

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

**VARIABILIDADE GENÉTICA E TEOR DE ÓLEO EM MAMONEIRA  
VISANDO AO MELHORAMENTO PARA REGIÃO DE BAIXA  
ALTITUDE**

**LUANA SILVA CERQUEIRA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**MARÇO - 2008**

**VARIABILIDADE GENÉTICA E TEOR DE ÓLEO EM MAMONEIRA  
VISANDO AO MELHORAMENTO PARA REGIÃO DE BAIXA  
ALTITUDE**

**LUANA SILVA CERQUEIRA**

Engenheira Agrônoma  
Universidade Estadual de Santa Cruz, 2002

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

**Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. SIMONE ALVES SILVA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2008

## FICHA CATALOGRÁFICA

C416 Cerqueira, Luana Silva.  
Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude/ Luana Silva Cerqueira. – Cruz das Almas, BA, 2008.  
57f.: il: tab.; graf.

Orientador: Simone Alves Silva  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e Biológicas.

1. Mamona – marcadores RAPD. 2. Biodiesel 3. Mamona – melhoramento genético I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, . II. Título  
CDD 633.8

## COMISSÃO EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
(Orientadora)

---

Dr. Edson Perito Amorim  
EMBRAPA  
Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical - CNPMF

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências  
Agrárias em .....

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

.....

À Deus.

Aos meus pais, Maria da Conceição e Antônio José.

Aos meus irmãos, Anny e Tony Anderson.

Por tudo que são em minha vida.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por permitir que meus horizontes se abram sempre.

À toda a minha família, em especial aos meus pais pela luta e afincos ao longo de suas vidas propiciando minha formação moral, intelectual e cultural. Igualmente aos meus irmãos que junto com eles me proporcionam alicerce forte, seguro e verdadeiro, onde posso sempre me apoiar, me servindo como base para tudo que faço e me ajudando a construir o presente que sempre sonhei. Aos tios, primos, amigos e agregados, pessoas de imensurável importância em minha vida, as quais estiveram comigo em cada centelha de pensamento positivo, em cada sentimento verdadeiro. É em vocês que crio e sempre criarei forças para vencer qualquer obstáculo, e sem as quais nunca irei a lugar algum.

Aos colegas de curso, lembrando que, “cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só, porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida, e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso” (Charles Chaplin). Torço pelo sucesso de cada um.

À república “UESCIANA”, especialmente Zuzi pela amizade e apoio concedidos, não menos especial à Franklim, que continuou acompanhando a jornada por mais um ano. Augusto, Tâmara, Edvânia, Márcio Gil, Arnaldo e Maria Alice. Meu muito obrigada! Todos os momentos serão lembrados com muito carinho e amizade.

Aos amigos do grupo NBio como um todo. Em especial aos bolsistas e voluntários de iniciação científica, Adilson, Jazon, Fábio, Jamille, Jorginho, Caçado, Laís, Mariana e Magno pela amizade e auxílio aos trabalhos sempre que necessário. E ao Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira, pela co-orientação sempre que preciso.

À pesquisadora Simone Alves Silva pela orientação.

À UFRB por me receber. E Aos professores da área de fitotecnia pela oportunidade concedida à realização desse curso e ensinamentos prestados.

À Universidade Estadual de Santa Cruz pela base formulada para que eu fosse capaz de chegar até aqui e concluir aquilo a que me propus.

À toda equipe do LEMA - Laboratórios de Estudos em Meio Ambiente da Universidade Católica do Salvador (UCSal). Em especial ao Professor Darío Abel Palmieri, pela disponibilidade em cooperar com os trabalhos, e pelo humanismo sempre demonstrado.

Ao pesquisador Ariosvaldo Novais Santiago e à Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA pela concessão do material vegetal e apoio ao trabalho desenvolvido.

À Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical e ao Dr. Paulo Ernesto Meissner Filho, então coordenador do Laboratório de Virologia e Biologia Molecular da EMBRAPA CNPMF, por terem cedido as instalações laboratoriais a fim de que os trabalhos fossem realizados nesta instituição, assim como aos pesquisadores, técnicos e estagiários inseridos em seu quadro, que muito contribuíram no intercâmbio de conhecimentos, em especial a Edson Perito Amorim e Alberto Duarte Vilarinhos pela co-orientação segura, e ao Sr. Epaminondas do Patrocínio.

À Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pela concessão da bolsa de auxílio financeiro ao mestrado.

Ao Banco do Nordeste do Brasil - BNB - pelo apoio financeiro ao projeto.

E à todos aqueles que porventura não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para o bom desempenho de cada etapa do presente trabalho e torceram pelo meu sucesso nesse desafio.

Meu muito obrigada!

“O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto.”

Thomas Huxley

## SUMÁRIO

|  | Página |
|--|--------|
| RESUMO   |        |
| ABSTRACT   |        |
| INTRODUÇÃO .....   | 01     |
| Capítulo 1   |        |
| DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE MAMONEIRA<br>POR MEIO DE MARCADORES RAPD.....                                 | 15     |
| Capítulo 2   |        |
| TEOR DE ÓLEO EM MAMONEIRA COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO<br>DE CULTIVARES EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO E BAIXA<br>ALTITUDE ..... | 33     |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 47     |

## VARIABILIDADE GENÉTICA E TEOR DE ÓLEO EM MAMONEIRA VISANDO AO MELHORAMENTO PARA REGIÃO DE BAIXA ALTITUDE

Autor(a): Luana Silva Cerqueira

Orientador(a): Simone Alves Silva

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi caracterizar cinco genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.), BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA-17, Mirante 10 e Sipeal 28, levando-se em conta o teor de seu principal produto, o óleo, além da divergência genética por meio de marcadores RAPD (DNA polimórfico amplificado ao acaso), com vistas a identificar os mais promissores como fonte de matéria-prima para a indústria. A similaridade genética foi estimada utilizando-se do coeficiente de Jaccard, e o agrupamento dos genótipos realizado pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Averages*), com auxílio do software NTSYS-pc. Ficou demonstrado por meio da formação de um dendrograma com corte a 62,5%, a eficiência na formação de dois grandes grupos, subdivididos em quatro subgrupos, com a cultivar Mirante - 10 apresentando-se como a mais divergente. Os marcadores RAPD mostraram-se eficientes na caracterização molecular desses genótipos, sendo o baixo polimorfismo encontrado entre as cultivares EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, um indicativo de terem ancestrais em comum. As quantificações de óleo foram realizadas via extrator de Soxhlet a quente, com emprego do solvente hexano, e os resultados estimados por gravimetria. A comparação das médias entre as cultivares foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os genótipos analisados apresentaram média de teor de óleo e produtividade satisfatórios, com superioridade alcançada pela cultivar BRS 149 Nordestina (50,33%). Os resultados indicam a possibilidade de se selecionar materiais obtentores de bons rendimentos nas condições de sequeiro em regiões de baixa altitude, e do envolvimento dos genótipos estudados em programa de melhoramento para a obtenção de novas variedades a partir de gerações avançadas de seleção.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis*, divergência genética, quantificação de óleo, marcadores RAPD, melhoramento de plantas.

