	0,85	1,65 (2)	1,76 (2)	1,87 (2)	1,85 (2)	1,92 (2)
	0,90	2,62 (3)	2,79 (3)	2,97 (3)	2,95 (3)	3,05 (3)
	0,95	5,54 (5)	5,9 (6)	6,26 (6)	6,23 (6)	6,44 (6)

CP-covariância	0,80	1,49 (1)	1,03 (1)	1,21 (1)	1,13 (1)	1,49 (1)
	0,85	2,11 (2)	1,47 (1)	1,72 (2)	1,61 (2)	2,12 (2)
	0,90	3,35 (3)	2,33 (2)	2,73 (3)	2,56 (2)	3,36 (3)
	0,95	7,08 (7)	4,93 (5)	5,77 (5)	5,40 (5)	7,10 (7)
AE- correlação	0,80	1,57 (1)	1,08 (1)	1,24 (1)	1,16 (1)	1,57 (1)
	0,85	2,22 (2)	1,53(1)	1,76 (2)	1,64 (2)	2,23 (2)
	0,90	3,54 (3)	2,43 (2)	2,79 (3)	2,60 (3)	3,54 (3)
	0,95	7,47 (7)	5,14 (5)	5,9 (6)	5,50 (5)	7,49 (7)

* ANOVA: análise de variância; CPCOV e CPCOR: Componentes Principais baseados na Matriz de Covariâncias e de Correlações e AECOR: Análise Estrutural baseado na Matriz de Correlações. ⁽¹⁾ Número aproximado (número calculado).

Esses resultados permitem confirmar que as progênies de meio-irmãos selecionadas como promissoras quanto ao desempenho produtivo neste estudo, precisam permanecer sendo testados para que a seleção e ensaios clonais sejam realizados da forma mais acurada possível.

Cabe ressaltar a importância de se buscar continuamente por meio dos ciclos ou medições, informações detalhadas sobre a interação genótipos x ambientes ou sobre o desempenho individual dos genótipos frente às variações ambientais.

CONCLUSÕES

1. As condições de Tabuleiros Costeiros foram inadequadas para o grupo de genótipos de pinhão-manso avaliados, indicando baixo potencial produtivo para viabilizar a produção desta espécie na região do recôncavo Baiano.

2. Os componentes de produção da planta estudados apresentaram altos valores de coeficiente de repetibilidade, indicando a possibilidade de predizer o valor genético real dos indivíduos com até três avaliações, considerando o R^2 de 90% no método CPCOR, para a seleção e ganhos genéticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro e incentivo a realização desta pesquisa. e a CAPES pela concessão de Bolsa de Pós-graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

ACHTEN WMJ, VERCHOT L, FRANKEN YJ, MATHIJS E, SINGH VP, AERTS R, MUYS B. *Jatropha* bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 12, p. 1063-1084, 2008.

ACTHEN, W.M.J.; NIELSEN, L.R.; AERTS, R.; LENGKEEK, A.G.; KJAER, E.D.; TRABUCCO, A.; HANSEN, J.K.; MAES, W.H.; GRAUDAL, L.; AKINNIFESI, F.K.; MUYS, B. Towards domestication of *Jatropha curcas*. **Biofuels**, v.1, p.91-107, 2010.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491-499, 2009.

AOCS. **Official methods and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**. 3ed. *Champaign*, 1976.

BELSLEY, D. A.; KUH, E.; WELSCH, R. E. (1980) **Regression Diagnostics**. Wiley, New York.

BELTRÃO, N. E. de M.; SEVERINO L. S.; VELOSO, J. F.; JUNQUEIRA, N.; FIDELIS, M.; GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; ROSCOE, R.; GAZZONI, D.; DUARTE, J. de O.; DRUMOND, M. A.; ANJOS, J. B. dos. **Alerta sobre o plantio de pinhão-manso no Brasil**. Embrapa Algodão (Embrapa Algodão, Documentos, 155), p.15, 2006.

BORGES, C. V.; FERREIRA, F. M.; ROCHA, R.B.; SANTOS, A.R.S, dos.; LAVIOLA, B. G. Capacidade produtiva e progresso genético de pinhão-manso. **Ciência Rural**, v.44, n.1, p.64-70, 2014.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT (Documentos, 16), 1985. 364 p.

CARVALHO, B. C. L.; OLIVEIRA, E. A. S.; LEITE, V. M.; DOURADO, V. V. **Informações técnicas para o cultivo do pinhão-manso no Estado da Bahia**. Salvador: EBDA. 79p. 2009.

CEDILLO, D.S.O.; BARROS, W. S.; FERREIRA, F. M.; DIAS, L. A. S.; ROCHA, R. B.; CRUZ, C. D. Correlation and repeatability in progenies of African oil palm. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.197- 201, 2008.

