

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

**VARIABILIDADE GENÉTICA DO BANCO DE GERMOPLASMA DE  
MAMONEIRA DA UFRB POR MEIO DE DESCRITORES  
MORFOAGRONÔMICOS**

**ADIELLE RODRIGUES DA SILVA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
JANEIRO - 2016**

**VARIABILIDADE GENÉTICA DO BANCO DE GERMOPLASMA DE  
MAMONEIRA DA UFRB POR MEIO DE DESCRITORES  
MORFOAGRONÔMICOS**

**ADIELLE RODRIGUES DA SILVA**

Engenheira Agrônoma.

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2013.

Dissertação 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 Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva**

**Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laurenice Araújo dos Santos**


**Coorientador: Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza**


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA – 2016




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 DISSERTAÇÃO DE  
ADIELLE RODRIGUES DA SILVA

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

  
Membro Externo ao Programa: Prof. Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira  
Instituição: UFRB

  
Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Jorge Luiz Loyola Dantas  
Instituição: Embrapa Mandioca e Fruticultura

Homologada em     /     /     .

## DEDICATÓRIA

Dedico a todas as pessoas que contribuíram com a realização do presente trabalho e torceram para que eu pudesse concluir o mestrado. De modo especial, a minha “pré-orientadora” Audileia, a qual sou muito grata pela força, apoio e lição de vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por sempre está presente em minha vida.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia por possibilitar a realização do Mestrado.

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

À Petrobrás Biocombustível e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) pelo financiamento do projeto.

A professora Simone Alves Silva, pelos ensinamentos, confiança e orientação no desenvolvimento do trabalho.

Aos coorientadores, Laurenice Araújo dos Santos e Deoclides Ricardo de Sousa, pelas orientações e ajuda na condução do experimento.

À estagiária Gilmara Araújo de Melo pela dedicação, por todo auxílio, amizade e contribuições neste trabalho.

Aos demais estagiários, bolsistas de iniciação científica e BIC-Júnior, por todo empenho e auxílio no experimento.

À Vanessa Almeida, exemplo de caráter e profissionalismo, pelos ensinamentos e constante disponibilidade.

A toda equipe do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), pelo apoio, dedicação, paciência e amizade durante todo mestrado.

Aos funcionários do Campo Experimental, pela atenção, compromisso e responsabilidade.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o mestrado, pelo conhecimento compartilhado.

A professora Angélica, por disponibilizar o Laboratório de Recursos Genéticos da UFRB para realização da determinação da umidade das sementes.

Aos discentes do estágio de docência da disciplina Melhoramento de Plantas do semestre 2014.2, pelo incentivo e atenção.

Aos professores da banca da qualificação, pela contribuição no trabalho.

Aos meus colegas de Pós-graduação pelos grupos de estudos e companherismo.

A toda minha família, pelo o incentivo e compreensão, que durante o período de realização deste trabalho vivenciamos juntos momentos de superação... Muito obrigada!

Fica a lembrança de todos que contribuíram com este trabalho e as amizades construídas durante esse período.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO .....	1
<b>Capítulo 1</b>	
CARACTERIZAÇÃO E DESEMPENHO DE LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA DO BANCO DE GERMOPLASMA DA UFRB .....	15
<b>Capítulo 2</b>	
DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA PELO MÉTODO WARD, BASEADA EM DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS .....	40
<b>Capítulo 3</b>	
CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA PARA DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS EM LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA... 60	
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	77

# VARIABILIDADE GENÉTICA DO BANCO DE GERMOPLASMA DE MAMONEIRA DA UFRB POR MEIO DE DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS

Autora: Adielle Rodrigues da Silva.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva.

**RESUMO:** A capacidade da mamoneira (*Ricinus communis* L.) em adaptar-se a diferentes condições ecológicas e a sua importância socioeconômica, impulsionaram novas pesquisas com a espécie visando o desenvolvimento de cultivares mais produtivas para as diferentes regiões do País. Para isto, a caracterização morfoagronômica associada à avaliação do desempenho, tem como principal contribuição identificar diferentes constituições genéticas, fornecendo informações sobre a variabilidade genética da população. Sendo assim, este trabalho foi realizado visando à caracterização morfoagronômica de linhagens e parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, implantado pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia, utilizando descritores morfoagronômicos. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e 208 tratamentos, no período de 2014 a 2015 em Cruz das Almas-BA. Para a identificação da presença de variabilidade foi observado o nível de entropia pelo procedimento de Renyi, e o desempenho das linhagens por meio da análise de variância. O estudo de divergência genética foi realizado pelo método Ward com a distância de dissimilaridade de Gower, com o auxílio do programa R. Realizou-se análise de trilha para verificar os efeitos dos descritores sobre a produtividade, esta análise foi realizada com o auxílio do programa GENES. Os resultados indicam a presença de elevada variabilidade genética para a maioria dos descritores avaliados, formação de grupos com linhagens promissoras e correlação significativa entre alguns descritores com a produtividade.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., caracterização, divergência, correlação.



# GENETIC VARIABILITY OF THE UFRB CASTOR GERMPLASM BANK BY MORPHOAGRONOMIC DESCRIPTORS

Author: Adielle Rodrigues da Silva.

Adviser: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva.

**ABSTRACT:** Castor bean (*Ricinus communis* L.) capacity to adapt to different ecological conditions and its socio-economic importance boosted further research on the species for the development of more productive cultivars to different regions of the country. In order to do that, morphoagronomic characterization associated with performance evaluation holds the main contribution of identifying different genetic constitutions, providing information on the genetic variability of the population. Thus, this work was carried out to characterize morphologically identify castor lines and parental from the Germplasm Bank of Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, implemented by the Breeding and Biotechnology Center, using morphological descriptors. The experiment was used a randomized block design with four replications and 208 treatments from 2014 to 2015 in Cruz das Almas, Bahia. In order to identify variability presence, entropy level was observed by Renyi procedure and the strain performance by variance analysis. The genetic divergence study was carried out by Ward method with Gower dissimilarity distance, with R program. Path analysis was carried out to check descriptor's effects on yield; this analysis was performed with the aid of GENES program. The results indicate the presence of high genetic variability for most evaluated descriptors, the formation of groups with promising strains and significant correlation between some descriptors with yield.

Key words: *Ricinus communis* L., characterization, divergence, correlation.

## INTRODUÇÃO

A espécie *Ricinus communis* L. conhecida como mamoneira, por classificação corresponde a: Subdivisão: Fanerogamae ou Spermatophita; Filo: Angiospermae; Classe: Dicotyledonae; Subclasse: Archichlamydeae; Ordem: Geraniales; Família: Euphorbiaceae; Gênero: *Ricinus*; e Espécie: *R. communis* (VIDAL e VIDAL, 1980; POPOVA e MOSHKIN, 1986). De acordo com a variabilidade presente nesta espécie (politépica ou polimórfica) Popova e Moshkin (1986) classificaram seis subespécies de *Ricinus communis* L., e 25 tipos botânicos. Além destas, existem mais de três mil cultivares identificadas no mundo (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

A mamoneira apresenta local de origem divergente segundo alguns pesquisadores, sendo que o mais provável é a região da Etiópia na África. As demais localidades estão localizadas na Ásia, Península Árabe, na Índia, e na China. Além disto, acredita-se que estes centros sejam os primeiros locais de introdução de cultivo desta espécie. É uma espécie tropical de larga distribuição geográfica, abrangendo até regiões subtropicais mais frias, como a Rússia. Atualmente cultivada desde 40 °S até 52 °N, entre altitudes de 300 m e 1500 m. Temperaturas abaixo de 16 °C podem paralisar seu crescimento, já que é uma planta que suporta muito calor (MOSHKIN, 1986; AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

Botanicamente a mamoneira é caracterizada em sistema radicular do tipo pivotante com raízes fistulosas, bastante ramificadas. As folhas são do tipo digitolobadas, denticuladas e com pecíolos longos, de diferentes colorações. O caule pode apresentar diferentes colorações e com ausência ou presença de cera, com rugosidade, nó e cicatrizes foliares. Este se encerra com a inflorescência do tipo panícula denominada racemo, classificado como cacho principal ou primeiro racemo. A flor feminina apresenta diferentes colorações de estigma, com flores masculinas localizadas na parte inferior e flores femininas na parte superior, sendo classificada como monóica. Os racemos podem apresentar

formas cilíndrica, globosa ou cônica, com frutos tricoca com três sementes, que geralmente apresentam cerosidade e acúleos, de diversas colorações, podendo ser deiscente ou indeiscente (MOSHKIN, 1986; AZEVEDO e BELTRÃO, 2007; MILANI, 2008; ANJANI, 2012).

A mamoneira é uma espécie de grande importância social, por gerar renda e fixação do homem no campo, visto que esta se adaptou bem as condições edafoclimáticas de quase todo o território brasileiro. Amorim Neto; Araújo e Beltrão (2001) identificaram no semiárido brasileiro, que corresponde a 75% da Região Nordeste, municípios com condições hídricas que atendem a cultura, mesmo com pouca e má distribuição de chuva. É cultivada principalmente por pequenos produtores rurais, que possuem baixo nível tecnológico e pouco acesso aos recursos financeiros. Nesse sentido, Senna et al. (2014), comentam que a mamoneira é cultivada principalmente pela agricultura familiar em consórcio com outras culturas.

O seu valor econômico está relacionado principalmente ao óleo que é extraído de suas sementes e que apresenta diversas aplicações, como combustível para foguetes e mísseis (ROCHA et al., 2013), na indústria química para fabricação de tintas, vernizes, graxas, lubrificantes, espumas e plásticos, e ainda na indústria de cosméticos (DOMINGOS et al., 2012). Na biomedicina o polímero de mamoneira pode ser utilizado na correção cirúrgica de cães (FRAZILIO et al., 2006) e em equinos (DORNBUSCH et al., 2010). O óleo de mamona também pode ser utilizado em circuitos eletroeletrônicos (CARDOSO; BALABAN, 2013) e na fabricação de painéis aglomerados de bagaço de cana (FIORELLI et al., 2011). Além disso, a sua haste pode ser usada como celulose para a fabricação de papel ou como matéria prima na confecção de tecidos grosseiros e suas folhas podem ser usadas para alimentar o bicho da seda e para elevar a secreção láctea das vacas (CAVALCANTE, 2004).

Quanto à sua utilização para a produção de biodiesel, alguns trabalhos têm sido realizados para avaliar sua eficiência e viabilidade. Segundo Furlanetto e Santos (2014) a mamoneira tem demonstrado eficiência como matéria-prima para obtenção do biodiesel na Paraíba, porém ainda é reduzida a adoção de inovações sustentáveis de produção de biodiesel de mamona no Brasil e em especial na Paraíba, haja vista que as iniciativas do Governo Federal para sua difusão não são persistentes. Santos et al. (2014) analisando a superfície de resposta dos

blends do óleo de mamona, que refere-se a um composto formado pela mistura de diferentes tipos de sementes para aumentar a qualidade do óleo, verificaram que o blend formado por 56% de óleo de mamona produziu biodiesel com viscosidade de 5,848mm<sup>2</sup>/s, enquadrando-se nos padrões da Agência Nacional de Petróleo (ANP), que aceita o limite máximo de 6,0mm<sup>2</sup>/s.

Em adição, o seu principal subproduto a torta de mamona, que pode ser utilizada como fertilizante orgânico (SILVA et al., 2012) e na aclimação de mudas micropropagadas de bananeira quando adicionada nos substratos (MARTINS et al., 2011).

A mamoneira apresenta variabilidade em caracteres morfológicos e agrônômicos, podendo exibir diferentes colorações de caule, folha, estigma e frutos, com presença ou ausência de cerosidade no caule e nos frutos (MOSHKIN, 1986; AZEVEDO e BELTRÃO, 2007; MILANI, 2008; ANJANI, 2012; RODRIGUES et al., 2014), com variações no comprimento do racemo, número de frutos e estatura da planta, diferentes diâmetro do caule e número de internódios. (BEZERRA NETO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010; BAHIA et al., 2008; SAMPAIO FILHO et al., 2011). Também apresenta variabilidade em nível molecular como verificado no trabalho realizado por Milani; Dantas e Martins (2009) que constataram dissimilaridade genética entre 32 acessos de mamoneira do Banco de germoplasma da Embrapa Algodão, pela técnica RAPD, e Machado et al. (2013), constataram dissimilaridade genética entre 15 cultivares de mamoneira no Recôncavo Baiano com uso de marcadores RAPD.

Desta forma, os Bancos de germoplasma são essenciais para a conservação dessa variabilidade fundamental para o desenvolvimento de uma nova cultivar. Contudo, é necessário que o germoplasma seja caracterizado e avaliado, para quantificar esta variabilidade. Isso pode ser realizado com o uso de descritores morfológicos e agrônômicos, e ainda por meio de marcadores moleculares.

A conservação de germoplasma de mamoneira a longo prazo denominada de coleção de base, é realizada na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, os acessos são conservados em câmara fria a -20 °C, com umidade relativa entre 4 % a 7 % . Enquanto, que a Embrapa Algodão mantém um BAG de Mamoneira com conservação a curto e médio prazo denominado de coleção ativa, onde os acessos são mantidos em câmara fria, com temperatura em torno de 10 °C e

umidade de até 30% (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007). Segundo Santiago et al. (2008) em 1981 a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A-EBDA criou o BAG de mamoneira, até 2008 foram introduzidos 859 acessos, desses foram caracterizados 512 e 227 encontravam-se na Coleção de Base. Além destes, há também o BAG de mamoneira da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) campus de Cruz das Almas-BA, mantido pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) implantado em 2004, segundo Silva et al. (2013) esse BAG tem o apoio da Petrobrás Biocombustível e das instituições de fomento CNPq, BNB e FAPESB, que permite desenvolver um amplo programa de melhoramento da mamoneira.

Existem diversos trabalhos que descrevem a variabilidade de germoplasma de mamoneira, permitindo o seu uso em programas de melhoramento e ampliando a sua base genética. A caracterização morfológica em acessos de mamoneira têm sido relatados por Rodrigues et al. (2014) que determinaram a divergência genética de 15 acessos de mamoneira por meio de caracteres binários e multicategóricos e detectou a formação de três grupos, sendo que os acessos apresentaram distância genética média de 0,35 indicando a formação de grupos homogêneos. No trabalho desenvolvido por Da Silva et al. (2011) de caracterização de cultivares indicadas para o plantio no Sul do Brasil com base em descritores fisiológicos, adaptativos e da inflorescência, foi constatada que a cultivar IAC 80, comparada com as cultivares AL Guarany 2002, CPACT 40, IAC 226, BRS Energia, IAC Guarani, Vinema T1 e IAC 2028, foi a que apresentou maior produção de grãos, índice de colheita e reduzida duração de safra. Além disto, foi verificada herdabilidade média a elevada para a maioria dos descritores avaliados, indicando sucesso na seleção. Já que segundo Moshkin (1986) o estudo de variabilidade e herdabilidade são importantes para predizer os ganhos com a seleção e direcionar os programas de melhoramento.

Em relação ao desempenho da mamoneira foram realizados trabalhos por Bahia et al. (2008) que constataram que dos cinco genótipos avaliados (BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28) no Recôncavo Baiano, Sipeal 28 foi o que apresentou melhor desempenho em quase todos os componentes de produção, peso de racemo por planta, peso de frutos por racemo, peso de sementes por racemo, peso de frutos por parcela, peso de sementes por planta, peso de sementes por parcela e potencial produtivo de

sementes. Sampaio Filho et al. (2011) avaliando quatro cultivares de mamoneira (EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina) em dois anos de cultivo no Recôncavo Baiano, verificaram que a maior parte da variação dos descritores foi devida efeitos ambientais gerados pelas diferenças climáticas entre os dois anos de avaliação, mostrando que os genótipos apresentaram flexibilidade para adaptarem as flutuações das condições climáticas. Passos et al. (2010) estudando os parâmetros genéticos de descritores agrônômicos em populações fixas e segregantes obtidas de cruzamentos controlados entre as cultivares Nordestina BRS 149, Paraguaçu BRS 188, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28, observaram que devido ao ambiente exercer influência sobre o fenótipo, a seleção para os descritores avaliados deve ocorrer em gerações avançadas. Zorzenoni et al. (2011) avaliaram o desempenho de nove cultivares de mamoneira na região de Londrina - PR, sendo dois híbridos (Savana e Íris), quatro variedades (IAC Guarany, IAC 80, IAC 226 e AL Guarany 2002) e três variedades locais (Preta, Coti e Sangue de Boi), por meio de descritores agrônômicos e constataram que os híbridos foram mais precoces em relação as variedades, e que a cultivar IAC Guarany foi a mais produtiva. As que produziram menos foram a IAC 80, AL Guarany 2002 e Sangue de Boi. Fernandes et al. (2015) avaliando o desempenho da cultivar BRS Nordestina verificaram ganhos com a produtividade quando essa cultivar foi adubada com composto orgânico, sendo o número de grãos por planta e a produtividade maiores nos racemos secundários e terciários. Enquanto, que o comprimento e a largura dos grãos foram maiores nos racemos primários.

A caracterização morfoagronômica pode ser avaliada por diversos métodos, dentre eles o nível de entropia pelo coeficiente de Renyi (1961), que é uma medida da frequência da distribuição das linhagens em cada uma das classes fenotípicas do descritor qualitativo avaliado, indicando a presença ou ausência de variabilidade. Vieira et al. (2008) aplicaram esta metodologia em descritores morfológicos e encontraram no Banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados elevado nível de entropia para os descritores cor externa do caule, cor do pecíolo, forma do lóbulo central e cor da folha apical. Por outro lado, foram detectadas menores entropias para hábito de crescimento do caule, floração, textura da epiderme da raiz e constrições da raiz. Determinados trabalhos aplicaram a metodologia de análise da frequência das classes

fenotípicas em mamoneira, como o de Rodrigues et al. (2014) constatando variabilidade nos caracteres coloração, formato do racemo e tipo de ramificação, densidade dos frutos, deiscência e presença de espinhos, concluindo-se que os acessos avaliados são fontes de germoplasma para programas de melhoramento genético. Já Moulin et al. (2014), caracterizaram morfológicamente acessos de batata-doce e verificaram que as características com maior variabilidade foram cor da pele e o formato das raízes, e por contribuir de forma significativa na diferenciação dos grupos podem ser importantes descritores no agrupamento dos acessos.

A análise de divergência genética permite quantificar a variabilidade genética de uma espécie presente em um banco de germoplasma, tanto para sua conservação como forma de identificar materiais semelhantes e divergentes, como também para seu uso em programas de melhoramento, por possibilitar a seleção de indivíduos superiores em uma população melhorada, ou a recombinação de genótipos, e quais são os descritores que mais contribuíram para a divergência. No melhoramento e conservação de bancos de germoplasma, os dados mais adequados são fenotípicos que se referem à avaliação de características de distribuições contínuas ou discretas, sendo esta última multicategórica ou binária. Com base na matriz de dissimilaridades que apresenta a distância entre cada um dos indivíduos, empregam-se métodos multivariados de agrupamentos para estabelecer quais são os indivíduos que são geneticamente semelhantes, ou seja, que pertencem ao mesmo grupo (CRUZ; FERREIRA e PESSONI, 2011).