## **GENETIC VARIABILITY AND OIL CONTENT IN CASTORBEAN WITH THE PURPOSE OF BREEDING IN REGION OF LOW ALTITUDE.**

Author: Luana Silva Cerqueira

Adviser: Simone Alves Silva

**ABSTRACT:** The purpose of this work was characterize five castorbean cultivars (*Ricinus communis* L.), BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA-17, Mirante 10 e Sipeal 28, being taken into account the main product, the oil content, and to evaluate the genetic divergence using RAPD markers (*Random Amplified Polymorphic DNA*), to identify the most promising as source of the raw material for the industry. The genetic similaritie among genotypes were obtained using the Jaccard's coefficient and the UPGMA clustering method, with use of software NTSYS-PC. It was proved through the formation of one dendrogram with cut 62.5%, the formation of two great groups, subdivided in four sub-groups, with the cultivar Mirante - 10 showed while the better divergent. That RAPD markers were efficient for the identification and molecular characterization of castorbean cultivars. The low polymorphism among the cultivars EBDA MPA 17, Sipeal 28, 188 BRS 149 Paraguaçu and BRS Nordestina, are a strong indication of the have in common ancestral. Oil content was determined by the Soxhlet method, using the hexano solvent, and the results estimated by gravity. The averages were compared by the Tukey test at 5%. The genotypes studied had presented oil content and productivity acceptables, with superiority reached for cultivar BRS149 Nordestina (50.33% in oil content). The results indicated a possibility of selection of materials with good yield performance in the conditions of upland condition and regions low altitude, and the involvement of the genotypes studied in breeding program in order to obtain new castor bean varieties from advanced generations of selection.

**Key Words:** *Ricinus communis*, genetic divergence, oil quantification, RAPD markers, plant breeding.

## INTRODUÇÃO

Mamona, rícino, carrapateira ou palma-criste, são os nomes que vulgarmente recebe essa xerófila pertencente à família das Euphorbiáceas e conhecida cientificamente como *Ricinus communis* L.

Das suas sementes é extraído o óleo (seu principal produto), também conhecido como óleo de rícino, com teor variando de 35 a 55% (VIEIRA et al., 1997), mas a maior parte das cultivares plantadas comercialmente no Brasil possuem teor de óleo variando entre 45% e 50% (FREIRE et al., 2006), o qual apresenta grande potencial de uso, como na fabricação de tintas, vernizes, óleo secativo, solventes, nylon, lubrificantes, fluidos hidráulicos, plastificantes, graxas especiais, espumas, cosméticos, resinas alquídicas, ceras, emulsificantes, próteses, dentre outros (FREIRE et al., 2006). O subproduto torta é utilizado como fertilizante orgânico com grande capacidade de restauração de solos desgastados, além de servir na alimentação animal se desintoxicada via vapor (30 minutos a 130°C), a fim de neutralizar a proteína tóxica ricina (SANTOS et al., 2001).

Cerca de 90% do óleo é composto por triglicerídeo, principalmente da ricinoleína, que é o componente do ácido ricinoléico, cuja fórmula molecular é (C<sub>17</sub>H<sub>32</sub>OHCOOH). O ácido ricinoléico tem ligação insaturada, pertence ao grupo dos hidroxiácidos e se caracteriza por seu alto peso molecular (298) e baixo ponto de fusão (5°C). O grupo hidroxila presente na ricinoleína confere ao óleo de mamona a propriedade exclusiva de solubilidade em álcool a baixa temperatura, permitindo a síntese de um grande número de derivados (WEISS, 1983; MOSHKIN, 1986). É um óleo que jamais se mistura com a água e o único que suporta temperatura extremas (até 40 graus negativos ou acima de 2.500°C) (ICOA, 2006).

Seus frutos são produzidos isoladamente, em cachos, na extremidade dos ramos (BANZATTO & ROCHA, 1965). Existem variedades denominadas

deiscentes, onde os frutos secos se abrem e liberam as sementes, e outras, as indeiscentes, quando os frutos secos ficam fechados. Quanto aos solos, pode ser plantada em vários tipos, exceto nos muito argilosos sujeitos a encharcamento, solos salinos e/ou sódicos, com elevado teor de sódio trocável (AZEVEDO & LIMA, 2001). A grande variabilidade em níveis de produtividade está na dependência de variedades, da fertilidade do solo, da disponibilidade de água no solo, dos tratos culturais, do clima e da ocorrência ou não de doenças nas plantas.