CHAVES, L. H. G.; CUNHA, T. H. C. S.; BARROS JÚNIOR, G.; LACERDA, R. D. de; Dantas Júnior, E. E. Zinco e cobre em pinhão-manso. Crescimento inicial da cultura. **Revista Caatinga**, v.22, p.94-99, 2009.

CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA, R. N. C.; LOPES, M. T. G. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v.39, p.249-254, 2009.

COSTA, J.G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, v.33, 2003.

CRUZ C D; CARNEIRO P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa: UFV. 585p, 2003.

CRUZ, C. D. **Programa genes: Biometria**. Viçosa: UFV. 382p, 2006.

CRUZ, C.D REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa: UFV,. 480p, 2004.

CRUZ,C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 390p, 2001.

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, v.1. 40p., 2007.

DRUMOND MA, SANTOS CAF, OLIVEIRA VR, MARTINS JC, ANJOS JB, EVAGELISTA MRV. Agronomic performance of different genotypes of physic nut in the semi-arid zone of Pernambuco state. **Ciência Rural**, p. 44-47, 2010.

DURÃES, F. O. M.; LAVIOLA, B. G.; SUNDFELD, E.; MENDOÇA, S.; BRERING, L. L. Pesquisa, Desenvolvimento e inovação em pinhão-manso para produção de biocombustíveis. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, – (Documentos, ISSN 2177-4439; 001), 17 p., 2009.

EULER, H; GORRIZ, D. 2004. **Case Study “*Jatropha curcas*”**. Frankfurt, Alemanha, GFU/GTZ. 63.

FRANCIS, G.; EDINGER, R.; BECKER, K. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of jatropha plantations. **Natural Resources Forum**, v.29, p.12-24, 2005.

GINWAL H.S.; PHARTYAL S.S.; RAWAT P.S.; SRIVASTAVA R.L. Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* (L.), in Central India. **Silvae Genetica**, v.54, p.76-80, 2005.

GOUVEIA, EJ; ROCHA, RB; LAVIOLA, BG; RAMALHO, AR; FERREIRA, MGR; DIAS, LAS. Aumento da produção de grãos de pinhão-mansó pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1541-1545, 2012.

HORSCHUTZ, A. C. O, TEIXEIRA, M. B.; JOSÉ M. ALVES, SILVA, F.B., SILVA, N.F. Crescimento e produtividade do pinhão-mansó em função do espaçamento e irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, 2012.

JONGSCHAAP, R. E. E.; CORRÉ, W., BINDRABAN, P. S.; BRANDENBURG, W. A. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Wageningen. **Plant Research International**. 42 p, 2007.

KAUL, V. K., SUMITA, K., KOTHARI. Characterization of genetic diversity in *Jatropha curcas* L. germplasm using RAPD e ISSR markers, **Indian Journal of Biotechnology**, v.11., p. 54-61, 2012.

LAVIOLA, B. G. **Nutrição mineral e adubação do pinhão-mansó**. In: I CIRCUITO NACIONAL DE DIAS DE CAMPO DE PINHÃO-MANSÓ, maio, Janaúba, MG. Anais: ABPPM, 2009b. CD-ROM, 2009.

LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A.; GURGEL, F. L.; ROSADO, T. B.; ROCHA, R. B. ALBRECHT. Estimates of genetic parameters for physic nut traits based in the germplasm two years evaluation. **Ciência Rural**, v. 42, p. 429-435. 2012.

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. DOS S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansó. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1969-1975, 2008.

LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L.; MENDONCA, S.; ROSADO, T.B.; ALBRECHT, J.C. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão-mansó na fase jovem. **Bioscience Journal**, v.27, p.371-379, 2011.

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**, v.45, p.1117-1123, 2010.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O.; BELTRÃO, N.E.M.; ARRIEL, N. H. C. Crescimento e teor foliar de nutrientes em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em substratos contendo cinco materiais orgânicos e fertilizante mineral. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.13, p.29-36, 2009.

MANSOUR, H.; NORDHEIM E. V.; RULEDGE, J. J. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, p.151-156, 1981.

MARTINEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry*, Chicago, v. 96, p. 80-89, 2006.

MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; CAVASINI, R. Desenvolvimento inicial de mamona e pinhão-manso em solo submetido a diferentes corretivos e doses de fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.143- 150, 2010.

MELO, J. C.; STRAGEVITCH, L.; PACHECO FILHO, J. G. A.; BRANDER JR, W.; CAMPOS, R. J. A.; SCHULER, A. R. P. Avaliação preliminar do potencial do pinhão-manso para a produção de biodiesel. In: I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, p. 198-203, 2006.

MOHAPATRA, S. e PANDA, P.K. Genetic Variability on Growth, Phenological and Seed Characteristics of *Jatropha curcas* L. **Not Science Biology**, v.2, 127-132, 2010.