Dentre os métodos de agrupamento há o da Variância Mínima proposto por Ward (1963), em que os grupos são formados, com base na soma de quadrados dos desvios (SQ) em relação à média dentro dos grupos. Este método mostrou-se bastante eficiente no estudo de divergência genética em mamoneira realizado por Oliveira et al. (2013) que concluíram que este método permitiu identificar a variabilidade na população  $F_3$ , bem como a formação de grupos coerentes com o comportamento biométrico da população. O método de Otimização de Tocher que mantém a distância média intragrupo inferior à distância média intergrupo também foi utilizado para avaliar a divergência genética em mamoneira, a exemplo de Costa et al. (2006) que usaram a distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade e verificaram a formação de dois grupos, a distância intergrupos foi

de 10,72 e a intragrupo foi de 5,88 para o grupo I, os descritores de maior importância para a divergência foram: início do florescimento, altura da planta, teor de óleo das sementes e comprimento efetivo do racemo primário, e o descritor que menos contribuiu para a divergência genética foi potencial produtivo, enquanto o número de racemos por planta apresentou contribuição nula. Entretanto, Rodrigues et al. (2010) também utilizou o método de Tocher para avaliar a divergência genética entre 15 acessos de mamoneira por meio de descritores morfoagronômicos utilizando a distância Euclidiana, e verificou que os descritores que mais contribuíram para a divergência foram altura de caule e número de racemos.

Outro estudo realizado no melhoramento genético é a correlação de descritores, que verifica se há relação entre dois ou mais descritores, e se esta é positiva ou negativa. Esta análise é importante para determinar critérios de seleção, tendo em vista o aumento da produtividade da cultura. Dentre esses métodos, encontra-se a análise de trilha que foi desenvolvida por Wright (1921), um método que estuda os efeitos diretos e indiretos de determinados descritores em relação a um caráter principal. Os coeficientes de trilha são obtidos por meio de equações de regressão em que as variáveis são previamente padronizadas. Luz; Santos e Melo Filho (2011) comentam que baixos valores encontrados para os efeitos diretos e indiretos para as associações nas estimativas do coeficiente de trilha, apontam baixa intensidade das correlações. Por meio da análise de trilha Pinto et al. (2011) constataram correlações significativas em mamoneira consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi, entre a produtividade de grãos e os descritores agrônômicos, peso de racemos, quantidade de racemos por planta, altura da planta e comprimento de racemo.

Diante disso, uma das metas do melhoramento genético da espécie é a busca por constituições genéticas superiores para o desenvolvimento de cultivares com maior valor de cultivo e uso. Desta forma, a caracterização de uma população permitirá conhecer e identificar os recursos genéticos disponíveis para seu uso imediato em seleções promissoras e/ou para recombinações em programa de melhoramento genético da mamoneira.

Nesse sentido, o Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), desenvolve um programa



de melhoramento genético da mamoneira, em que as linhagens são conservadas in vivo no Banco de germoplasma (BAG), obtidas pela semeadura anual em campo de cultivo e por meio de Banco de sementes conservado em câmara refrigerada. Segundo Silva et al. (2013) estas linhagens foram obtidas por hibridações normais e convergentes de cinco parentais (BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA-17, Mirante 10 e Sipeal 28), resultantes da autofecundação da população fixa  $F_1$  para obtenção da  $F_2$  e conduzida pelo método Single Seed Descent (SSD) avançando até a geração  $F_5/F_6$  para posterior seleção.

A importância de conhecer as linhagens a serem utilizadas no programa de melhoramento genético justifica a caracterização morfoagronômica das linhagens de mamoneira do BAG da UFRB/CCAAB/NBIO por meio de descritores, uma vez que este tipo de caracterização apresenta baixo custo por ser realizada com base no fenótipo em detrimento às realizadas com base no DNA e pela sua eficiência na identificação e seleção de indivíduos promissores. Para a mamoneira, utilizam-se os descritores da Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), UPOV (2016), os propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasil (2008), e os da Embrapa Algodão, Milani (2008).

Sendo assim, este trabalho objetivou realizar a caracterização morfoagronômica de linhagens e parentais do Banco de germoplasma da UFRB implantado pelo NBIO, utilizando descritores propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e outros sugeridos pelo Núcleo.

A hipótese trabalhada considera que a caracterização permitirá inferir sobre a presença de variabilidade genética entre as linhagens pertencentes ao Banco para os descritores avaliados, visto que são linhagens obtidas por hibridações envolvendo genitores divergentes e por estarem em alto grau de homozigose.

Por fim, serão realizadas considerações a cerca da variabilidade genética do Banco de germoplasma de mamoneira da UFRB, evidenciando a caracterização morfoagronômica, o desempenho, a divergência genética entre as linhagens e os parentais do Banco e a correlação entre descritores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M. S.; ARAÚJO, A. E.; BELTRÃO, N. E. M. Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, MG, v. 9, n. 3, p. 551-556, 2001.

ANJANI, K. Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. **Industrial Crops and Products**, v. 35, p. 1-14, 2012.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. 506 p.

BAHIA, H. F. et al. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 3, p. 357-362, 2008.

BEZERRA NETO, F. V. et al. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 41, n. 2, p. 294-299, 2010.

BRASIL. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). (2008). DOU nº 147, de 01/08/2008, seção 1, p. 14-15. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc)>. Acesso em: 04. Mar. 2015.

CARDOSO, O. R.; BALABAN, R. de C. Preparação de resinas de poliuretana à base de óleo de Mamona e dietanolamina e sua aplicação em circuitos eletrônicos. **Polímeros**, v. 23, n. 4, p. 552-558, 2013.

CAVALCANTE, F. S. A importância da mamona para a agricultura familiar no Estado da Paraíba. **Revista Eletrônica de Ciências**, São Carlos, SP, n. 27,

jun./jul./ago., 2004. Disponível em: <  
[http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_27/mamona.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_27/mamona.html)> Acesso em: 04  
Out. 2015.

COSTA, M. N. et al. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1617-1622, 2006.

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

DA SILVA et al. Caracterização e herdabilidade em caracteres morfológicos e fisiológicos da mamona. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 348-358, 2011.

DOMINGOS, C. A. et al. Biodiesel – Proposta de um combustível alternativo. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia**, n. 5, Trabalho 09, p. 134-178, 2012.

DORNBUSCH, P. T. Avaliação radiográfica da aplicação do polímero de mamona em falhas ósseas induzidas em equinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 15, n. 1, p. 01-08, 2010.

FERNANDES, J. D. et al. Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônômico da mamoneira BRS Nordestina. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 48- 57, 2015.

FIORELLI, J. et al. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 401-406, 2011.

FRAZILIO, F. O. Use of castor oil polyurethane in an alternative technique for medial patella surgical correction in dogs. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, Suplemento 4, p. 74-79, 2006.

FURLANETTO, E. L.; SANTOS, E. D. Difusão de Inovações Sustentáveis: o caso do biodiesel de mamona no Estado da Paraíba. **Teoria e Prática em Administração**, v. 4, n. 1, p. 78-103, 2014.

MACHADO, E. L. et al. Dissimilaridade genética entre cultivares de mamoneira por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 3, p. 342-345, mar. 2013.

MARTINS, A. N. et al. Adição de torta de mamona em substratos na aclimação de mudas micropropagadas de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 33, n. 1, p. 198-207, 2011.

MILANI, M. **Descritores de Mamona utilizados pela Embrapa Algodão**. Embrapa Algodão Documentos 192, Campina Grande, 2008. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Descritores+de+mamona+utilizados+pela+embrapa+algodao\\_000h4tvry6m02wx7ha0awymty2vut27z.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Descritores+de+mamona+utilizados+pela+embrapa+algodao_000h4tvry6m02wx7ha0awymty2vut27z.pdf)> Acesso em: 05. Mar. 2015.

MILANI, M.; DANTAS, F. V.; MARTINS, W. F. S. Divergência Genética em mamoneira por caracteres morfológicos e moleculares. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 67-71, 2009.

MOSHKIN, V.A. de. **Castor**. New Delhi: Amerinda, 1986. 315 p.

MOULIN, M. M. Caracterização de acessos de batata-doce baseado em características morfológicas. **Perspectiva Online: biológicas & saúde**, Campos dos Goytacazes, v.13, n.4, p. 23-36, 2014. Disponível em: <[http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/biologicas\\_e\\_saude/article/view/5](http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/biologicas_e_saude/article/view/5)> Acesso em: 12 nov. 2015.

OLIVEIRA, R. S. et al. Genteic divergence on castor bean using the Ward-MLM strategy. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 44, n. 3, p. 564-570, 2013.

PASSOS, A. R. et al. Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n. 7, p. 709-714, 2010.

PINTO, C. M., et al. Correlações e análise de triha em mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi. **Revista Verde**, Mossoró, RN, v. 6, n. 3, p. 68–75, 2011.

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerinda, 1986. p. 11-27.

RENYI, A. On measures of entropy and information. **Fourth Berkeley Symposium**, p. 547-561, 1961.

ROCHA, R. J. et al. Síntese de poliuretanos modificados por óleo de mamona empregados em materiais energéticos. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 793-799, 2013.

RODRIGUES, H. C. A. et al. Avaliação da diversidade genética entre acessos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) por meio de caracteres morfoagronômicos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 6, p. 773-777, 2010.

RODRIGUES, H. C. de A.; CARVALHO, S. P. de; CARVALHO, A. A. de. Determinação da divergência genética entre acessos de mamoneira por meio de caracteres binários e multicategóricos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 13, n. 3, 2014.

SAMPAIO FILHO, O. M. et al. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Rio Grande, 6: p. 28-34, 2011.

SANTIAGO, A. N. et al. O banco ativo de germoplasma de mamona – EBDA sua criação e manutenção. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB, p. 1593-

1598, 2010. Disponível em: <<http://www.cbmamona.com.br/pdfs/MEG-35.pdf> >  
Acesso em: 25. Fev. 2015.

SANTOS, F. F. P. et al. Análise de superfície de resposta dos blends do óleo de mamona e babaçu. **Revista GEINTEC**, São Cristóvão, SE, v. 4, n.3, p.1139-1149, 2014.

SENNA, P. et al. Plano estratégico da produção de biodiesel utilizando mamona através de modelo de programação linear inteira-mista. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 9, n. 4, p. 442-451, 2014.

SILVA, S. A. et al. Banco de germoplasma de mamona da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. In: Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste (I RGVNE), 2013, Cruz das Almas, BA. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 25, p. 62-111, 2013. Ed. Especial.

SILVA, S. de D. da. et al. Uso de torta de mamona como fertilizante orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 19-27, 2012.

UPOV - International Union for the Protection of new Varieties of Plants. **Castor Bean: Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability**. Mar del Plata, Argentina, 2014. Disponível em: <[http://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twa\\_43/tg\\_ricin\\_proj\\_1.pdf](http://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twa_43/tg_ricin_proj_1.pdf)> Acesso em: 05. Jan. 2016.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Fitossistemática: famílias de angiospermas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 59 p.

VIEIRA, E. A. et al. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 56-67, 2008.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistica Association**, Alexandria, v. 58, n. 301, p. 236-244,

1963. Disponível em: <[http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7975/7975\\_8.PDF](http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/7975/7975_8.PDF)>  
Acesso em: 10 nov. 2015.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal Agricultural Research**, v. 20, p. 557-585, 1921.

ZORZENONI, T. O. et al. Avaliação das características agronômicas de cultivares de mamona semeadas em Londrina, **Nucleus**, v. 8, n. 2, p. 143-154, 2011.

# **CAPÍTULO 1**

## **CARACTERIZAÇÃO E DESEMPENHO DE LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA DO BANCO DE GERMOPLASMA DA UFRB**



## CARACTERIZAÇÃO E DESEMPENHO DE LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA DO BANCO DE GERMOPLASMA DA UFRB

**RESUMO:** Este trabalho objetivou caracterizar 203 linhagens e cinco parentais de *Ricinus communis* L. do Banco de germoplasma da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), implantado pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, utilizando 35 descritores morfoagronômicos qualitativos propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e 12 descritores quantitativos sugeridos pelo Núcleo. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, composto por quatro blocos implantados no campo experimental da UFRB em 2014. Estimaram-se a frequência e o nível de entropia dos descritores qualitativos pelo procedimento de Renyi, e a análise de variância para os descritores quantitativos. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R. Dos descritores morfoagronômicos qualitativos avaliados, 22,86% alcançaram elevado nível de entropia, acima de 1,0 e todos os 12 descritores quantitativos apresentaram diferenças significativas, indicando variabilidade genética no Banco para a maioria dos descritores avaliados e desempenho satisfatório para estes descritores, com possibilidade de uso direto e indireto em programas de melhoramento genético da espécie.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., nível de entropia, frequência, descritores, variabilidade.

## **CHARACTERISTICS AND PERFORMANCE OF CASTOR LINES AND PARENTALS FROM UFRB GERMPLASM BANK**

**ABSTRACT:** This study was carried out to characterize 203 lines and five parental of *Ricinus communis* L. from Germplasm Bank of germplasm of the Germplasm Bank of Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, implemented by the Breeding and Biotechnology Center of Biological, Environmental and Agricultural Sciences Center, using 35 qualitative morphological descriptors proposed by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply and 12 quantitative descriptors suggested by the Nucleus. The experiment used randomized block design, composed of four blocks implanted in UFRB experimental field in 2014. It was estimated the frequency and the level of entropy of qualitative descriptors by Renyi procedure, and the variance analysis for quantitative descriptors . The analyzes were performed by R statistical program. Of the qualitative morphological descriptors evaluated, 22.86% achieved high entropy level, above 1.0 and all 12 quantitative descriptors presented significant differences, indicating genetic variability in the Germplasm Bank for most descriptors evaluated and a suitable performance for these descriptors, indicating the possibility of direct and indirect use in breeding programs of the specie.

Key words: *Ricinus communis* L., entropy level, frequency, descriptors variability.

## 1. INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de importante relevância social e econômica, uma vez que o óleo extraído das suas sementes apresenta propriedades químicas particulares em relação a outros óleos vegetais, que permite o seu uso em diversas aplicações, como na biomedicina, na indústria química e para a produção de biodiesel (SINGH et al., 2015).

Esta espécie apresenta grande variabilidade de descritores morfológicos, com variação na coloração de folhas, caules, estigma e frutos, com presença ou ausência de cera no caule e nos frutos (MOSHKIN, 1986; AZEVEDO & BELTRÃO, 2007). Nesse sentido, torna-se importante a caracterização de Bancos de germoplasma para conhecer as diferentes constituições genéticas presentes, visando o uso imediato para o desenvolvimento de nova cultivar ou para o seu uso futuro em programas de melhoramento genético.

Uma das formas de caracterização é a morfoagronômica, que consiste em descrever as características morfológicas da espécie, tendo como vantagem o baixo custo em relação a outros tipos de caracterização, uma vez que esta é baseada no fenótipo e resulta em uma maior quantidade de informações. Vários pesquisadores utilizaram essa técnica para a caracterização de inúmeras espécies, dentre elas a mamoneira, como apresentado nos trabalhos de Bahia et al. (2008), Bezerra Neto et al. (2010) e Rodrigues et al. (2014). Em todos esses trabalhos verifica-se variabilidade para a maioria dos descritores avaliados, comprovando que a espécie apresenta elevada variação para os descritores morfoagronômicos. Assim, os descritores qualitativos e quantitativos permitirão uma maior exploração da caracterização morfoagronômica, principalmente para melhor avaliar o desempenho produtivo entre as linhagens.

Diante disso, pretende-se com esse trabalho avaliar o desempenho e realizar a caracterização morfoagronômica de 203 linhagens e de cinco parentais do Banco de germoplasma (BAG) de mamoneira do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), por meio de descritores morfoagronômicos propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e outros sugeridos pelo NBIO.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no período de 2014 a 2015 na área experimental do CCAAB da UFRB, campus de Cruz das Almas - BA. O município está localizado a 12°40'39" de Latitude Sul, 39°40'23" de Longitude Oeste, altitude de 220 m, temperatura média de 24,5°C, umidade relativa de 82%, precipitação média anual de 1.197 mm. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é uma transição entre as zonas Am e Aw, do tipo C1, seco e subúmido. O solo do campo experimental é classificado como Latossolo Amarelo distrófico A - moderado de textura franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1993).

Avaliou-se linhagens de mamoneira mantidas no BAG da UFRB/CCAAB/NBIO por meio de caracteres fenotípicos (descritores morfológicos e agrônômicos). A população em estudo corresponde a uma geração avançada com elevado nível de homozigose desenvolvida pelo Programa de Melhoramento da mamoneira do NBIO (Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia) da UFRB, obtida por autofecundação pelo método SSD (Single Seed Descent), sendo que a população segregante F<sub>2</sub> foi obtida pela autofecundação da população F<sub>1</sub> resultante da hibridação de diversos parentais (BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA-17, Mirante 10 e Sipeal 28) (SILVA et al., 2013).

Foram 208 tratamentos, compostos por 203 linhagens e cinco parentais. O delineamento do experimento foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, espaçamento de 3 m entre fileiras, 1 m entre plantas e 2 m entre blocos.

A adubação da área para o plantio foi realizada na dosagem de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K. No mês de maio de 2014 foram semeadas três sementes de cada linhagem e de cada parental em covas. Após 25 dias da germinação foi realizado o desbaste, deixando somente uma planta por cova.

Durante a condução do experimento as plantas espontâneas foram controladas com capinas manuais e realizaram-se duas adubações de cobertura

com ureia e cloreto de potássio na proporção 2:1 (20 g e 10 g por planta), respectivamente. O aparecimento do mofo cinzento (*Amphobotrys ricini*) no florescimento das mamoneiras foi controlado com fungicidas.

Cada linhagem foi caracterizada morfológicamente durante o seu desenvolvimento em campo, de acordo com as classes fenotípicas dos descritores apresentados no Formulário de Instruções para Execução dos Ensaio de Distingibilidade, Homogeneidade e Estabilidade de Cultivares de Mamona (*Ricinus communis* L.) do Mapa (BRASIL, 2008), com auxílio de imagens apresentadas no Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008), acrescidos de outros descritores sugeridos pelo NBIO, descritos a seguir:

**Quadro.** Descritores de mamoneira propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008) e outros sugeridos pelo NBIO.

Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)		
Descritores	Avaliação	Classes fenotípicas
Até 10 dias após a emergência.		
1. Pigmentação antocianínica (PAH).	Observar visualmente, se há presença ou ausência de pigmentação antocianínica no hipocótilo. Figura 1. (a), (b) e (c).	1. Ausente. 2. Presente.
Pleno florescimento do racemo primário.		
2. Inserção do Racemo Primário (IRP).	Medir com uma trena do solo até o ponto de inserção do primeiro racemo.	1. Baixa (< 50 cm). 2. Média (51 a 100 cm). 3. Alta (> 100 cm).
3. Diâmetro do caule (DC).	No terço médio do caule, utilizando um paquímetro digital.	1. Fino (< 3 cm). 2. Médio (3 a 6 cm). 3. Longo (> 5 cm).
4. Comprimento Médio do Internódio (CMIC).	Obtido pela relação NIC/IRP.	1. Curto (< 2 cm). 2. Médio (3 a 5 cm). 3. Longo (> 5 cm).
5. Número de Internódios do Caule (NIC).	Contar a quantidade de cicatrizes presentes no caule.	1. Baixo (até 15). 2. Médio (16 a 18). 3. Alto (> 19).
6. Cerosidade do Caule (CEC).	Registrar se há presença ou ausência de cera no caule.	1. Ausente. 2. Presente.
7. Coloração do Caule (CC).	Com base em imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL, 2008). Figura 1. (d), (e), (f), (g), (h) e (i).	1. Verde-clara. 2. Verde-média. 3. Verde-escura. 4. Verde-rosada. 5. Rosada. 6. Vermelha. 7. Marrom-avermelhada. 8. Roxa.
8. Face superior do Limbo (FSL).	De acordo com o ângulo formado pelo limbo foliar na face superior.	1. Plana. 2. Pouco afunilada. 3. Afunilada.
9. Pigmentação da Nervura Principal (PNP).	Coloração das nervuras na face inferior das folhas maduras. Figura 2. (a) e (b).	1. Esverdeada. 2. Avermelhada.

Continua.

<b>Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)</b>		
<b>Descritores</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Classes fenotípicas</b>
10. Cerosidade da Fase Superior do Limbo (CEFSL).	Observar se há presença ou ausência de cerosidade no limbo superior das folhas maduras.	1. Ausente. 2. Presente.
11. Coloração da Face Superior do Limbo (CFSL).	Coloração verificada na face superior do limbo, da segunda folha madura localizada abaixo do racemo primário. Figura 2. (c), (d) e (e).	1. Verde-clara. 2. Verde-média. 3. Verde-escura. 4. Rosa. 5. Verde-avermelhada. 6. Vermelha. 7. Roxa.
12. Flores Masculinas nos Racemos (FMR).	Verificar se há presença ou ausência de flores masculinas.	1. Ausente. 2. Presente.
13. Localização das Flores Masculinas (LFMR).	Observar se as flores masculinas estão em sua maioria na parte inferior do racemo primário ou entremeadas com as femininas.	1. Predominante na parte inferior do racemo. 2. Entremeadas com as femininas.
14. Coloração do Estigma (CE).	Observar no primeiro racemo a coloração do estigma antes da polinização. Figura 2. (f), (g), (h), (i), (j) e (k).	1. Amarelada. 2. Esverdeada. 3. Alaranjada. 4. Avermelhada. 5. Rosada.
Da emergência até o início da floração feminina do primeiro racemo.		
15. Florescimento (FLO).	Subtração da data de florescimento pela data de germinação.	1. Precoce (até 30 dias). 2. Médio (31 a 60 dias). 3. Tardio (acima de 60 dias).
Pleno florescimento do último racemo comercial.		
16. Estatura da Planta (EP).	Medir com uma trena do solo até o ápice do ramo mais alto da planta.	1. Muito baixa (< 100 cm). 2. Baixa (101 a 150 cm). 3. Média (151 a 200 cm). 4. Alta (201 a 250 cm). 5. Muito alta (> 250 cm).
17. Arquitetura da Planta (AQP).	Fotografar as plantas para a análise. Figura 3. (a), (b) e (c).	1. Ereta. 2. Semiereta. 3. Aberta.
18. Número de Racemos Colhidos (NRC).	Contar quantos racemos foram emitidos por cada planta.	1. Baixo (até 3). 2. Médio (4 a 7). 3. Alto (> 7).
19. Comprimento do Racemo Primário (CRP).	Medir com uma régua do ápice do 1º racemo até a cicatriz do primeiro nó.	1. Curto (< 31 cm). 2. Médio (31 a 50 cm). 3. Longo (> 51 cm).
Frutos imaturos do racemo primário.		
20. Densidade do Racemo (DR).	Avaliação no segundo racemo, uma vez que o racemo primário foi autofecundado e isso poderia compactar o racemo e interferir no resultado. Figura 3. (d), (e) e (f).	1. Esparsa. 2. Intermediária. 3. Compacta.
21. Forma do Racemo (FR).		1. Globosa. 2. Cilíndrica. 3. Cônica.
22. Cerosidade do Fruto (CEF).	Avaliações realizadas visualmente.	1. Ausente. 2. Presente.
23. Cor do Fruto (CF).	Com base nas imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL,	1. Amarelada. 2. Verde-clara. 3. Verde-média. 4. Verde-escura. 5. Verde-rosada. 6. Rosa. 7.

Continua.

<b>Descritores propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008)</b>		
<b>Descritores</b>	<b>Avaliação</b>	<b>Classes fenotípicas</b>
	2008). Figura 3. (g), (h) e (i).	Vermelha. 8. Roxa.
24. Presença de Acúleos nos Frutos (PAF).	Avaliações realizadas visualmente.	1. Ausente. 2. Presente.
25. Densidade dos Acúleos dos Frutos (DACF).		1. Baixa. 2. Média. 3. Alta.
26. Coloração dos Acúleos dos Frutos (CAF).	Com base nas imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL, 2008).	1. Amarelada. 2. Verde-clara. 3. Verde-média. 4. Verde-escura. 5. Verde-rosada. 6. Rosa. 7. Vermelha. 8. Roxa.
Frutos ou racemos maduros.		
27. Deiscência dos Frutos (DEF).	De acordo com a quantidade de frutos abertos.	1. Deiscente. 2. Semideiscente. 3. Indeiscente.
Sementes colhidas de frutos maduros.		
28. Presença de Coloração Secundária (PCS).	Avaliações feitas visualmente.	1. Ausente. 2. Presente.
29. Coloração Principal da Semente (CPS).	Corresponde à coloração predominante.	1. Branca. 2. Amarelada. 3. Avermelhada. 4.
30. Coloração Secundária da Semente (CSS).	Com base nas imagens do Documento 192 da Embrapa (MILANI, 2008) e nas classes fenotípicas do Mapa (BRASIL, 2008).	Marrom-clara. 5. Marrom-média. 6. Marrom-escura. 7. Marrom-avermelhada. 8. Acinzentada. 9. Preta.
31. Tipo de Coloração Secundária (TCS).	Classificadas como pintada quando apresentar pequenas pintas, ou rajadas quando em forma de desenhos e alongadas, ou pontuadas quando apresentar pontos distribuídos de forma irregular. Figura 3. (j), (k), (l), (m), (n) e (o).	1. Pintada. 2. Rajada. 3. Pontuada.
32. Forma da Semente (FS).	De acordo com o seu formato.	1. Arredondada. 2. Elipsoide.
33. Protuberância da Carúncula (PDC).	Avaliações feitas visualmente.	1. Leve. 2. Acentuada.
34. Peso de 100 sementes a 9 % de umidade (P100).	Determinação da umidade das sementes de acordo com a RAS (BRASIL, 2009) pelo método da estufa a 105 °C, e utilização de uma regra de três simples para determinar o peso de 100 sementes a 9% de umidade.	1. Baixo (< 40 g). 2. Médio (41 a 55 g). 3. Alto (> 55 g).
35. Rendimento de Sementes por Fruto (RSF).	Porcentagem do peso das sementes pelo peso dos frutos.	1. Baixo (< 60%). 2. Médio (61 a 80%). 3. Alto (> 80%).

Descritores sugeridos pelo NBIO (2014)	
Descritores	Avaliação
36. Número de Frutos por Racemo (NFR).	Média da contagem do número de frutos dos quatro primeiros racemos.
37. Número de Sementes do Racemo Primário (NSRP).	Contagem do número de sementes do primeiro racemo.
38. Número de Sementes por Racemo (NSR).	Média da contagem do número de sementes dos quatro primeiros racemos.
39. Peso de Sementes por Racemo (PSR).	Média do peso das sementes dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica.
40. Peso de sementes por Planta (PSP).	Soma do peso das sementes dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica.
41. Número de Frutos por Planta (NFP).	Contagem do número de frutos dos quatro primeiros racemos.
42. Número de Sementes por Planta (NSP).	Contagem do número de sementes dos quatro primeiros racemos.
43. Peso do Racemo por Planta (PRP).	Peso dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica.
44. Peso dos Frutos por Racemo (PFR).	Média do peso dos frutos dos quatro primeiros racemos, utilizando uma balança analítica.
45. Produtividade (PROD).	Calculou-se a estimativa para cada planta em kg ha <sup>-1</sup> .
46. Comprimento do racemo (CR).	Média do comprimento dos quatro primeiros racemos.
47. Comprimento efetivo do racemo (CER).	Medição entre o ápice do racemo até o último pedúnculo.

Fonte: Mapa (BRASIL, 2008) e UFRB/CCAAB/NBIO (2014), com elaboração própria.

Para os descritores com classes distintas, facilmente visualizadas, foram realizados registros ilustrativos por imagens fotográficas. Para melhor qualidade destas imagens, as fotografias foram feitas no final da tarde e em dias nublados para que não houvesse interferência dos raios solares, utilizando um equipamento fotográfico semiprofissional (máquina fotográfica digital com objetivas de 18-105 mm).

Para os descritores qualitativos foram calculadas as frequências percentuais de cada categoria e o nível de entropia dos caracteres (H) por meio do coeficiente de Renyi onde,

$$H = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Em que a entropia é uma medida da frequência da distribuição de (n) linhagens  $P = (p_1, p_2 \dots p_s)$ , sendo:  $p_1 = f_1/n$  e  $(p_1 + p_2 + \dots + p_s = 1)$  desde que  $(n = f_1 + f_2 + \dots + f_s)$ , onde  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , são as contagens de cada uma das classes (s) no descritor considerado (VIEIRA et al., 2008). Para os descritores



quantitativos foi realizada a análise de variância, para verificar o nível de variabilidade desses descritores. As análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Vieira et al. (2008) o nível de entropia (H) está relacionado com o número de classes fenotípicas e com a proporção com que estas classes apresentam. Quanto mais classes houver e mais equilibrada for a proporção entre as frequências, maior será o H. Assim, para um descritor com duas classes o maior H ocorrerá quando ambas as classes apresentarem 50% de acessos.

Na Tabela 1 é possível avaliar o nível de entropia e a frequência dos 35 descritores qualitativos avaliados. Destes, somente para os descritores pigmentação antocianínica, cerosidade da fase superior do limbo, presença de acúleos nos frutos, presença de coloração secundária na semente e localização das flores masculinas no racemo, não foram verificados mais de uma classe fenotípica. Para a pigmentação antocianínica foi observado 100% de presença na população, embora visualmente algumas plantas apresentassem intensidade mais forte do que outras. Menezes et al. (2015) no trabalho sobre concentração antocianínica de *Pseudobombax marginatum*, por meio do método espectrofotométrico, comentaram que às baixas concentrações de antocianinas podem resultar em ausência de uma coloração forte. Por sua vez, Shankar et al. (2010) explicam que independente da intensidade de antocianina, a coloração verde é considerada recessiva. A presença deste caráter tem sido relacionado com a resistência à fusariose e a algumas pragas (ANJANI et al., 2010).

Segundo Vieira et al. (2008), em seu trabalho de caracterização morfoagronômica de germoplasma de mandioca, a elevada entropia de alguns descritores se deve à ausência de interesse agrônomo por esses, não sendo utilizados como critério de seleção, tanto de forma consciente em programas de melhoramento genético, como de forma inconsciente no início da domesticação da espécie, e que portanto, manteve a elevada variabilidade de classes. Desta forma, dentre os 35 descritores qualitativos avaliados, 22,86% exibiram diversas classes fenotípicas que contribuíram com o elevado H: Coloração do estigma (1,11) com quatro classes fenotípicas, Coloração dos acúleos do fruto (1,69) com

sete classes, Coloração principal da semente (1,67) com nove classes, Coloração secundária da semente (1,22) com sete classes, e Coloração do caule (1,70) com oito classes fenotípicas, cuja maior frequência foi da classe verde-clara com 30,77% e a menor foi vermelha com 0,96%. Segundo Shankar et al. (2010) a cor vermelha é controlada separadamente por um único gene dominante. Rodrigues et al. (2014) também encontraram variabilidade na coloração do caule de mamoneira, sendo que 66,66% dos acessos avaliados apresentaram coloração do tipo rosa. Provavelmente, esta variabilidade de classes para estes descritores se deve a ausência de preferência por determinada coloração pelos povos que domesticaram a cultura. Entretanto, o elevado H para Fase superior do limbo (1,01), Arquitetura da planta (1,07) e Número de internódios no caule (NIC=1,07) se devem às frequências equilibradas entre as classes destes descritores. Sobre o NIC, Souza et al. (2007) comentam que as mamoneiras em condições de excesso hídrico apresentam maior número de internódios.

Estes resultados indicam que as linhagens de mamoneira e os parentais mantidos no BAG da UFRB/CCAAB/NBIO apresentam variabilidade genética para os descritores relacionados à coloração, fase superior do limbo e número de internódios do caule, indicando que esta população possui ampla base genética para estes descritores. Assim, a variabilidade detectada é um resultado desejado, já que é importante manter a variabilidade da espécie para seu uso em programas de melhoramento genético.

Dentre os descritores qualitativos avaliados, alguns exibiram menor H: Diâmetro do caule (0,16) explicado pela observação de apenas duas classes fenotípicas e da distribuição desequilibrada entre estas, sendo 96,15% da população com diâmetro fino. Soratto et al. (2011) estudando populações de 25, 40, 55 e 70 mil plantas por hectare, constataram que com o aumento da população de mamoneiras de porte baixo em uma área o diâmetro do caule é reduzido, indicando que este caráter modifica conforme o ambiente, sendo considerado um caráter adaptativo, necessitando de sua avaliação em cada ambiente específico. Para a colheita mecanizada é recomendado plantas com caules finos e porte baixo, já que o diâmetro de caule grosso dificultaria o processo. Assim, as linhagens e os parentais do BAG avaliados satisfazem essa característica de interesse. Médio H foi constatado para o descritor Inserção do racemo primário (IRP=0,60), que apresentou maior frequência da classe média

correspondendo a 75,00% do BAG. Isto contribuiu para a maioria das linhagens 93,27% exibirem longo Comprimento médio dos internódios (0,29), devido este descritor ser obtido pela relação IRP/NIC. Pivetta et al. (2015) explicam que a inserção do racemo primário corresponde ao início da fase reprodutiva, em que o caule primário cresce até a emissão do primeiro racemo, sendo essa fase bastante influenciada por fatores ambientais, como o fotoperíodo e o acúmulo de graus-dia. Tal constatação foi verificada por Souza et al. (2007) em que algumas mamoneiras em condições de sequeiro apresentaram inserção precoce e com menor número de internódios no caule. Demais descritores também apresentaram baixa entropia devido ao menor número de classes fenotípicas e/ou pela frequência desequilibrada entre estas, como o descritor Cerosidade do caule (0,37) em que 87,98% das mamoneiras apresentaram cerosidade. Segundo Shankar et al. (2010) este caráter confere tolerância ao frio e à seca.

É importante ressaltar que os descritores de interesse agrônômico; a exemplo do Florescimento (0,18), Deiscência dos frutos (0,73) e Estatura da planta (0,75) também exibiram baixo a médio H, fato este que pode ser explicado pelo uso desses descritores na seleção de linhagens superiores. Apesar de apresentarem médio e baixo nível de entropia, estes descritores tem importância devido à correlação existente com outros descritores que influenciam na discriminação dos acessos. Shifriss (1973) comenta que a presença do gene que determina o porte anão na mamoneira afeta várias características distintas, como afunilamento do limbo foliar, encurtamento dos internódios, nós sinuosos, poucas ramificações, entre outras.

Observa-se na Tabela 1, que 93,27% das mamoneiras do BAG se comportaram como de florescimento tardio. Para esse caráter espera-se que as plantas tenham florescimento ajustado adequadamente para a condição do ambiente de cultivo, optando-se por linhagens e parentais adaptados a um período curto de precipitação pluvial, para reduzir gastos com a produção, principalmente para os produtores que dispõem de poucos recursos financeiros e tecnológicos. Quanto ao descritor Deiscência dos frutos, 74,52% dos acessos do BAG posicionaram-se como semideiscentes. Em relação à Estatura da planta, contiveram um predomínio de linhagens de porte baixo, 73,08%. Pivetta et al. (2015) comentam que plantas de porte baixo é uma das metas dos programas de melhoramento, já que exibem menor dreno vegetativo e possuem características

que permitem o adensamento, facilitando a colheita mecanizada. Alves et al. (2015) verificaram que com o aumento do número de plantas por área, houve aumento da estatura das plantas, devido ao estiolamento provocado pela deficiência de luz. A população de plantas também pode influenciar outros descritores, como observado por Soratto et al. (2011) que com o aumento da população de mamoneiras de porte baixo ocorreu a redução do número de racemos comerciais.

Todos os 12 descritores quantitativos avaliados apresentaram diferenças significativas pelo teste F (Tabela 2), evidenciando a presença de variabilidade. Segundo Ramalho et al. (2012) descritores quantitativos são poligênicos, e o número de classes fenotípicas aumenta proporcional ao número de genes, reduzindo as diferenças entre as classes, seguindo uma distribuição contínua.

A qualidade experimental avaliada através do coeficiente de variação CV% mostrou limites de 24,70% a 53,07%, sendo estes valores correspondentes a comprimento do racemo e número de sementes do racemo primário, respectivamente, e de 51,04% para o descritor produtividade. Estes valores estão de acordo com a natureza quantitativa e poligênica destes descritores, sendo bastante influenciados pelos efeitos do ambiente (SILVA et al., 2012). Valores de CV% para comprimento do racemo e produtividade têm sido obtidos por vários autores, 13,42% e 32,84% (SAMPAIO FILHO et al., 2011); 9,32% e 31,36% (BAHIA et al., 2008); 19,37% e 31,64% (BEZERRA NETO et al., 2010), respectivamente. Fernandes et al. (2015) encontrou valor superior de CV% para produtividade, sendo 54,88%.

O intervalo de variação obtido para os descritores agrônômicos como Número de sementes por racemo foi de 8 a 182 unidades e o Peso de sementes por racemo de 3,30 a 107,67 g, muito próxima à observada em outros trabalhos envolvendo a geração segregante F<sub>2</sub> com o mesmo germoplasma do BAG da UFRB/CCAAB/NBIO, como o de Passos et al. (2010) que constatou nesta população o número de sementes de 35 a 163 unidades e 22,6 a 256 g para o peso de sementes. Oliveira et al. (2013) na população avançada (F<sub>3</sub>:F<sub>4</sub>), constatou o número de sementes de 73 a 157 unidades e para o descritor peso de sementes de 48,92 a 117,01 g.