O Brasil já foi o maior produtor mundial de mamona. No final dos anos 1980 a produção atingiu cerca de 500 mil toneladas (MAMONA ... , 2003). Porém, durante quase toda a década de 1990 a cultura foi marginalizada devido, principalmente, aos baixos preços, ao difícil manejo das plantas (com até 3 metros de altura) e ao baixo rendimento do óleo, cerca de 24% (ALVES et al., 2004). No período compreendido entre 1978 a 2005 a Índia, a China e o Brasil mantiveram-se como principais produtores mundiais de mamona em baga, tanto em termos de área colhida como na quantidade produzida. No ano de 2005, a Índia foi responsável por 62% de toda a produção mundial, seguida da China, com 20%, e o Brasil, com 13% (SANTOS & KOURI, 2006). Em relação ao óleo de mamona, a Índia, o Brasil e a China são também, em média, os maiores produtores mundiais em todo o período considerado. A França é o principal país comprador seguido pela Alemanha, Estados Unidos da América, Japão e China. Com relação às exportações mundiais de óleo de mamona, verifica-se que a Índia ocupa, desde o período 1988/1992, a posição de maior exportador mundial (SANTOS & KOURI, 2006).

A Bahia é historicamente o maior produtor nacional de mamona, porém sua produtividade é extremamente baixa (Tabela 1), evidenciando a importância de que, o fomento à ricinocultura deve ser acompanhado de investimentos em pesquisas agronômicas.

**Tabela 1.** Área, produtividade e produção da mamoneira em diversos Estados brasileiros. Safras 2006/2007 e 2007/2008.

| REGIÃO/UF             | ÁREA           |                |                | PRODUTIVIDADE          |                |                | PRODUÇÃO       |                |                |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                       | Em mil ha      |                |                | Em kg.ha <sup>-1</sup> |                |                | Em mil t       |                |                |
|                       | Safra<br>06/07 | Safra<br>07/08 | VAR.<br>%      | Safra<br>06/07         | Safra<br>07/08 | VAR.<br>%      | Safra<br>06/07 | Safra<br>07/08 | VAR.<br>%      |
| <b>NORDESTE</b>       | <b>151,2</b>   | <b>165,7</b>   | <b>9,6</b>     | <b>5 75</b>            | <b>8 44</b>    | <b>46,8</b>    | <b>8 6,9</b>   | <b>139,8</b>   | <b>60,9</b>    |
| PI                    | 13,4           | 7,1            | (47,0)         | 338                    | 687            | 103,3          | 4,5            | 4,9            | 8,9            |
| CE                    | 9,6            | 10,2           | 6,3            | 614                    | 673            | 9,6            | 5,9            | 6,9            | 16,9           |
| RN                    | 0,7            | 0,6            | (11,3)         | 630                    | 678            | 7,6            | 0,4            | 0,4            | -              |
| PE                    | 6,4            | 6,7            | 5,2            | 530                    | 524            | (1,1)          | 3,4            | 3,5            | 2,9            |
| BA                    | 121,1          | 141,0          | 16,5           | 600                    | 880            | 46,7           | 72,7           | 124,1          | 70,7           |
| <b>SUDESTE</b>        | <b>4,3</b>     | <b>4,3</b>     | <b>(0,2)</b>   | <b>1.534</b>           | <b>1.452</b>   | <b>(5,3)</b>   | <b>6,6</b>     | <b>6,2</b>     | <b>(6,1)</b>   |
| MG                    | 2,4            | 2,4            | (0,3)          | 1.500                  | 1.358          | (9,5)          | 3,6            | 3,2            | (11,1)         |
| SP                    | 1,9            | 1,9            | -              | 1.576                  | 1.571          | (0,3)          | 3,0            | 3,0            | -              |
| <b>SUL</b>            | <b>0,1</b>     | <b>-</b>       | <b>(100,0)</b> | <b>1.670</b>           | <b>-</b>       | <b>(100,0)</b> | <b>0,2</b>     | <b>-</b>       | <b>(100,0)</b> |
| PR                    | 0,1            | -              | (100,0)        | 1.670                  | -              | (100,0)        | 0,2            | -              | (100,0)        |
| <b>NORTE/NORDESTE</b> | <b>151,2</b>   | <b>165,7</b>   | <b>9,6</b>     | <b>5 75</b>            | <b>8 44</b>    | <b>46,8</b>    | <b>86,9</b>    | <b>139,8</b>   | <b>60,9</b>    |
| <b>CENTRO-SUL</b>     | <b>4,4</b>     | <b>4,3</b>     | <b>(2,5)</b>   | <b>1.537</b>           | <b>1.452</b>   | <b>(5,5)</b>   | <b>6,8</b>     | <b>6,2</b>     | <b>(8,8)</b>   |
| <b>BRASIL</b>         | <b>155,6</b>   | <b>170,0</b>   | <b>9,3</b>     | <b>6 02</b>            | <b>8 59</b>    | <b>42,7</b>    | <b>9 3,7</b>   | <b>146,0</b>   | <b>55,8</b>    |