MOHAPATRA, S. e PANDA, P.K. Genetic variability on growth, phenological and seed characteristics of *Jatropha curcas* L. **Not Science Biology**, v.2, 127-132, 2010.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 504p, 1981.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-57, 1978.

NASCIMENTO FILHO, F. J; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CERNEIRO, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, 2009.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R.; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H. R. Crescimento do pinhão-mansão irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.551-558, 2009.

OLIVEIRA, M. M. **Caracterização agronômica em banco de germoplasma de pinhão-mansão no recôncavo baiano**. Dissertação 71p. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2013.

PREZOTTI, L.C. Fertilização do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, p.607-615, 2001.

RAO, G. R.; KORWAR, G. R.; SHANKER, A. K.; RAMAKRISHNA, Y. S. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. **Trees**, v. 22, p. 697-709, 2008.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p, 2002.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 359p. 2007.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, F. C. G.; MILITÃO, J. S. L. T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, p.44-50, 2012.

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 *Jatropha curcas* L. in Brazil. **Crop Science**, v.50, p.2372-2382, 2010.

SANTOS, CM; ENDRES, L; WANDERLEY FILHO, HCL; ROLIM, EV; FERREIRA, VM. Fenologia e crescimento do pinhão-manso cultivado na zona da mata do Estado de Alagoas, Brasil. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 3, p. 201-209, 2010.

SAS INSTITUTE. SAS Technical Report. **SAS/STAT software**: Changes and Enhancement, Release 9.1. 3, Cary NC: SAS Institute. 2006.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 26: p. 44-78, 2005.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUSA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.322-329, 2010.

SILVA, S.H.B. da; SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; FREITAS, E.V. de; FERREIRA, R.L.C. Uso de descritores morfológicos e

herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1451-1459, 2009.

SOUZA SOBRINHO, F. de; BORGES, V.; LÉDO, F.J. da; KOPP, M.M. Repetibilidade de características agronômicas e número de cortes necessários para seleção de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.579-584, 2010.

SPINELLI VM, ROCHA RB, RAMALHO AR, MARCOLAN AL, VIEIRA JR, FERNANDES CF, MILITÃO JSLT, DIAS LAS Primary and secondary yield components of the oil in physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Ciência Rural**, v. 40, p.1752-1758, 2010.

TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K. **Cultivo de pinhão-manso para produção de biodiesel**. Viçosa, MG, CPT, 220p., 2007.

VASCONCELLOS, M.E.C.; GONÇALVES, P. S., PAIVA, J. R. VALOIS, A. C. C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.433-437, 1985.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, a avaliação da divergência morfoagronômica e molecular permitiu a detecção de variabilidade entre as 20 progênies de meio-irmãos de pinhão-manso avaliadas. Comparando-se os agrupamentos formados pelo método Ward-MLM, percebe-se que cruzamentos diferentes podem ser sugeridos entre as progênies. Combinações entre os genótipos UFRB-PM 1 x UFRB-PM 13, assim como UFRB-PM 1 x UFRB-PM 19; UFRB-PM 1 x UFRB-PM 12; UFRB-PM 1 x UFRB-PM 8; UFRB-PM 9 x UFRB-PM 13; UFRB-PM 6 x UFRB-PM 13 e UFRB-PM 11 x UFRB-PM 13 podem ser indicadas em programas de melhoramento genético da espécie, devido à alta divergência genética entre os pares de progênies e percepção de destaque para atributos de interesses agrônômicos. Dentre as progênies que se destacam para caracteres de interesse, podem-se citar para inclusão nos ensaios clonais UFRB-PM 8, UFRB-PM 11 e UFRB-PM 13, devido a alta divergência e atributos desejáveis.

Na obtenção dos parâmetros genéticos foi possível observar que os indivíduos UFRB-PM 1, UFRB-PM 13, UFRB-PM 14 e UFRB-PM 9 foram os melhores classificados, podendo ser indicados para efeito de seleção em programa de melhoramento da espécie. O caráter número de ramificações secundárias apresenta-se como o mais apropriado para aplicação de seleção, devido à maior herdabilidade e acuraria seletiva, dando maior confiabilidade ao programa de melhoramento. A avaliação do desempenho produtivo permite demonstrar que as condições de Tabuleiros Costeiros foram inadequadas para o grupo de genótipos de pinhão-manso avaliados, indicando baixo potencial produtivo para viabilizar a produção desta espécie na região do recôncavo Baiano. Os componentes de produção da planta estudados apresentaram altos valores de coeficiente de repetibilidade, indicando a possibilidade de predizer o valor genético real dos indivíduos com até três avaliações, considerando o R^2 de 90% no método CPCOR, para a seleção e ganhos genéticos.