A produtividade máxima de 1436,00 kg ha<sup>-1</sup> observada no BAG foi superior à média nacional constatada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE, 2015), sendo 737 kg ha<sup>-1</sup> a produtividade média no mês de agosto de 2015. Bahia et al. (2008) e Sampaio Filho et al. (2011) avaliando cultivares de mamoneiras no Recôncavo Baiano observaram que Sipeal 28 foi a mais produtiva com 1347 kg ha<sup>-1</sup>. Zorzenoni et al. (2011) avaliando cultivares de mamoneira na região de Londrina-PR verificaram que a cultivar mais produtiva foi a variedade IAC Guarani, com 911 kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

Esta variação nos descritores era a esperada, uma vez que na condução desta população via SSD (Single Seed Descent) não foi realizada seleção até atingir alto nível de homozigose. Esta variabilidade encontrada nestes descritores é importante como guia para direcionar os programas de melhoramento da espécie.

Os descritores relacionados à coloração, do estigma, do caule, dos acúleos e das sementes, exibiram elevada variabilidade genética devida provavelmente ao fator evolutivo da espécie, já que foram pouco visados no processo de domesticação.

O resultado satisfatório para descritores de interesse agrônômico sugere que uma seleção na população avaliada seria eficiente, uma vez que esta geração avançada apresenta alto grau de homozigose e maior proporção de alelos favoráveis, tornando a seleção baseada no fenótipo mais confiável.

## REFERÊNCIAS

- Alves, G. S., Tartaglia, F. L., Beltrão, N. E. M., Sampaio, L. R. & Freire, M. A. O. (2015). Densidade populacional e seu efeito na produtividade da mamoneira BRS Energia sob cultivo irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, 46, 546-554.
- Anjani, K. Pallavi, M. & Babu, S. N. S. (2010). Biochemical basis of resistance to leafminer in castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, 31, 192 - 196.
- Azevedo, D. M. P. & Beltrão, N. E. M. (2007). O Agronegócio da Mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas.
- Bahia, H. F., Silva, S. A., Fernandez, L. G., Ledo, C. A. S. & Moreira, R. F. C. (2008). Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 357-362.
- Bezerra Neto, F. V., Leal, N. R., Gonçalves, L. S. A., Rêgo Filho, L. M. & Amaral Júnior, A. T. (2010). Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. *Revista Ciência Agronômica*, 41, 294-299.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1993). Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas: Embrapa.
- Brasil. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). (2008). DOU nº 147, de 01/08/2008, seção 1, p. 14-15. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc)>. Acesso em: 04. Mar. 2015.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, DF, 2009. 399 p.

Fernandes, J. D., Chaves, L. H. G, Dantas, J. P. & Silva, J. R. P. (2015). Adubação e ordem do racemo no desempenho agrônômico da mamoneira BRS Nordestina. Revista Caatinga, Mossoró, 28, 48-57.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201508.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201508.pdf)> Acesso em: 10 Set. 2015.

Menezes, M. A. G., Oliveira Neto, F. B., Bertini, L. M., Alves, L. A. & Silva, F. F. M. (2015). Quantificação de antocianinas dos extratos de Embiratanha (*Pseudobombax marginatum*). HOLOS, 1, 30-35.

Milani, M. (2008). Descritores de Mamona utilizados pela Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão Documentos 192. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Descritores+de+mamona+utilizados+pela+embrapa+algodao\\_000h4tvry6m02wx7ha0awymty2vut27z.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Descritores+de+mamona+utilizados+pela+embrapa+algodao_000h4tvry6m02wx7ha0awymty2vut27z.pdf)> Acesso em: 05 Set. 2015.

Moshkin, V. A. (1986). Castor. New Delhi: Amerind Publishing, 315.

Oliveira, R. S., Silva, S. A., Brasileiro, B. P., Medeiros, E. P. & Anjos, E. V. A. (2013). Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. Revista Ciência Agronômica 44: 564-570.

Passos, A. R., Silva, S. A., Souza, C. S., Souza, C. M. M. & Fernandes, L. S. (2010). Parâmetros genéticos de caracteres agrônômicos em genótipos de mamoneira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45, 709-714.

Pivetta, L. G., Zanotto, M. D., Tomaz, C. A., Pivetta, L. A., Fioreze, A. C. L. & Zoz, T. (2015). Avaliação de genótipos de mamona em diferentes níveis de adubação. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2, 9-18.

Ramalho M. A. P., Santos, J. B., Pinto, C. A. B. P., Souza, E. A., Gonçalves, F. M. A. & Souza, J. C. *Genética na Agropecuária*. 5ªed. Lavras, MG: UFLA, 2012. 566 p.

R Core Team R. (2014). A language and environment for statistical computing R, Viena: Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 03 Set. 2015.

Rodrigues, H. C. A., Carvalho, S. P. & Carvalho, A. A. (2014). Determinação da divergência genética entre acessos de mamoneira por meio de caracteres binários e multicategóricos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 13, 247-254.

Sampaio Filho, O. M., Silva, S. A., Bahia, H. F., Silva, M. S. & Carvalho, D. S. (2011). Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no Recôncavo Baiano. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 6, 28-34.

Shankar, V. G., Rao, P. V. R. & Reddy, A. V. (2010). Inheritance of certain morphological characters and fusarium wilt resistance in castor, *Ricinus comunis* L. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 42, 57-64. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/265350363\\_Inheritance\\_of\\_certain\\_morphological\\_characters\\_and\\_Fusarium\\_wilt\\_resistance\\_in\\_castor\\_Ricinus\\_communis\\_L](http://www.researchgate.net/publication/265350363_Inheritance_of_certain_morphological_characters_and_Fusarium_wilt_resistance_in_castor_Ricinus_communis_L)> Acesso em: 13 Out. 2015.

Shifriss, O. (1973). The dropping syndrome of *Ricinus*. *Journal of Heredity*. Washington, 64, 351-355.

Silva, S. A., Bahia, H. F., Cerqueira, L. S., Sampaio Filho, O. M., Passos, A. R., Machado, E. L., Prazeres, A. G., Oliveira, R. S., Santos, L. A., Almeida, V. de O., Brasileiro, H. S., Saldanha, R. B., Silva, V., Alves, J. de S., Sousa, F. Q. de & Silva, M. dos S. da. Banco de germoplasma de mamona da Universidade Federal



do Recôncavo da Bahia. In: Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste (I RGVNE), 2013, Cruz das Almas, BA. Magistra, Cruz das Almas, BA, v. 25, p. 62-111, 2013.

Silva, M. G. M., Viana, A. P., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A. & Reis, R. V. (2012). Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, 43, 493-499.

Singh, A. S., Kumari, S., Modi, A. R., Gajera, B. B., Narayanan, S. & Kumar, N. (2015). Role of conventional and biotechnological approaches in genetic improvement of castor (*Ricinus communis* L.). *Industrial Crops and Products*, 74, 55-62.

Soratto, R. P., Souza-Schlick, G. D., Giacomo, B. M. S., Zanotto, M. D. & Fernandes, A. M. (2011). Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 245-253.

Souza, A. S., Távora, F. J. A. F., Pitombeira, J. B. & Bezerra, F. M. L. (2007). Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. II – crescimento e produtividade. *Revista Ciência Agronômica*, 38, 422-429.

Vieira, E. A., Fialho, J. F., Silva, M. S., Fukuda, W. M. G. & Faleiro, F. G. (2008) Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. *Científica*, 36, 56-67.

Zorzenoni, T. O., Okumura, R. S., Mariano, D. C., Zaccheo, P. V. C. & Prete, C. E. C. (2011). Avaliação das características agronômicas de cultivares de mamona semeadas em Londrina. *Nucleus*, 8, 143-154.

**Tabela 1.** Descritores, classes fenotípicas, frequências e nível de entropia avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Descritor	Classes	Frequência (%)	Nível de Entropia (H)
1. Pigmentação antocianínica.	1. Ausência.	0,00	0,00
	2. Presença.	100,00	
2. Inserção do racemo primário.	1. Baixa.	24,04	0,60
	2. Média	75,00	
	3. Alta.	0,96	
3. Diâmetro do caule.	1. Fino.	96,15	0,16
	2. Médio	3,85	
	3. Grosso.	0,00	
4. Comprimento médio do internódio.	1. Curto.	3,37	0,29
	2. Médio.	93,27	
	3. Longo.	3,37	
5. Número de internódio do caule.	1. Baixo.	29,81	1,07
	2. Médio.	44,23	
	3. Alto.	25,96	
6. Cerosidade do caule.	1. Ausência.	12,02	0,27
	2. Presença.	87,98	
7. Coloração do caule.	1. Verde-clara.	30,77	1,70
	2. Verde-média.	13,46	
	3. Verde-escura.	1,92	
	4. verde-rosada.	10,10	
	5. Rosada.	2,40	
	6. Vermelha.	0,96	
	7. Marrom-avermelhada.	13,94	
	8. Roxa.	26,44	
8. Face superior do limbo.	1. Plana.	14,90	1,01
	2. Pouco afunilada.	38,46	
	3. Afunilada.	46,63	
9. Pigmentação da nervura principal.	1. Esverdeada.	54,33	0,60
	2. Avermelhada.	45,67	
10. Cerosidade da face superior do limbo.	1. Ausência.	100,00	0,00
	2. Presença.	0,00	
11. Coloração da face superior do limbo.	1. Verde-clara.	0,48	0,64
	2. Verde.	30,29	
	3. Verde-escura.	69,23	
12. Presença ou ausência de flores masculinas.	1. Ausência.	1,44	0,08
	2. Presença.	98,56	
13. Localização das flores masculinas.	1. Predominante na parte inferior do racemo.	0,00	0,00
	2. Entremeadas com as femininas.	100,00	
14. Coloração do estigma.	1. Amarelada.	5,77	1,11
	2. Esverdeada.	0,00	
	3. Alaranjada.	39,90	
	4. Avermelhada.	45,19	
	5. Rosada.	9,13	
15. Florescimento.	1. Precoce.	0,00	0,18
	2. Médio.	6,73	
	3. Tardio.	93,27	
16. Densidade do racemo.	1. Esparsa.	22,12	0,78
	2. Intermediária.	70,19	
	3. Compacta.	7,69	

Continua.

Descritor	Classes	Frequência (%)	Nível de Entropia (H)
17. Forma do racemo.	1. Globosa.	56,25	0,83
	2. Cilíndrica.	39,42	
	3. Cônica.	4,33	
18. Cerosidade do fruto.	1. Ausência.	12,50	0,38
	2. Presença.	87,50	
19. Cor do fruto.	1. Amarelada.	0,00	0,66
	2. Verde-clara.	1,44	
	3. Verde-média.	14,90	
	4. Verde-escura.	79,81	
	5. Verde-rosada.	3,37	
	6. Rosa.	0,00	
	7. Vermelha.	0,00	
	8. Roxa.	0,48	
20. Presença de acúleos nos frutos.	1. Ausência.	0,00	0,00
	2. Presença.	100,00	
21. Densidade dos acúleos nos frutos.	1. Baixa.	0,00	0,22
	2. Média.	5,77	
	3. Alta.	94,23	
22. Coloração dos acúleos dos frutos.	1. Amarelada.	0,00	1,69
	2. Verde-clara.	2,88	
	3. Verde-média.	30,29	
	4. Verde-escura.	8,65	
	5. Verde-rosada.	22,12	
	6. Rosa.	19,71	
	7. Vermelha.	2,40	
	8. Roxa.	13,94	
23. - Estatura da planta.	1. Muito baixa.	9,13	0,75
	2. Baixa.	73,08	
	3. Média.	17,79	
	4. Alta.	0,00	
	5. Muito alta.	0,00	
24. Arquitetura da planta.	1. Ereta.	25,48	1,07
	2. Semiereta.	44,71	
	3. Aberta.	29,81	
25. Número de racemos colhidos.	1. Baixo.	7,69	0,88
	2. Médio.	57,21	
	3. Alto.	35,10	
26. Comprimento do racemo primário.	1. Curto.	99,52	0,03
	2. Médio.	0,48	
	3. Longo.	0,00	
27. Deiscência do fruto.	1. Deiscente.	16,83	0,73
	2. Semideiscente.	74,52	
	3. Indeiscente.	8,65	
28. Coloração principal da semente.	1. Branca.	4,83	1,67
	2. Amarelada.	3,86	
	3. Avermelhada.	0,48	
	4. Marrom-clara.	8,21	
	5. Marrom-média.	5,80	
	6. Marrom-escura.	29,95	
	7. Marrom-avermelhada.	2,42	
	8. Acinzentada.	6,76	
	9. Preta.	37,68	

Continua.

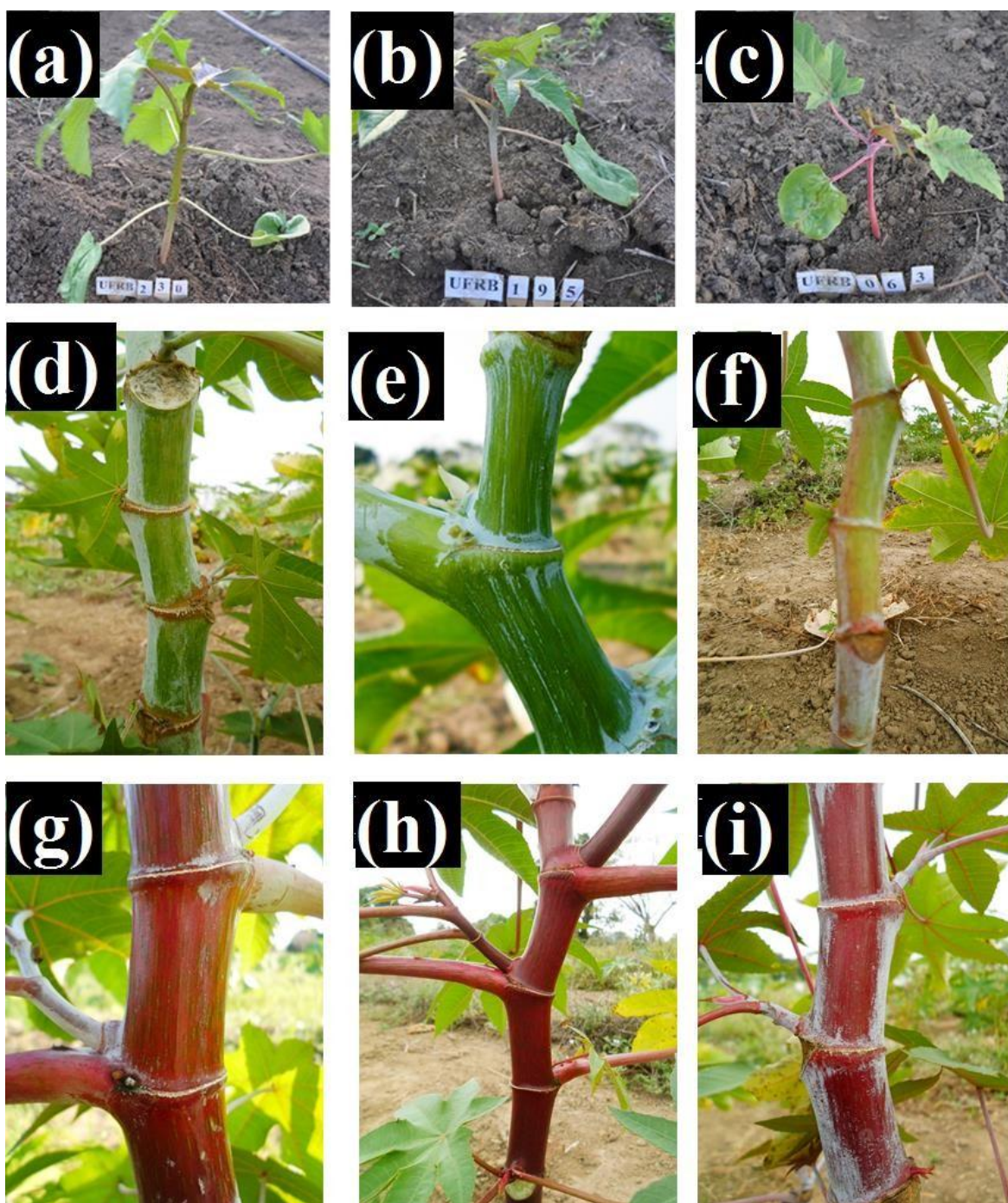
<b>Descritor</b>	<b>Classes</b>	<b>Frequência (%)</b>	<b>Nível de Entropia (H)</b>
29. Presença de coloração secundária.	1. Ausência.	0,00	0,00
	2. Presença.	100,00	
30. Coloração secundária das sementes.	1. Branca.	0,00	1,22
	2. Amarelada.	14,01	
	3. Avermelhada.	2,90	
	4. Marrom-clara.	62,32	
	5. Marrom-média.	2,42	
	6. Marrom-escura.	13,04	
	7. Marrom-avermelhada.	3,86	
	8. Acinzentada.	0,00	
	9. Preta.	1,45	
31. Tipo da coloração secundária.	1. Pintada.	11,11	0,90
	2. Rajada.	27,54	
	3. Pontuada.	61,35	
32. Forma da semente.	1. Arredondada.	86,96	0,39
	2. Elipsoide.	13,04	
33. Protuberância da carúncula.	1. Leve.	96,14	0,16
	2. Acentuada.	3,86	
34. Peso de 100 sementes a 9% de umidade.	1. Baixo.	32,37	0,96
	2. Médio.	54,59	
	3. Alto.	13,04	
35. Rendimento de semente por fruto.	1. Baixo.	37,02	0,71
	2. Médio.	62,02	
	3. Alto.	0,96	

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância de 12 descritores quantitativos, avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/NBIO. Cruz das Almas - BA, 2014 - 2015.

<b>Descritores</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>CV (%)</b>
CR	31,46	1,51**	18,46	4,83	35,75	24,70
CER	24,61	1,80**	11,20	1,83	28,07	32,95
PRP	1084,39	1,37**	69,87	5,66	180,63	40,31
NFR	116,36	1,46**	23,65	2,00	98,00	37,70
NFP	2013,80	1,43**	82,06	3,00	295,00	45,67
PFR	905,60	1,33**	64,98	5,18	168,21	40,12
PSR	369,59	1,39**	39,83	3,30	107,67	40,88
PSP	6399,44	1,30*	137,30	3,30	430,66	51,04
NSRP	2583,08	1,98**	67,97	0,00	233,00	53,07
NSR	962,70	1,49**	71,54	8,00	182,00	35,53
NSP	17284,96	1,43**	244,77	8,00	689,00	44,88
PROD	71104,67	1,30*	457,70	11,00	1436,00	51,04

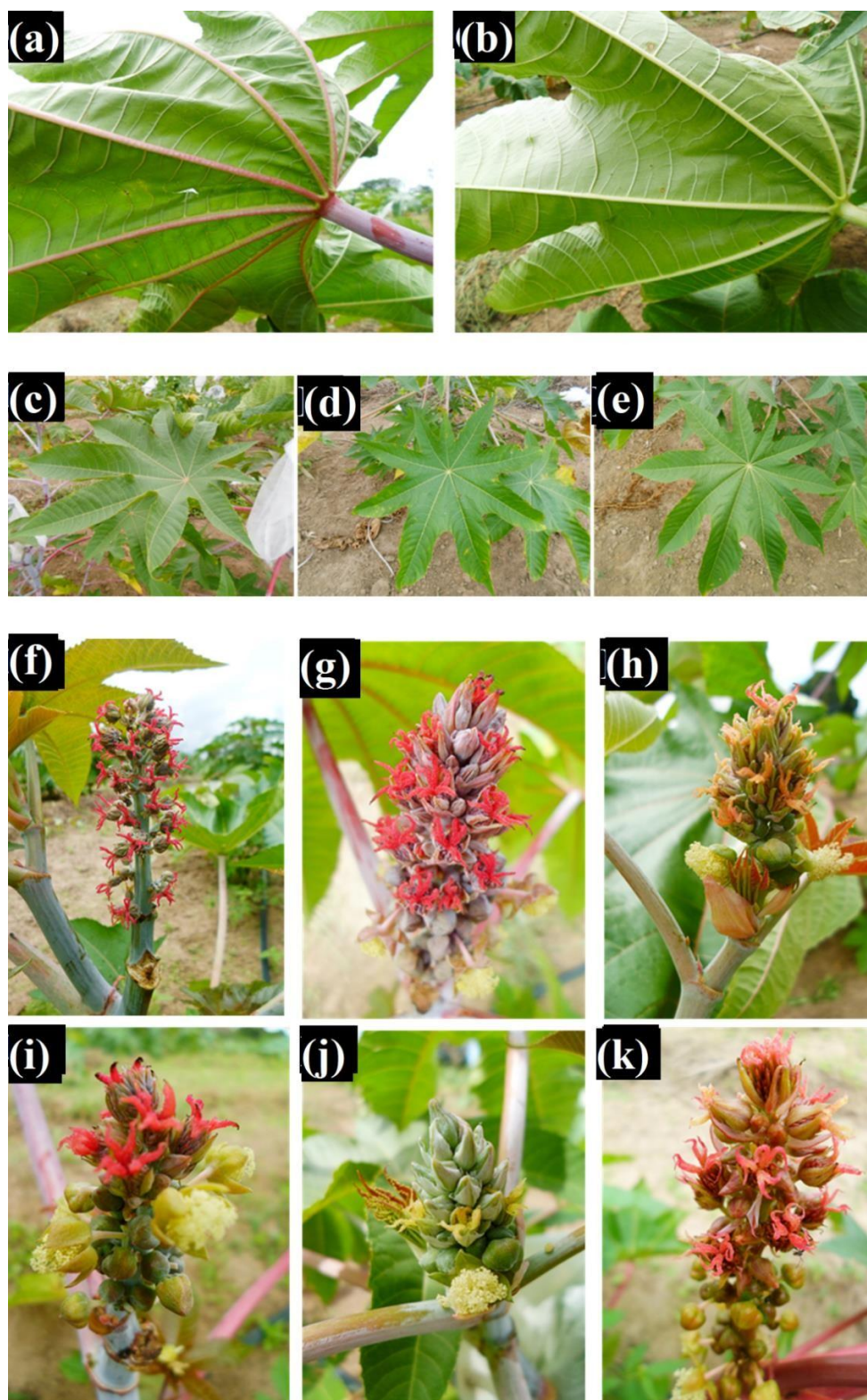
\*\* , \* Significativo a 1 % e 5% de probabilidade pelo teste F.

CR - Comprimento do racemo; CER - Comprimento efetivo do racemo; PRP - Peso do racemo por planta; NFR - Número de frutos por racemo; NFP - Número de frutos por planta; PFR - Peso dos frutos por racemo; PSR - Peso de sementes por racemo; PSP - Peso de sementes por planta; NSRP – Número de sementes do racemo primário; NSR - Número de sementes por racemo; NSP - Número de sementes por planta e PROD – Produtividade.



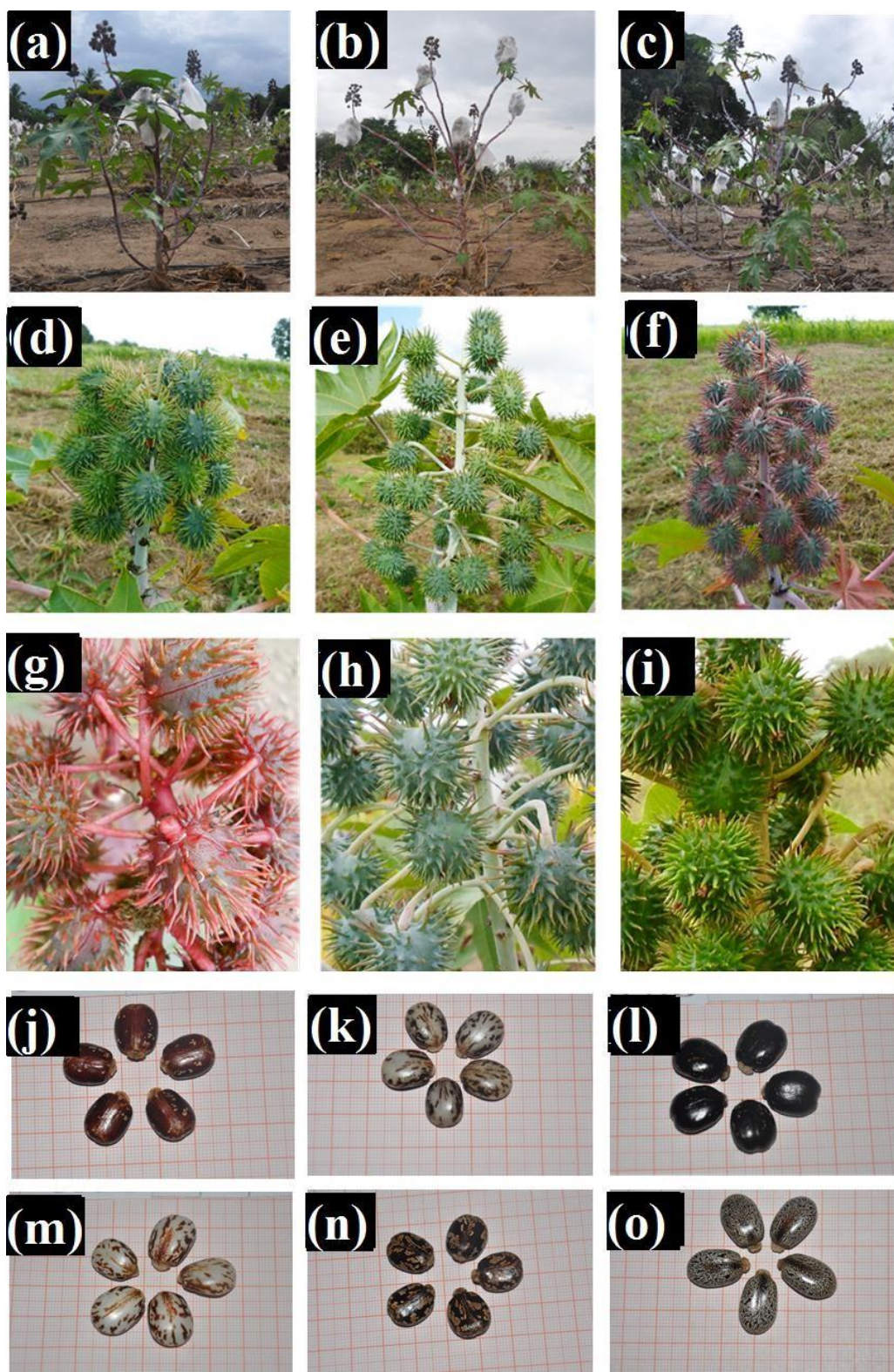
Fonte: Arquivo NBIO/ ARAÚJO & SILVA, 2014.

**Figura 1.** Descritores morfoagronômicos avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014. (a), (b) e (c) Pigmentação antocianínica; e (d), (e), (f), (g), (h) e (i) Coloração do caule.



Fonte: Arquivo NBIO/ ARAÚJO & SILVA, 2014.

**Figura 2.** Descritores morfoagronômicos avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014. (a) e (b) Pigmentação da nervura principal; (c), (d) e (e) Coloração da fase superior do limbo; e (f), (g), (h), (i), (j) e (k) Coloração do estigma.



Fonte: Arquivo NBIO/ ARAÚJO & SILVA, 2014 - 2015.

**Figura 3.** Descritores morfoagronômicos avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014. (a), (b) e (c) Arquitetura da planta; (d), (e) e (f) Forma do racemo; (g), (h) e (i) Cor dos frutos; e (j), (k), (l), (m), (n) e (o) Coloração das sementes.



## **CAPÍTULO 2**

### **DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA PELO MÉTODO WARD, BASEADA EM DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS**

## **Divergência genética entre linhagens e parentais de mamoneira pelo método ward, baseada em descritores morfoagronômicos**

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar a divergência genética entre linhagens e parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, por meio de descritores morfoagronômicos. O experimento foi conduzido no período de 2014 a 2015, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e 208 tratamentos. A análise de divergência genética foi realizada pelo método Ward, sendo este bastante eficiente na formação de grupos, e pelo o método de Tocher, por meio da distância de Gower, com o auxílio dos programas estatísticos R e GENES. Os resultados revelam a formação de 21 grupos, indicando a presença de variabilidade no Banco. Os grupos que apresentam acessos promissores são 2, 7 8, 10, 14, 15, 16 e 17, sugerindo possíveis cruzamentos entre estes. Os descritores que mais contribuem para a divergência são produtividade, estatura da planta, número de sementes por racemo, florescimento e peso de sementes por racemo.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L. Multivariada. Agrupamento Ward. Variabilidade.

## INTRODUÇÃO

O óleo de mamoneira que é a principal matéria prima de valor econômico da espécie *Ricinus communis* L., é utilizado para a produção de biodiesel, para fabricação de tintas, vernizes, graxas, lubrificantes, espumas, plásticos e cosméticos (DOMINGOS et al., 2012).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), dados de 2013, os cinco maiores produtores de sementes são, a Índia, China, Moçambique, Etiópia e o Brasil (FAOSTAT, 2015). No Brasil é cultivada principalmente pelos produtores do semiárido brasileiro, uma vez que essa cultura se adaptou bem às condições edafoclimáticas dessa região. O Nordeste é a região do país que concentra a maior produção de mamoneira, com 94,3%, sendo que a Bahia e o Ceará são os principais estados produtores, cada um correspondendo a 42,2 % da safra nacional em baga (IBGE, 2015).

Diante disto, o Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), vêm desenvolvendo pesquisas por meio do programa de melhoramento genético da mamoneira com o objetivo de obter cultivares mais produtivas e adaptadas às condições edafoclimáticas do Recôncavo da Bahia.

Vários métodos biométricos podem ser usados para determinar a divergência genética, que quantifica a semelhança ou diferença entre um acesso e outro. A escolha do método vai depender do que permitir melhor análise dos resultados, da precisão e da facilidade (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2008). Esta análise pode ser realizada por meio da avaliação de descritores morfoagronômicos que são de fácil aferição e baixo custo, visto que os programas de melhoramento genético geralmente possuem vários genótipos divergentes e produtivos que podem ser selecionados para o desenvolvimento de cultivar, ou como parentais em hibridização, para obter populações segregantes e novas combinações genéticas favoráveis (CRUZ et al., 2011).

Em mamoneira, os métodos de agrupamento mais utilizados foram o método de componentes principais (BAHIA et al., 2008), o método da ligação média não

ponderada (UPGMA) (BEZERRA NETO et al., 2010) e a Otimização de Tocher (CAVALCANTE et al., 2008; RODRIGUES et al., 2014).

O método de agrupamento Ward tem sido utilizado para a formação de grupos, baseados na soma de quadrados dos desvios (SQ) dos descritores avaliados. Os acessos que apresentam acréscimo mínimo na SQ em relação à média dentro dos grupos passam a ser agrupados. Diante disto, este método mostra-se eficiente no estudo de divergência genética, sendo usado em pesquisas com diversas espécies, em feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008), tomate (ROCHA et al., 2010), banana (PEREIRA et al., 2012) e goiaba (CAMPOS et al., 2013).

Entretanto, o estudo de divergência genética em mamoneira utilizando o método Ward é incipiente. Oliveira et al. (2013) avaliaram a divergência genética de uma população segregante  $F_3$  de mamoneira e verificaram que o agrupamento Ward além de identificar a variabilidade genética, permitiu a formação de grupos coerentes com o comportamento biométrico da população.

Sendo assim, este trabalho objetivou avaliar a divergência genética entre 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma (BAG) da UFRB/CCAAB/NBIO, por meio de descritores morfoagronômicos propostos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e outros sugeridos pelo NBIO, utilizando o método de agrupamento Ward.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi implantado em maio de 2014 e conduzido até janeiro de 2015 na área experimental do NBIO do CCAAB da UFRB, em Cruz das Almas-BA. Este município está localizado a 12°40'39" de Latitude Sul, 39°40'23" de Longitude Oeste, altitude de 220 m, temperatura média de 24,5°C, umidade relativa de 82%, precipitação média anual de 1.197 mm. Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo C1 seco e subúmido, de transição entre as zonas Am e Aw. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico A – moderado, de textura franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1993).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e 208 tratamentos compostos por 203 linhagens e cinco parentais (Tabela 1).

Para a caracterização e avaliação foram utilizados 13 descritores morfoagronômicos, sendo seis qualitativos propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008), com as seguintes classes fenotípicas: IRP - Inserção do racemo primário (Baixa < 50 cm; Média 51 a 100 cm; Alta > 100 cm); DC - Diâmetro do caule (Fino < 3 cm; Médio 3 a 6 cm; Longo > 5 cm); CMIC – Comprimento médio do internódio (Curto < 2 cm; Médio 3 a 5 cm; Longo > 5 cm); NIC - Número de internódios (Baixo até 15; Médio 16 a 18; Alto > 19); NRC - Número de racemos colhidos (Baixo até 3; Médio 4 a 7; Alto > 7); DEF - Deiscência dos frutos (Deiscente; Semideiscente; Indeiscente), e sete quantitativos sugeridos pelo NBIO, CR - Comprimento do racemo (cm); CER - Comprimento efetivo do racemo (cm); PSR - Peso de sementes por racemo (g); NSR - Número de sementes por racemo (unidade); PROD - Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); FLO – Florescimento (dias); e EP – Estatura da planta (cm).

Os descritores IRP, DC, CMIC, NIC e FLO foram avaliados durante o pleno florescimento do racemo primário, enquanto que para os descritores NRC, EP e DEF as observações ocorreram quando os racemos estavam maduros, em ponto de colheita. Os demais descritores quantitativos foram avaliados na área de beneficiamento do NBIO.

Para avaliar a divergência genética entre as linhagens e os parentais, realizou-se a análise multivariada de agrupamento pelo método de Otimização de Tocher e pelo método hierárquico Ward, utilizando a distância de dissimilaridade genética de Gower com os dados qualitativos e quantitativos simultaneamente. Em seguida, foi construído o dendrograma e calculado o coeficiente de correlação cofenética (CCC) para a validação dos agrupamentos. Estas análises foram realizadas por meio dos pacotes “Cluster” e “Rcmdr” do programa R (R CORE TEAM, 2014). O corte do dendrograma foi feito pelo pseudo  $t^2$  com base no pacote “NbClust” do programa R (CHARRAD et al., 2014). Além disso, calculou-se a contribuição de Singh de cada descritor quantitativo para a divergência genética, utilizando como medida a distância Euclidiana Média. Esta análise foi realizada com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao método Ward, a partir do dendrograma representativo das mamoneiras do BAG da UFRB/CCAAB/NBIO (Figura 1), foi possível identificar a formação de vários grupos. Souza et al. (2005) explicam que o método de Ward agrupa de modo que ocorra homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos. À medida que os grupos se expandem a matriz vai sendo reduzida e finalmente todas as linhagens são incluídas no mesmo grupo.

No presente trabalho houve um resultado satisfatório para o programa de melhoramento genético da espécie, que busca o desenvolvimento de novas cultivares, uma vez que com a presença de vários acessos divergentes é possível selecionar genitores com características de interesse dentro da população avaliada, aumentando a possibilidade de serem usados em hibridações visando exploração de heterose.

No método de Otimização de Tocher as 203 linhagens e os cinco parentais de mamoneiras foram distribuídos em 21 grupos (Tabela 2), indicando a presença de variabilidade no BAG. Isto pode ser explicado pelos cruzamentos entre os cinco parentais utilizados para a obtenção das linhagens, que segundo Silva et al. (2013) eram divergentes e resultaram em diversas combinações genotípicas.

Nota-se que as distâncias intragrupo foram pequenas (Tabela 2), indicando que as linhagens e os parentais dos mesmos grupos são geneticamente semelhantes. Já as linhagens e os parentais alocados em grupos diferentes, são divergentes, podendo estes serem usados em novas pesquisas de programas de melhoramento genético para o desenvolvimento de novas cultivares.

Desta forma, observa-se que o método Ward (Figura 1) e o método de Otimização de Tocher (Tabela 2) apresentaram semelhante capacidade discriminante dos acessos do BAG de mamoneira. No entanto, o método Ward estabeleceu maior formação de subgrupos.

Pelo método de Tocher, o grupo 1 formado por 93 linhagens, se destaca por apresentar um maior número de germoplasma, indicando que 44,71% das mamoneiras do BAG estão alocadas neste grupo. Entretanto, os grupos 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 foram constituídos com apenas uma linhagem cada, indicando que estas linhagens são as mais divergentes em relação às demais (Tabela 2).

Os grupos apresentaram ampla distribuição na classe média para os descritores inserção do racemo primário, comprimento médio do internódio, número de internódios no caule, número de racemos comerciais e deiscência dos frutos (Tabela 3). Pivetta et al. (2015) explicam que estes descritores estão relacionados entre si e também com a precocidade, uma vez que a inserção do racemo primário dá início à fase reprodutiva, surgindo após o crescimento do caule primário e da emissão de novas folhas e internódios, sendo influenciados pelo ambiente. Desta forma, um dos objetivos dos programas de melhoramento é a obtenção de linhagens com menor inserção do racemo primário, menor número de internódios e com reduzido dreno vegetativo.

Para viabilizar a colheita mecanizada o ideal são mamoneiras de caule fino, que facilita o processo (SORATTO et al., 2011). Este caráter foi amplamente distribuído em todos os grupos, com exceção do grupo 12, sendo que este grupo foi constituído somente por duas linhagens, que não apresentaram nenhuma característica qualitativa de interesse. Em relação ao número de racemos colhidos, os grupos que contiveram predominância de linhagens com alto número de racemos, ou seja, com potencial de produção foram, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 14, 15 e 19 (Tabela 3).

Quanto às linhagens indeiscentes, estas foram alocadas nos grupos, 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15 e 17 (Tabela 3). Segundo Savy Filho et al. (2007) cultivares de mamoneiras com frutos de amadurecimento uniforme e indeiscentes, reduz a perda de sementes, devido o fruto não se abrir facilmente.

Os grupos 11, 13, 19, 20 e 21 apresentaram menor média para comprimento total, comprimento efetivo do racemo, peso de sementes por racemo, número de sementes por racemo, produtividade e estatura de planta, exibindo baixo desempenho (Tabela 4).

Entretanto, o grupo com maior média de comprimento total e efetivo dos racemos foi o grupo 12. Os acessos com os maiores valores para peso de sementes por racemo, número de sementes por racemo e produtividade, foram alocados nos grupos 8, 14, 15, 16 e 17, sendo, portanto, provavelmente germoplasmas promissores para serem usados em programa de melhoramento. Além destes, outros grupos se destacaram quanto ao potencial produtivo, já que apresentaram produtividades superiores à média nacional de produção de baga de mamona do mês de agosto de 2015 que foi de 737 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2015),

sendo estes os grupos 3, 4, 6, 7, 9, 10 e 12. Oliveira et al. (2013) verificaram produtividades de 596,81 a 823,26 kg<sup>-1</sup>, em genótipos de mamoneira avaliados em Cruz das Almas - BA. Bezerra Neto et al. (2010) avaliando dois híbridos e nove cultivares de mamoneira em Campos dos Goytacazes - RJ constataram produtividades de 450 a 1617,5 kg<sup>-1</sup>.

Em relação ao florescimento, o desejado é que seja mais precoce, para reduzir os gastos com a produção. Desta forma, as menores médias verificadas foram as dos grupos 10 e 21, sendo 50 e 52 dias, respectivamente. Oliveira et al. (2013) verificaram variação de 89 a 92 dias, em uma população segregante F<sub>3</sub>, composta por 259 genótipos de mamoneira no Recôncavo da Bahia. Lara et al. (2012) constataram médias variando de 66 a 105 dias, para oito linhagens de mamoneira em regiões do Estado de São Paulo. No entanto, médias inferiores foram observadas por Bahia et al. (2008), que verificaram florescimento variando de 42 a 53 dias para cinco cultivares de mamoneiras avaliadas no Recôncavo da Bahia.

Em relação à estatura das plantas, mamoneiras de porte baixo é um caráter interessante, que permite o seu cultivo em sistema de rotação de culturas, em espaçamentos estreitos e, conseqüentemente, aumenta a população de plantas (SORATTO et al., 2011). Assim, verifica-se que 57% dos grupos formados (1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 16, 17 e 19) apresentaram média para estatura da planta variando de 100 a 150 cm, sendo consideradas de porte baixo de acordo com a classificação do Mapa (BRASIL, 2008). Sampaio Filho et al. (2011), avaliando quatro cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no Recôncavo da Bahia, verificaram estatura de planta variando de 92 a 233 cm.

Contudo, os grupos 2, 7 e 10 foram os que apresentaram acessos com mais de quatro classes de interesse para os descritores qualitativos, e os grupos 8, 14, 15, 16 e 17 foram os que apresentaram melhor desempenho para os descritores quantitativos. Isto sugere possíveis cruzamentos entre os acessos destes grupos, que podem ocorrer para o desenvolvimento de híbridos, já que os acessos indicados poderão ser genitores divergentes com características complementares.

O coeficiente de correlação (CCC) pelo método Ward foi de 0,60, indicando moderado ajuste da análise de agrupamento em relação à matriz de dissimilaridade obtida pela distância de Gower.



Segundo a contribuição de Singh os descritores quantitativos de maior importância para a divergência genética entre as linhagens e os parentais foram produtividade 97,96%, estatura da planta 0,90%, número de sementes por racemo 0,56%, florescimento 0,32% e peso de sementes por racemo 0,22%. Destaque para o descritor produtividade que foi o que apresentou maior importância na discriminação, isto pode ser explicado pelo fato da expressão deste descritor ser influenciada por vários outros descritores. Furtado et al. (2014) em seu trabalho de rendimento e correlações da mamoneira consorciada, verificaram correlação positiva e significativa entre a produtividade de grãos com o comprimento do racemo, número de frutos por racemo e número de racemos por planta. Oliveira et al. (2013) avaliando a divergência genética de uma população segregante de mamoneiras no Recôncavo da Bahia constataram que os descritores de maior importância para a divergência foram, peso de frutos por planta, peso do cacho por planta, produtividade, peso do cacho e número de sementes por planta.

## **CONCLUSÕES**

As linhagens e os parentais do BAG de mamoneira da UFRB/CCAAB/NBIO possuem variabilidade genética para os descritores morfoagronômicos avaliados.

Existem no Banco de germoplasma em estudo, combinações genéticas promissoras, com potencial genético para serem usadas no programa de melhoramento genético que busca o desenvolvimento de novas cultivares de mamoneira.

Os descritores que mais contribuíram para a divergência foram produtividade, estatura da planta, número de sementes por racemo, florescimento e peso de sementes por racemo.

O método de agrupamento Ward foi eficiente para detectar divergência genética e agrupar as linhagens utilizando descritores morfoagronômicos qualitativos e quantitativos simultaneamente.

## **AGRADECIMENTOS**

À Petrobrás Biocombustível e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio técnico e financeiro.

## **Genetic divergence among castor lineages and parentals by ward method based on morphoagronomic descriptors**

**ABSTRACT:** This study was carried out to evaluate the genetic divergence between castor lineages and parental on Germplasm Bank of germplasm of Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, through morphological descriptors. The experiment was carried out from 2014 to 2015, in a randomized block design with four replications and 208 treatments. The genetic diversity analysis was performed by Ward method, which is very effective in the formation of groups, and by the Tocher Optimization method, through Gower distance, with the aid of R and GENES statistical software. The results reveal the formation of 21 groups, indicating the presence of variability in the Bank. Groups that presented promising hits are 2, 7, 8, 10, 14, 15, 16 and 17, suggesting possible crosses among these. The descriptors that contribute most to the divergence are yield, plant height, number of seeds per raceme, flowering and seed weight per raceme.

**KEY WORDS:** *Ricinus communis* L. Multivariate. Ward grouping. Variability.

## REFERÊNCIAS

Bahia HF, Silva SA, Fernandez LG, Ledo CAS e Moreira RFC (2008) Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira **Pesquisa Agropecuária Brasileira. 43:** 357-362.

Bezerra Neto FV, Leal NR, Gonçalves LSA, Rêgo Filho LM e Amaral Júnior AT (2010) Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas **Revista Ciência Agronômica. 41:** 294-299.

Brasil. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). (2008). DOU nº 147, de 01/08/2008, seção 1, p. 14-15. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc)>. Acesso em: 04. Mar. 2015.

Campos BM, Viana AP, Quintal SSR, Gonçalves LSA e Pessanha PGO (2013) Quantificação da divergência genética entre acessos de goiabeira por meio da estratégia Ward•MLM. **Revista Brasileira de Fruticultura. 35:** 571-578.

Cargnelutti Filho A, Ribeiro ND, Reis RCP, Souza JR e Jost E (2008) Comparação de métodos de agrupamento para o estudo da divergência genética em cultivares de feijão. **Ciência Rural. 38:** 2135-2148.

Cavalcante M, Paixão SL, Ferreira PV, Madalena JAS e Costa JG (2008) Divergência genética entre acessos de mamona em dez municípios de Alagoas. **Revista Caatinga. 21:** 111-115.

Charrad N, Ghazzali N, Boiteau V e Niknafs A. NbClust: NbClust package for determining the best number of clusters. R package version 2.0.1. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=NbClust>> Acesso em: 13 Out. 2014.

Cruz CD, Ferreira FM e Pessoni LA (2011) **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Suprema, Visconde do Rio Branco, 620 p.

Cruz CD (2014) Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística. Disponível em: <[www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm](http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm)> Acesso em: 27. Set 2015.

Domingos CA, Pereira DD, Cardoso LS, Teodoro RA e Castro VA (2012) Biodiesel – Proposta de Um Combustível Alternativo. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia**. 5: 134-178.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1993) **Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical**. Embrapa, Cruz das Almas, 126 p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>> Acesso em 13 Set. 2015.

Furtado GF, Souza AS, Sousa Júnior JR, Sousa JRM, Lacerda RRA e Silva SS (2014) Rendimento e correlações da mamoneira consorciada com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 18: 892-898. [online]. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n9/v18n09a03.pdf>> Acesso em: 20 out. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201508.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201508.pdf)> Acesso em: 10 Set. 2015.

Lara ACC, Zanotto MD, Okita CH (2012) Influência do ambiente em características relacionadas ao florescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 7: 44-50. Disponível em: <

[http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=agraria\\_v7i1a1364](http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=agraria_v7i1a1364)> Acesso em: 10 Set. 2014.

Oliveira RS, Silva SA, Brasileiro BP, Medeiros EP e Anjos EVA (2013). Genetic divergence on castor bean using the ward-mlm strategy. **Revista Ciência Agronômica. 44:** 564-570.

Pereira VM, Borges CV, Brandão LP, Oliveira LS, Souza CPF, Gonçalves ZS, Silva SO, Serejo JAS, Ferreira CF, Amorim EP e Ledo CAS (2012) Genetic diversity between improved banana diploids using canonical variables and the Ward-MLM method. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. 47:** 1480-1488.

Pivetta LG, Zanotto MD, Tomaz CA, Pivetta LA, Fioreze ACL e Zoz T (2015) Avaliação de genótipos de mamona em diferentes níveis de adubação. **Revista de Agricultura Neotropical. 2:** 09-18.

R CORE TEAM. (2014) **R: A language and environment for statistical computing**. Foundation for Statistical Computing, Viena. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 13 Out. 2014.

Rocha MC, Gonçalves LSA, Rodrigues R, Silva PRA, Carmo MGF e Abboud ACS (2010) Uso do algoritmo de Gower na determinação da divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja **Acta Scientiarum. Agronomy. 32:** 423-431.

Rodrigues HCA, Carvalho SP e Carvalho AA (2014) Determinação da divergência genética entre acessos de mamoneira por meio de caracteres binários e multicategóricos. **Revista de Ciências Agroveterinárias. 13:** 247-254.

Sampaio Filho, O. M., Silva, S. A., Bahia, H. F., Silva, M. S. & Carvalho, D. S. (2011). Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Educação Ambiental. 6:** 28-34.

Savy Filho A, Amorim EP, Ramos NP, Martins ALM e Cavichioli JC (2007) Novas Cultivares - IAC-2028: nova cultivar de mamona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. 42:** 449-452.

Silva SA, Bahia HF, Cerqueira LS, Sampaio Filho OM, Passos AR, Machado EL, Prazeres AG, Oliveira RS, Santos LA, Almeida VO, Brasileiro HS, Saldanha RB, Silva V, Alves JS, Sousa FQ & Silva MS (2013) Banco de germoplasma de mamona da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. In: Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste (I RGVNE), 2013, Cruz das Almas, BA. **Magistra. 25:** 62-111.

Soratto RP, Souza-Schlick GD, Giacomo BMS, Zanotto MD e Fernandes AM (2011) Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. 46:** 245-253.

Souza FF, Queiróz MA e Dias RSC (2005) Divergência genética em linhagens de melancia. **Horticultura Brasileira. 23:** 179-183.

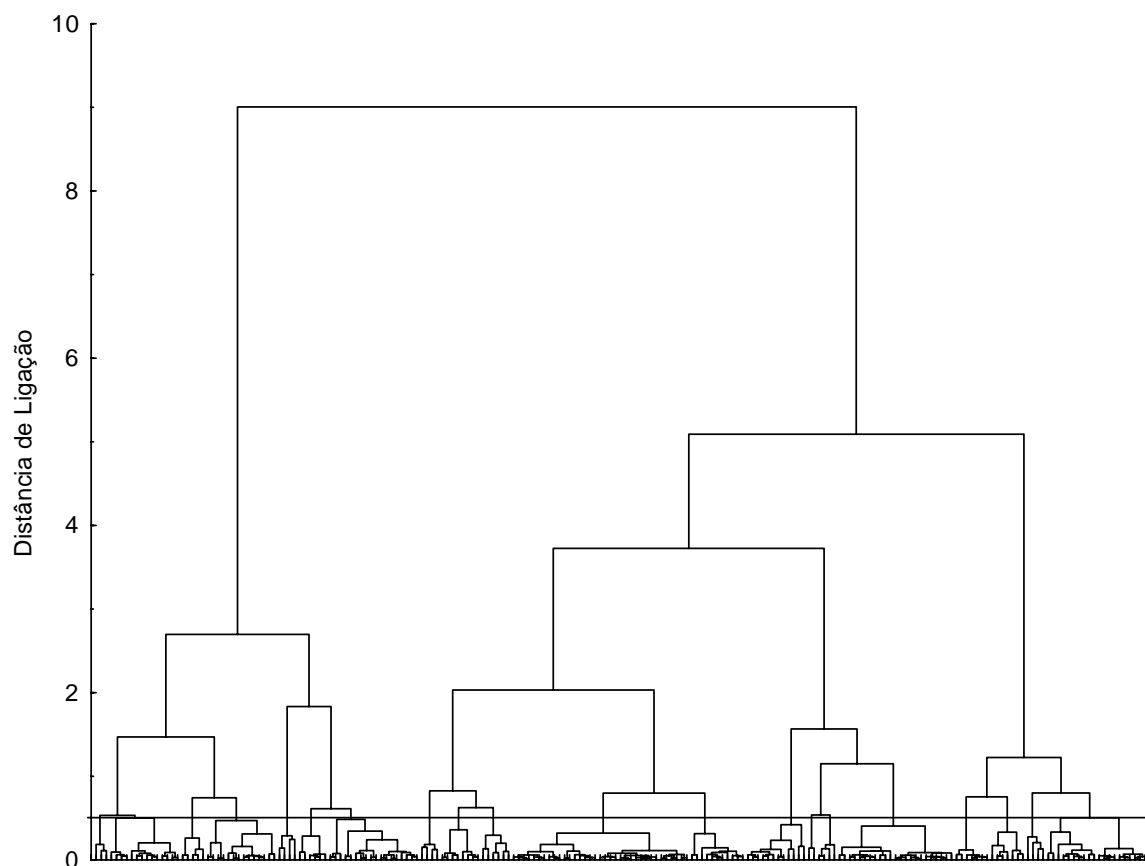
.

**Tabela 1.** Parentais e linhagens de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Avaliados em Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

<b>Parentais de mamoneira</b>						
Mirante 10 - EBDA MPA-17 - BRS 149 Nordestina - BRS 188 Paraguaçu - Sipeal						
28						
<b>Linhagens de mamoneira do BAG da UFRB/NBIO</b>						
UFRB 1	UFRB 39	UFRB 74	UFRB 119	UFRB 153	UFRB 195	UFRB 234
UFRB 2	UFRB 40	UFRB 77	UFRB 121	UFRB 154	UFRB 197	UFRB 235
UFRB 3	UFRB 41	UFRB 78	UFRB 122	UFRB 159	UFRB 198	UFRB 236
UFRB 4	UFRB 42	UFRB 79	UFRB 123	URB 160	UFRB 199	UFRB 237
UFRB 5	UFRB 43	UFRB 80	UFRB 124	UFRB 165	UFRB 201	UFRB 238
UFRB 6	UFRB 44	UFRB 81	UFRB 125	UFRB 169	UFRB 202	UFRB 239
UFRB 7	UFRB 45	UFRB 82	UFRB 126	UFRB 170	UFRB 203	UFRB 240
UFRB 9	UFRB 46	UFRB 83	UFRB 128	UFRB 171	UFRB 204	UFRB 241
UFRB 10	UFRB 47	UFRB 84	UFRB 129	UFRB 173	UFRB 205	UFRB 242
UFRB 11	UFRB 48	UFRB 86	UFRB 130	UFRB 174	UFRB 206	UFRB 244
UFRB 13	UFRB 51	UFRB 87	UFRB 131	UFRB 175	UFRB 208	UFRB 245
UFRB 14	UFRB 52	UFRB 89	UFRB 132	UFRB 176	UFRB 209	UFRB 246
UFRB 15	UFRB 53	UFRB 90	UFRB 133	UFRB 177	UFRB 211	UFRB 247
UFRB 16	UFRB 54	UFRB 91	UFRB 134	UFRB 178	UFRB 212	UFRB 248
UFRB 17	UFRB 55	UFRB 93	UFRB 135	UFRB 179	UFRB 213	UFRB 249
UFRB 18	UFRB 56	UFRB 94	UFRB 136	UFRB 180	UFRB 214	UFRB 250
UFRB 19	UFRB 57	UFRB 95	UFRB 137	UFRB 181	UFRB 216	UFRB 251
UFRB 23	UFRB 60	UFRB 96	UFRB 138	UFRB 182	UFRB 217	UFRB 252
UFRB 24	UFRB 61	UFRB 97	UFRB 139	UFRB 183	UFRB 219	UFRB 253
UFRB 25	UFRB 62	UFRB 101	UFRB 140	UFRB 184	UFRB 220	UFRB 254
UFRB 28	UFRB 63	UFRB 102	UFRB 141	UFRB 185	UFRB 222	UFRB 255
UFRB 29	UFRB 65	UFRB 108	UFRB 144	UFRB 186	UFRB 223	UFRB 256
UFRB 31	UFRB 66	UFRB 109	UFRB 145	UFRB 187	UFRB 224	UFRB 257
UFRB 32	UFRB 7	UFRB 112	UFRB 146	UFRB 188	UFRB 227	UFRB 258
UFRB 33	UFRB 69	UFRB 113	UFRB 147	UFRB 189	UFRB 228	UFRB 259
UFRB 34	UFRB 70	UFRB 114	UFRB 148	UFRB 190	UFRB 229	UFRB 262
UFRB 35	UFRB 71	UFRB 115	UFRB 149	UFRB 191	UFRB 230	UFRB 263
UFRB 36	UFRB 72	UFRB 116	UFRB 151	UFRB 192	UFRB 231	UFRB 264
UFRB 38	UFRB 73	UFRB 117	UFRB 152	UFRB 193	UFRB 232	UFRB 265

Fonte: UFRB/CCAAB/NBIO, com elaboração própria.





**Figura 1.** Representação gráfica da divergência genética entre 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO por meio de descritores morfoagronômicos, obtida a partir do método Ward, com base na distância de dissimilaridade genética de Gower. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

**Tabela 2.** Agrupamento de 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO conforme o método de Otimização de Tocher com base em descritores morfoagronômicos. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Grupos	Linhagens e Parentais	Número de acessos	Dissimilaridade média intragrupo
1	42 90 254 144 145 69 227 29	93	0,139
	83 170 183 165 121 179 181		
	19 57 43 176 95 51 192 34		
	47 6 35 109 61 160 232 159		
	139 173 13 213 45 4 71 60		
	147 70 73 175 17 NORDESTINA		
	180 197 119 15 40 138 177		
	223 174 1 178 14 80 195 66		
	77 PARAGUAÇU 184 151 193		
	128 224 129 63 149 9 264 114		
	3 236 23 53 28 113 18 187		
	124 135 262 258 191 44 87		
	56 136 48 244 16		
2	74 214 239 11 MPA/EBDA 228	33	0,1463
	252 206 241 208 86 255 117		
	259 84 182 101 32 256 96 33		
	171 SIPEAL 220 245 97 78 237		
	263 72 62 94 240		
3	126 238 108 231 230 148 211	22	0,1577
	137 242 222 217 257 125 216		
	201 209 46 7 2 146 234 25		
4	39 249 133 38 112 55 140 67	16	0,1488
	141 202 152 250 52 186 65		
5	131		
5	188 204 132 116 205 93 91	10	0,0979
	190 81 115		
6	189 229 153 203 199	5	0,1622
7	246 247 54 MIRANTE	4	0,1468
8	31 79 154 219	4	0,1638
9	10 185	2	0,1027
10	82 89	2	0,1139
11	123 212 130 169	4	0,154
12	198 253	2	0,1431
13	41 102	2	0,1437
14	5 265	2	0,1582
15	134	1	0,0000
16	248	1	0,0000
17	122	1	0,0000
18	36	1	0,0000
19	235	1	0,0000
20	24	1	0,0000
21	251	1	0,0000

Linhagens de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO, numeradas de 1 a 265; e parentais PAR (BRS 188 Paraguaçu), NOR (BRS 149 Nordestina), MIR (Mirante 10), MPA (EBDA MPA - 17) e SIP (Sipeal 28).

**Tabela 3.** Descritores e número de linhagens por classe de características qualitativas em cada um dos 21 grupos formados pelo método de Otimização de Tocher, para 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Descritores	Grupos																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>IRP</b>																					
Baixa	3	33					4		2	2		2			1			1	1	1	
Média	90		22	16	10	5		4	2		2			2	1		1	1			
Alta												2									
<b>DC</b>																					
Fino	92	33	22	16	9		4	4	2	2	4		2	2	1	1	1	1	1	1	1
Médio	1				1	5							2								
Grosso																					
<b>CMIC</b>																					
Curto		1								2			2							1	1
Médio	91	32	21	16	10	5	4	4	2		4	1				1	1	1	1		
Longo	2		1									1		2	1						
<b>NIC</b>																					
Baixo	2	33	15				4			2	2					1	1		1		1
Médio	68		4	8		1		4			2		2	2				1			
Alto	23		3	8	10	4			2			2			1						1
<b>NRC</b>																					
Baixo	1			1	10								2					1			1
Médio	78	20		5		2	1	2	2		4	2				1	1				1
Alto	14	13	22	10		3	3	2		2				2	1					1	
<b>DEF</b>																					
Deiscente	3	7	2	16		1	1				4									1	
Semideiscente	88	25	18		9	4		1		1		2	1	2		1		1			1
Indeiscente	2	1	2		1		3	3	2	1			1		1		1				

IRP: Inserção do racemo primário (Baixa: até 50 cm; Média: 51 a 100 cm; Alta: maior de 100 cm); DC: Diâmetro do caule (Fino: menor de 3 cm; Médio: 3 a 6 cm; Grosso: maior de 6 cm); CMIC: Comprimento médio do internódios (Curto: menor de 2 cm; Médio: 3 a 5 cm; Longo: maior de 5 cm); NIC: Número de internódios (Baixo: até 15; Médio: 16 a 18; Alto: maior de 7); NRC: Número de racemos comerciais (Baixo: até 3; Médio: 4 a 7; Alto: maior de 7) e DEF: Deiscência dos frutos (Deiscente; Semideiscente; Indeiscente).

**Tabela 4.** Média dos descritores quantitativos para cada um dos 21 grupos formados pelo método de Otimização de Tocher, avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Grupos	Descritores						
	CR	CER	PSR	NSR	PROD	FLO	EP
1	17.52	10.59	36.30	66	663.82	88	123.44
2	16.81	10.84	39.63	66	720.67	69	113.69
3	20.29	12.80	48.17	82	937.01	76	138.57
4	20.03	11.13	38.36	75	742.61	89	142.51
5	20.74	13.16	37.39	74	516.60	109	131.95
6	21.21	11.07	40.79	81	830.97	88	156.15
7	21.78	13.94	50.50	89	991.41	69	133.52
8	22.96	16.85	61.92	111	1100.73	83	153.55
9	17.00	9.60	36.90	64	770.08	97	138.63
10	18.69	9.75	41.23	61	782.99	50	116.75
11	12.34	6.74	18.26	34	308.89	89	101.33
12	27.22	17.60	46.44	90	986.29	99	189.08
13	11.76	6.07	15.91	32	254.48	101	65.00
14	22.95	15.57	64.98	97	1404.83	68	179.63
15	20.05	16.00	46.32	91	1013.33	94	159.50
16	24.30	17.83	66.18	104	1270.67	68	111.50
17	25.88	15.68	44.19	127	889.67	74	130.00
18	12.00	7.83	11.12	44	214.67	116	66.00
19	16.35	6.91	23.74	42	395.37	62	124.00
20	9.40	4.73	9.40	17	163.00	98	82.00
21	6.25	3.60	3.88	12	34.50	52	45.00

CR: Comprimento do racemo (cm); CER: Comprimento efetivo do racemo (cm); PSR: Peso de sementes por racemo (g); NSR: Número de sementes por racemo (unidade); PROD: Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); FLO: Florescimento (dias); e EP: Estatura da planta (cm).

## **CAPÍTULO 3**

### **CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA PARA DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS EM LINHAGENS E PARENTAIS DE MAMONEIRA**

## Correlações e análise de trilha para descritores morfoagronômicos em linhagens e parentais de mamoneira

### Correlations and path analysis for morphological descriptors in lins and parental of castor bean

**RESUMO:** O estudo de correlação e análise de trilha para avaliar a associação existente entre diversos descritores e seu efeito sobre a produtividade, tem auxiliado no desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas aos diferentes cultivos. Sendo assim, este trabalho objetivou verificar as correlações e o efeito direto e indireto de descritores morfoagronômicos sobre a produtividade de mamoneiras. O experimento foi conduzido no período de 2014 a 2015, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram 208 tratamentos compostos por linhagens e parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Os dados foram submetidos à análise de variância e estimados o coeficiente de herdabilidade, o coeficiente de variação genético e a razão do coeficiente de variação genético pelo coeficiente de variação ambiental. Em seguida, foi realizado o teste de multicolineariedade com base na matriz de correlação de Pearson. Pela análise de trilha as correlações foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos dos descritores independentes, sobre o descritor dependente principal, produtividade. As análises foram realizadas com o auxílio do programa GENES. Os descritores que exercem maiores efeitos diretos no sentido positivo sobre a produtividade são peso de frutos por racemo e número de sementes por racemo e os descritores com maior efeito direto no sentido negativo são o número de internódios do caule e o florescimento, indicando que as linhagens com menor número de internódios e que levam menos dias para florescer são mais produtivas. Estes descritores podem ser eficientes na identificação de linhagens produtivas.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L. Seleção. Produtividade.

**ABSTRACT:** The correlation study and path analysis to assess the association between various descriptors and their effect on yield has helped in the development of more productive cultivars, better adapted to different crops. Thus, this study aimed to determine the correlations and the direct and indirect effects of morphological descriptors on castor yield. The experiment was carried out from 2014 to 2015, in a randomized block design with four replications. There were 208 treatments composed of castor lines and parentals from Germplasm Bank of Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. The data were submitted to variance analysis and had the heritability coefficient, the genetic variation coefficient and the reason of the genetic coefficient variation by environmental variation coefficient estimated. It was then performed the multicollinearity test based on Pearson's correlation matrix. Path analysis correlations were deployed in direct and indirect effects of self-descriptors, on the main dependent descriptor, yield. The analyses were performed with the aid of GENE program. The descriptors that places greater direct effects in the positive direction on productivity are the result of weight per raceme and number of seeds per raceme and the descriptors with more direct effect in the negative direction is the stem number of internodes and flowering, indicating that the lines with fewer internodes and taking fewer days to flourish are more productive. These descriptors can be effective in identifying productive strains.

**KEY WORDS:** *Ricinus communis* L. Selection. Yield.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) apresenta grande valor econômico e social para o Brasil, já que o país é um dos maiores produtores mundiais de sementes desta espécie (FAOSTAT, 2015). Deste modo, o melhoramento genético da mamoneira pode contribuir para aumentar esta produção, por meio do desenvolvimento de novas cultivares.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) a produtividade média nacional de mamoneira em agosto de 2015 foi de 737 kg ha<sup>-1</sup>, sendo inferior a média de desempenho encontrada por vários autores, mais de 1500 kg ha<sup>-1</sup> no Planalto Catarinense (VERISSIMO *et al.*, 2009); 1617 kg ha<sup>-1</sup> nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro (BEZERRA NETO *et al.*, 2010); 911 kg ha<sup>-1</sup> na região de Londrina no Paraná (ZORZENONI *et al.*, 2011); e 823 kg ha<sup>-1</sup> no Recôncavo da Bahia (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Esta baixa produtividade nacional leva à busca de estratégias de avaliação e seleção visando o aumento do desempenho da espécie. Entretanto, a produtividade é considerada um caráter de difícil seleção pelo grande efeito direto e indireto de outros descritores sobre a expressão genética do mesmo (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

Desta forma, a análise de correlação possibilita maior eficiência na seleção, já que possibilita identificar descritores de alta herdabilidade que sejam altamente correlacionados com a produtividade para a obtenção de ganhos genéticos (MOREIRA *et al.*, 2013). No entanto, a análise de correlação determina somente se há relação entre os descritores, sem explicar a influência destes sobre um descritor desejado (CABRAL *et al.*, 2011).

Wright (1921) propôs um método de desdobramento das correlações denominado Análise de Trilha, para compreender os efeitos diretos e indiretos dos descritores sobre um descritor principal. Esta análise auxilia melhoristas na seleção de genótipos superiores em diversas culturas, como mamoneira (PINTO *et al.*, 2011 e TORRES *et al.*, 2015), feijoeiro (CARGNELUTTI FILHO; STORCK e RIBEIRO, 2009; CABRAL *et al.*, 2011), mamoeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2010), batata-doce (MARCHESE, 2010), girassol (RIGON; RIGON e CAPUANI, 2014) e jabuticabeira (SALLA *et al.*, 2015).



No entanto, altas variâncias podem afetar os coeficientes de regressão pelo efeito da multicolineariedade que pode tornar a análise de trilha pouco confiável. Segundo Cabral *et al.* (2011) esse efeito ocorre pela inter-relações entre as variáveis independentes, que são avaliadas antecipadamente. Cargnelutti Filho; Storck e Ribeiro (2009) comentam que a análise em presença de multicolineariedade moderada a severa produz resultados sem nenhuma importância biológica. Rodrigues *et al.* (2010) e Salla *et al.* (2015) explicam que há duas formas para contornar este problema, uma pela análise de trilha sob multicolineariedade com todas as variáveis, utilizando a análise de regressão em crista. E a outra forma, que elimina determinadas variáveis para obter Número de Condição (NC) menor que 100 e depois procede a análise de trilha com as variáveis restantes.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar as correlações de descritores e seus desdobramentos em efeito diretos e indiretos por meio de análise de trilha, sobre a produtividade de linhagens e parentais de mamoneiras do Banco de germoplasma da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) desenvolvido pelo Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi implantado no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias e Biológicas (CCABB), pertencente à UFRB, no município de Cruz das Almas-BA, localizado a 12°40'39" de Latitude Sul, 39°40'23" de Longitude Oeste, altitude de 220 m, temperatura média de 24,5°C, umidade relativa de 82%, precipitação média anual de 1.197 mm. Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo C1 seco e subúmido, de transição entre as zonas Am e Aw. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico A - moderado de textura franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1993).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com quatro repetições e 208 tratamentos, compostos por 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do BAG da UFRB/CCAAB/NBIO (Tabela 1).

O experimento foi implantado em maio de 2014, em área preparada para plantio com aração e gradagem. Foi realizada a correção do solo e a adubação na

cova de plantio, na dosagem de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K. Utilizou-se o espaçamento 3x1 m. A semeadura foi feita com três sementes em cada cova e após 25 dias da germinação realizou-se o desbaste, deixando uma planta por cova.

**Tabela 1.** Parentais e linhagens de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Avaliados em Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Parentais de mamoneira						
Mirante 10 - EBDA MPA-17 - BRS 149 Nordestina - BRS 188 Paraguaçu - Sipeal						
28						
Linhagens de mamoneira do BAG da UFRB/NBIO						
UFRB 1	UFRB 39	UFRB 74	UFRB 119	UFRB 153	UFRB 195	UFRB 234
UFRB 2	UFRB 40	UFRB 77	UFRB 121	UFRB 154	UFRB 197	UFRB 235
UFRB 3	UFRB 41	UFRB 78	UFRB 122	UFRB 159	UFRB 198	UFRB 236
UFRB 4	UFRB 42	UFRB 79	UFRB 123	URB 160	UFRB 199	UFRB 237
UFRB 5	UFRB 43	UFRB 80	UFRB 124	UFRB 165	UFRB 201	UFRB 238
UFRB 6	UFRB 44	UFRB 81	UFRB 125	UFRB 169	UFRB 202	UFRB 239
UFRB 7	UFRB 45	UFRB 82	UFRB 126	UFRB 170	UFRB 203	UFRB 240
UFRB 9	UFRB 46	UFRB 83	UFRB 128	UFRB 171	UFRB 204	UFRB 241
UFRB 10	UFRB 47	UFRB 84	UFRB 129	UFRB 173	UFRB 205	UFRB 242
UFRB 11	UFRB 48	UFRB 86	UFRB 130	UFRB 174	UFRB 206	UFRB 244
UFRB 13	UFRB 51	UFRB 87	UFRB 131	UFRB 175	UFRB 208	UFRB 245
UFRB 14	UFRB 52	UFRB 89	UFRB 132	UFRB 176	UFRB 209	UFRB 246
UFRB 15	UFRB 53	UFRB 90	UFRB 133	UFRB 177	UFRB 211	UFRB 247
UFRB 16	UFRB 54	UFRB 91	UFRB 134	UFRB 178	UFRB 212	UFRB 248
UFRB 17	UFRB 55	UFRB 93	UFRB 135	UFRB 179	UFRB 213	UFRB 249
UFRB 18	UFRB 56	UFRB 94	UFRB 136	UFRB 180	UFRB 214	UFRB 250
UFRB 19	UFRB 57	UFRB 95	UFRB 137	UFRB 181	UFRB 216	UFRB 251
UFRB 23	UFRB 60	UFRB 96	UFRB 138	UFRB 182	UFRB 217	UFRB 252
UFRB 24	UFRB 61	UFRB 97	UFRB 139	UFRB 183	UFRB 219	UFRB 253
UFRB 25	UFRB 62	UFRB 101	UFRB 140	UFRB 184	UFRB 220	UFRB 254
UFRB 28	UFRB 63	UFRB 102	UFRB 141	UFRB 185	UFRB 222	UFRB 255
UFRB 29	UFRB 65	UFRB 108	UFRB 144	UFRB 186	UFRB 223	UFRB 256
UFRB 31	UFRB 66	UFRB 109	UFRB 145	UFRB 187	UFRB 224	UFRB 257
UFRB 32	UFRB 7	UFRB 112	UFRB 146	UFRB 188	UFRB 227	UFRB 258
UFRB 33	UFRB 69	UFRB 113	UFRB 147	UFRB 189	UFRB 228	UFRB 259
UFRB 34	UFRB 70	UFRB 114	UFRB 148	UFRB 190	UFRB 229	UFRB 262
UFRB 35	UFRB 71	UFRB 115	UFRB 149	UFRB 191	UFRB 230	UFRB 263
UFRB 36	UFRB 72	UFRB 116	UFRB 151	UFRB 192	UFRB 231	UFRB 264
UFRB 38	UFRB 73	UFRB 117	UFRB 152	UFRB 193	UFRB 232	UFRB 265

Fonte: UFRB/CCAAB/NBIO, com elaboração própria.

Realizaram-se duas adubações de cobertura com ureia e cloreto de potássio na proporção 2:1 (20 g e 10 g por planta), respectivamente. Durante a condução do experimento as plantas espontâneas foram controladas com várias capinas manuais, e no florescimento das mamoneiras o mofo cinzento (*Amphobotrys ricini*) foi controlado com aplicações de fungicidas.

Foram avaliados dez descritores morfoagronômicos, alguns propostos pelo Mapa (BRASIL, 2008) e outros sugeridos pelo NBIO, sendo: IRP - Inserção do racemo primário (medição realizada com uma trena do solo até o ponto de inserção do primeiro racemo); DC - Diâmetro do caule (no terço médio do caule, utilizando um paquímetro digital); NIC - Número de internódios do caule (contagem do número de cicatrizes presentes no caule); FLO - Florescimento da planta (subtraindo a data de florescimento pela data de germinação); EP - Estatura da planta (medição realizada com uma trena do solo até o ápice do ramo mais alto da planta); CR - Comprimento do racemo (média do comprimento dos três primeiros racemos); NFR - Número de frutos por racemo (média do número de frutos dos três primeiros racemos); PFR - Peso dos frutos por racemo (média do peso dos frutos dos três primeiros racemos); RSF - Rendimento de sementes por fruto (porcentagem do peso das sementes pelo peso dos frutos) e PROD - Produtividade (calculou-se a estimativa em  $\text{kg ha}^{-1}$  por planta).

Os dados foram submetidos à análise de variância com significância avaliada pelo teste F ao nível de 1% e 5% de probabilidade. Em seguida, calculou-se a estimativa de herdabilidade ( $h^2$ ), o coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) e a razão do coeficiente de variação genético pelo coeficiente de variação ambiental ( $CV_g/CV_e$ ). Sequencialmente, foram observados os coeficientes de correlação de Pearson entre os descritores, avaliado pelo teste t de Student a 1% de probabilidade. Para verificar o grau de multicolineariedade, a matriz de correlação foi submetida ao teste de multicolineariedade Montgomery e Peck (1981), o qual é calculado com base no número de condição (NC), que é o valor obtido pela divisão entre o maior e o menor autovalor da matriz, em que  $NC \leq 100$  é considerada multicolineariedade fraca entre as variáveis,  $100 < NC < 1000$  multicolineariedade moderada a forte e  $NC \geq 1000$  multicolineariedade severa. Sob multicolineariedade fraca, os coeficientes de correlação foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos dos descritores independentes (IRP, DC, NIC, FLO, EP, CR, NFR, PFR e RS) sobre o descritor dependente (PROD) por meio da análise

de trilha. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciaram diferenças significativas entre as linhagens e os parentais para todos os descritores avaliados (Tabela 2). Os descritores rendimento de semente por fruto, número de internódios do caule, florescimento, inserção do racemo primário, diâmetro do caule, estatura da planta e comprimento do racemo apresentaram coeficiente de variação (CV%) abaixo de 25%; o número de frutos por racemo, peso dos frutos por racemo e produtividade variaram de 37,80 a 51,04%. Estes valores elevados se devem ao fato dos descritores estudados serem governados por vários genes e influenciados pelo ambiente (SILVA et al., 2012).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância, estimativa de herdabilidade ( $h^2$ ), coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) e a razão do coeficiente de variação genético pelo coeficiente de variação ambiental ( $CV_g/CV_e$ ), para dez descritores morfoagronômicos, avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Descritores	QM	F	$CV_e$ (%)	$h^2$ (%)	$CV_g$ (%)	Razão $CV_g/CV_e$
CR	31,46	1,51**	24,70	33,87	9,97	0,40
NFR	116,46	1,46**	37,80	31,54	14,47	0,38
PROD	71105,18	1,30*	51,04	23,24	15,84	0,31
IRP	729,70	3,75**	23,30	73,35	21,66	0,93
DC	51,95	2,30**	22,77	56,49	14,53	0,64
NIC	26,69	4,84**	13,97	79,33	15,33	1,10
FLO	543,15	2,37**	18,07	57,74	11,83	0,65
EP	1406,89	1,52**	23,53	34,08	9,47	0,40
RSF	97,05	1,65**	12,47	39,45	5,67	0,45
PFR	905,60	1,33**	40,12	24,92	13,04	0,32

\*\* , \* Significativo a 1 % e 5% de probabilidade pelo teste F.

CR: Comprimento do racemo; NFR: Número de frutos por racemo; PROD: Produtividade; IRP: Inserção do racemo primário; DC: Diâmetro do caule; NIC: Número de internódios no caule; FLO: Florescimento da planta; EP: Estatura da planta; RSF: Rendimento de sementes por fruto; e PFR: Peso dos frutos por racemo.

No entanto, o coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) variou de 5,67% para o descritor rendimento de sementes por fruto a 21,66% para inserção do racemo

primário, o que indica que este último descritor mostra maior variabilidade, sendo promissor para a seleção direta de linhagens superiores. Oliveira *et al.* (2010) em estudo de correlação genéticas entre descritores morfoagronômicos em frutos de mamoeiro encontrou variação de 12,31 a 60,54% para comprimento do pecíolo da folha e número de frutos comerciais, respectivamente. Esses autores comentaram que altos valores de  $CV_g$  se devem à variabilidade intra-acesso avaliado.

Marchese (2010) comenta que quando a razão do coeficiente de variação genético pelo coeficiente de variação ambiental ( $CV_g/CV_e$ ) é maior ou próxima a 1, indica a existência de variabilidade genética, que garante o sucesso na seleção de germoplasma com potencial para o desenvolvimento de nova cultivar. Assim, dentre os descritores avaliados os que apresentaram maior variação genética foram número de internódios do caule, com  $CV_g/CV_e$  de 1,10, e inserção do racemo primário, com 0,93. Os demais descritores apresentaram pouca variabilidade genética devido à elevada variação de ambiente, sendo a razão  $CV_g/CV_e$  de 0,31 para produtividade a 0,65 para florescimento.

Para um método de melhoramento de planta ser eficiente é necessário conhecimento sobre o caráter de seleção e o seu coeficiente de herdabilidade, já que essas informações ajudam na seleção (ALLARD, 1999; FALCONER, 1987; CARVALHO *et al.*, 2008). Desta forma, os descritores que apresentaram elevada herdabilidade foram número de internódios do caule, com (79,33%), e inserção do racemo primário, com (73,35%), podendo ser utilizados como critério de seleção para obter maiores progressos no ganho genético. Entretanto, os descritores que exibiram baixa herdabilidade necessitam de cautela na seleção e de métodos de melhoramento mais rigorosos, já que os efeitos de ambiente se sobrepõem aos genéticos na manifestação do fenótipo.

O descritor estatura da planta, por ser um caráter de adaptação e bastante influenciado pelo ambiente apresentou baixa herdabilidade (34,08%). Passos *et al.* (2010) constataram herdabilidade para este caráter de 28%, 47%, 69% e 38%, em populações fixas e segregantes de cruzamentos de cultivares de mamoneira. Já Da Silva *et al.* (2011) caracterizando cultivares de mamoneira indicadas para cultivo no Sul do Brasil verificaram herdabilidade para este caráter de 25% e comentaram que as condições do ambiente, temperatura, precipitação adequada e adubação podem favorecer o crescimento da planta e que condições desfavoráveis ocasionam prejuízos sobre este caráter.

Segundo Nogueira *et al.* (2012) no estudo de correlação devem ser observadas a magnitude, a direção e a significância. O coeficiente positivo significa que quando uma variável aumenta a outra também aumenta, e o coeficiente negativo significa que quando uma variável aumenta a outra diminui. Assim, as correlações entre alguns descritores podem auxiliar na seleção de linhagens superiores, quando um descritor de interesse é de difícil aferição. Desta forma, poderia selecionar através de uma seleção indireta, através de um descritor com elevada herdabilidade que tenham alta correlação com o descritor desejado. Ou ainda, poderia ser útil na seleção simultânea de descritores de interesse.

Nesse sentido, verificou-se que com exceção de número de internódios do caule e rendimento de semente por fruto, todos os demais descritores apresentaram correlação significativa com o descritor de interesse produtividade. Os maiores valores de correlação significativa positiva foram observadas entre produtividade e peso dos frutos por racemo, com (0,85), e entre produtividade e estatura da planta com (0,51). Por outro lado, a menor correlação significativa positiva observada foi entre produtividade e inserção do racemo primário com (0,17), (Tabela 3).

**Tabela 3.** Coeficiente de correlação de Pearson para dez descritores morfoagronômicos, avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma de mamoneira da UFRB/CCAAB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

	CR	NFR	PROD	IRP	DC	NIC	FLO	EP	RSF	PFR
CR	1	0,78**	0,66**	0,43**	0,45**	0,22**	-0,00 <sup>ns</sup>	0,58**	-0,22**	0,76**
NFR		1	0,73**	0,31**	0,35**	0,11 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	0,46**	-0,01 <sup>ns</sup>	0,81**
PROD			1	0,17*	0,29**	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,35**	0,51**	0,07 <sup>ns</sup>	0,85**
IRP				1	0,75**	0,84**	0,60**	0,63**	-0,47**	0,32**
DC					1	0,66**	0,39**	0,60**	-0,38**	0,39**
NIC						1	0,82**	0,32**	-0,56**	0,12 <sup>ns</sup>
FLO							1	0,02 <sup>ns</sup>	-0,49**	-0,14*
EP								1	-0,25**	0,52**
RSF									1	-0,07 <sup>ns</sup>
PFR										1

\*\*,\* Significativo a 1 % e 5% de probabilidade pelo teste t; e ns não significativo.

CR: Comprimento do racemo; NFR: Número de frutos por racemo; PROD: Produtividade; IRP: Inserção do racemo primário; DC: Diâmetro do caule; NIC: Número de internódios do caule; FLO: Florescimento da planta; EP: Estatura da planta; RSF: Rendimento de sementes por fruto e PFR: Peso dos frutos por racemo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Furtado *et al.* (2014) que ao estudarem o rendimento e a correlação de mamoneira com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano, verificaram correlação positiva e significativa da produtividade de grãos nas cultivares IAC 2028 e BRS Nordestina com o número de frutos por racemo (0,56) e o comprimento do racemo (0,61), sendo que o maior comprimento de racemo proporciona maior número de frutos resultando em racemos mais pesados que favorecem a produtividade por planta.

Em relação ao descritor florescimento, este foi o único que apresentou correlação significativa negativa (-0,45) com a produtividade, indicando que à medida que a planta leva mais dias para florescer a produtividade é reduzida.

Segundo Cabral *et al.* (2011) o estudo de correlação fenotípica e a análise de trilha é uma excelente combinação para avaliar a contribuição de um descritor para o aumento da produtividade. Por sua vez, a análise de trilha revelou que os descritores com maior efeito direto no sentido negativo sobre a produtividade, foram número de internódios do caule com (-0,22), e o florescimento com (-0,14). Desta forma, estes descritores podem facilitar e acelerar a seleção de linhagens superiores, principalmente número de internódios do caule que apresentou elevada herdabilidade, 79,33% (Tabela 2). Já o descritor florescimento, pode ser utilizado na seleção indireta de linhagens mais precoces, visando à obtenção de mamoneiras mais produtivas, contribuindo com a redução de gasto no manejo e produção, uma vez que as linhagens levam menos tempo para florescer.

O alto efeito direto no sentido positivo de peso dos frutos por racemo com (0,67) e número de frutos por racemo (0,13), (Tabela 4) estão de acordo com a estimativa de correlação de Pearson que indicou alto valor de correlação entre estes descritores e a produtividade, indicando que as plantas mais produtivas apresentam maior número de frutos, sendo estes mais pesados.

Apesar do descritor número de internódios do caule não apresentar efeito significativo na correlação simples (Tabela 3), este descritor apresentou efeito direto negativo e significativo para a seleção de linhagens mais produtivas. Isto se deve aos efeitos indiretos que mascaram o seu efeito na expressão da produtividade. Portanto, este descritor pode ser utilizado para a seleção indireta de linhagens produtivas, uma vez que este manifesta antes da produção de sementes.

**Tabela 4.** Estimativas dos efeitos diretos e indiretos de nove descritores sobre a produtividade de sementes, avaliados em 203 linhagens e cinco parentais de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/NBIO. Cruz das Almas-BA, 2014-2015.

Descritores	Efeito direto	Efeito indireto									Total
		CR	NFR	IRP	DC	NIC	FLO	EP	RSF	PFR	
CR	-0,03		0,10	0,03	0,04	-0,05	0,00	0,05	-0,00	0,51	0,66
NFR	0,13	-0,02		0,02	0,03	-0,02	0,01	0,04	-0,00	0,54	0,73
IRP	0,08	-0,01	0,04		0,07	-0,18	-0,08	0,06	-0,01	0,21	0,17
DC	0,09	-0,01	0,05	0,02		-0,14	-0,05	0,05	-0,01	0,26	0,29
NIC	-0,22	-0,01	0,01	0,07	0,06		-0,12	0,03	-0,12	0,08	-0,10
FLO	-0,14	0,00	-0,01	0,05	0,04	0,06		0,00	-0,01	-0,09	-0,35
EP	0,09	-0,02	0,06	0,05	0,06	-0,07	-0,18		-0,00	0,34	0,51
RSF	0,02	0,01	-0,00	-0,04	-0,03	0,12	0,07	-0,00		-0,05	0,07
PFR	0,67	-0,02	0,11	0,02	0,04	-0,02	0,02	0,05	-0,02		0,85

Coefficiente de determinação = 81%

Efeito da variável residual = 0,43

CR: Comprimento do racemo; NFR: Número de frutos por racemo; IRP: Inserção do racemo primário; DC: Diâmetro do caule; NIC: Número de internódios do caule; FLO: Florescimento da planta; EP: Estatura da planta; RSF: Rendimento de sementes por fruto e PFR: Peso dos frutos por racemo.

Os descritores com maiores efeitos indiretos no sentido positivo foram o comprimento do racemo com (0,51), número de frutos por racemo com (0,54) e estatura da planta com (0,34), sobre o peso dos frutos por racemo, diminuindo assim, o efeito direto destes descritores sobre a produtividade. Sendo assim, o maior efeito total sobre a produtividade foi de peso dos frutos por racemo com (0,85), número de frutos por racemo com (0,73), comprimento do racemo com (0,66) e estatura da planta com (0,51), demonstrando desta forma, que grande parte do efeito destes descritores sobre a produtividade resulta de outros descritores.

Assim, os descritores avaliados contribuíram para explicar em grande parte a variação do descritor de interesse produtividade, já que o coeficiente de determinação foi de 81% e o efeito residual foi de 0,43. Pinto *et al.* (2011) reportam em trabalho desenvolvido com mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão-caupi, analisado por meio da análise de trilha, coeficiente de determinação de 99,61% e efeito residual de 0,0621, demonstrando que os descritores utilizados para explicar a produtividade da cultura foram adequados. Torres *et al.* (2015) avaliando os efeitos de descritores sobre o teor de óleo de sete genótipos de mamoneiras obteve coeficiente de determinação de 89,98%.



## CONCLUSÕES

As linhagens de mamoneira do Banco de germoplasma da UFRB/CCAAB/NBIO evidenciam variabilidade com base em descritores morfoagronômicos.

O número de internódios no caule e a inserção do racemo primário indicam grande efeito genético e elevada contribuição da herdabilidade, o que garante sucesso na seleção de linhagens de mamoneira.

O efeito direto dos descritores número de internódios do caule e florescimento sobre a produtividade demonstra que estes caracteres possuem potencial para serem utilizados como critério de seleção direta e indireta para produtividade em programas de melhoramento genético, visto que estes são de fácil aferição e elevada herdabilidade.

## AGRADECIMENTOS

À Petrobrás Biocombustível e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio técnico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W. Principles of plant breeding. 2. ed. Estados Unidos da America: John Wiley Professio, 1999. 264 p.

BEZERRA NETO, F. V. et al. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 2, p. 294-299, 2010.

BRASIL. Instruções para execução dos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.). (2008). DOU nº 147, de 01/08/2008, seção 1, p. 14-15. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Formularios%20Prote%C3%A7%C3%A3o%20Cultivares/MAMONA%20FORMULARIO%2001%2008%202008%20P.doc)>. Acesso em: 04 mar. 2015.

CABRAL, P. D. S. et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus components. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 1, p. 132-138, 2011.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. e RIBEIRO, N. D. Medidas de precisão experimental em ensaios com genótipos de feijão e de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 10, p. 1225-1231, 2009.

CARVALHO, F. I. F. de et al. Condução de populações no melhoramento genético de plantas. 2 ed. Pelotas: Editora Universitária, 2008. 288p.

CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística, 2014. Disponível em: <[www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm](http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm)> Acesso em: 27 set. 2015.

DA SILVA et al. Caracterização e herdabilidade em caracteres morfológicos e fisiológicos da mamona. Revista Brasileira de Agrociência, v. 17, n. 3-4, p. 348-358, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento detalhado dos solos do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas: Embrapa, 1993. 126 p.

FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. 1 ed. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>> Acesso em 13 set. 2015.

FURTADO, G. F. et al. Rendimento e correlações da mamoneira consorciada com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online], v. 18, n. 9, p. 892-898, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n9/v18n09a03.pdf>> Acesso em: 20 out. 2015.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistemático\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo/lspa\\_201508.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201508.pdf)> Acesso em: 10 set. 2015.

MARCHESE, A. Seleção de clones de batata-doce resistente a *Meloidogyne incognita* raça 1. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, n. 9, p. 997-1004, 2010.

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

MOREIRA, S. O. et al. Correlações e análise de trilha sob multicolinearidade em linhas recombinadas de pimenta (*Capsicum annuum* L.). Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 1, p. 15-20, 2013.

NOGUEIRA, A. P. O et al. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. Bioscience Journal, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

OLIVEIRA, E. J. et al. Correlações genéticas e análise de trilha para número de frutos comerciais por planta em mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 8, p. 855-862, 2010.

OLIVEIRA, R. S. et al. Genetic divergence on castor bean using the Ward-mlm strategy. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 3, p. 564-570, 2013.

PASSOS, A. R. et al. Parâmetros genéticos de caracteres agronômicos em genótipos de mamoneira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 45, n. 7, p. 709-714, Jul. 2010.

PINTO, C. M., et al. Correlações e análise de trilha em mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi. *Revista Verde*, v. 6, n. 3, p. 68–75, 2011.

RIGON, C. A. G.; RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S. Correlation and path analysis as na indirect selection criterion for sunflower achene productivity. *Bioscience Journal*, v. 30, supplement 2, p. 768-773, 2014.

RODRIGUES, G. B. Análise de trilha de componentes e produção primários e secundários em tomateiro do grupo salada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 2, p.155-162, 2010.

SALLA, V. P. et al. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 3, p. 218-223, 2015.

SILVA, M. G. de M. et al. Biometria aplicada ao melhoramento intrapopulacional do maracujazeiro amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 3, p. 493-499, 2012.

TORRES, F. E. et al. Correlations and path analysis on oil content of castor genotypes. *Bioscience Journal*, v. 31, n. 5, p. 1363-1369, 2015.

VERISSIMO, M. A. A. et al. Rendimento de grãos de genótipos de mamona, semeados em três épocas, no Planalto Catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 8, n. 2, p. 129-138, 2009.

WRIGHT, S. Correlation and causation. *Journal Agricultural Research*, v. 20, p. 557-585, 1921.

ZORZENONI, T. O. et al. Avaliação das características agronômicas de cultivares de mamona semeada em Londrina. *Nucleus*, v. 8, n. 2, p. 143-154, 2011.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto da produção de mamoneira no Brasil, o país se destaca como um dos maiores produtores de sementes, sobretudo por ser cultivada em regiões onde poucas culturas produzem satisfatoriamente. A busca por cultivares com características que facilite o seu manejo e produção, mais adaptadas a diferentes condições ecológicas, e principalmente mais produtivas, com a finalidade de aumentar a renda do produtor e fornecer matéria prima de melhor qualidade para a produção de diversos produtos, têm motivado pesquisas em programas de melhoramento genético da espécie.

Desta forma, identificar diferentes constituições genéticas por meio da técnica de caracterização morfoagronômica e da avaliação do desempenho dos acessos do Banco de germoplasma de mamoneira, contribui com as pesquisas para o desenvolvimento de novas cultivares, uma vez que foi detectada a presença de elevada variabilidade genética para a maioria dos descritores qualitativos avaliados, que exibem distribuição em várias classes fenotípicas, principalmente os descritores relacionados à coloração. Isto pode ser explicado pelo fato destas características serem pouco visadas no processo de seleção.

Já os descritores quantitativos apresentaram grande intervalo de variação, com destaque para produtividade, estatura da planta, número de sementes por racemo, florescimento e peso de sementes por racemo, sendo que são estes os que mais contribuem para a divergência genética. Verificou-se ainda, correlação significativa entre alguns descritores, sendo que os maiores efeitos diretos e indiretos positivos sobre a produtividade são constatados pelo peso de frutos por racemo, número de sementes por racemo e estatura da planta. Já o descritor com maior efeito negativo é o florescimento, indicando que as linhagens que levam menos dias para florescer são mais produtivas.

Além disto, este estudo permitiu estabelecer agrupamentos com homogeneidade dentro grupos e heterogeneidade entre grupos, identificando linhagens e parentais divergentes. Desta forma, este estudo é um ponto de partida para novas pesquisas, visando à avaliação para ganhos genéticos em diversos caracteres dos acessos do BAG, para maior eficiência no programa de melhoramento genético da espécie.

Assim, novos estudos poderão ser realizados visando à seleção de novas cultivares, a partir da avaliação dos acessos divergentes que se mostraram promissores, quanto à caracteres fenotípicos de interesse agrônômico e realizados em vários locais.

Com isso, os resultados obtidos neste trabalho estão de acordos com a literatura, que apontam elevada variabilidade para diversos descritores de mamoneira e potencial de produção, indicando que os acessos do Banco de germoplasma avaliado, constituem-se em fontes promissoras para programas de melhoramento da espécie, permitindo a seleção de linhagens e parentais com melhor desempenho para as características de interesse, aumentando as possibilidades de ganhos genéticos.