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2008.

Segundo Savy Filho (2006) o problema da mamona é mesmo o preço, esse seria um dos motivos por inibir a produtividade, ele argumenta que o lucro da cultura ainda é muito baixo e que seria preciso criar cooperativas fortes, associações, ou o próprio mecanismo que o governo tem — de incentivo à produção no Nordeste — para inclusão social, a fim de desenvolver um modo para proteger o produtor das oscilações de preços, que são até normais, e, segundo esse autor, existem freqüentemente, mas se o produtor tem uma produtividade de 800kg.ha<sup>-1</sup>(produtividade média do Brasil hoje) não consegue enfrentar essas oscilações, precisaria ter números em torno de 1200 kg.ha<sup>-1</sup>, ou superiores.

No Nordeste, o produtor de biodiesel é obrigado a comprar matéria-prima da agricultura familiar num percentual mínimo de 50%. Isso garante à indústria o Selo Combustível Social, o que lhe dá acesso a alíquotas de PIS/Pasep e Cofins com coeficientes de redução diferenciados, acesso às melhores condições de financiamentos junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

– BNDES e suas Instituições Financeiras Credenciadas, podendo o produtor de biodiesel usar o selo para fins de promoção comercial de sua empresa. O governo federal pretende com tal medida promover a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio de geração de emprego e renda para os agricultores familiares enquadrados nos critérios do Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PORTAL DA SECRETARIA DA AGRICULTURA FAMILIAR, 2006).

A mamona é muito indicada para a agricultura familiar, pois, segundo Savy Filho (2006), além de ser resistente à escassez de água, há a possibilidade de fazer consorciação de culturas, podendo ser plantada junto com milho, arroz, feijão, abóbora, ou seja, culturas de ciclo curto que não prejudicam o desenvolvimento da mamoneira.

É importante salientar que, para o sucesso de qualquer cultura em um determinado ambiente, o zoneamento assume lugar de destaque na agricultura moderna. O zoneamento é um estudo técnico que pretende orientar os produtores e amenizar os riscos na produção (MITIDIARI, 2007). Até o momento, somente quem foi zoneado tem benefícios de receber orientações do Mapa – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, e pela SDA – Secretária de Desenvolvimento Agrário, receber sementes, assistência técnica e, o mais importante, ter garantia de financiamentos bancários (FEITOSA, 2007). Além disso, pode ter o enquadramento de operações de custeio no seguro do Banco Central, Proagro - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária. Enquanto isso, os municípios “descartados” pelo estudo buscam crédito e confiança do mercado para implementar seus cultivos, só planta com recurso próprio, e o produtor assume o risco (FEITOSA, 2007).

Pesquisadores da Embrapa Algodão realizaram um estudo buscando identificar os municípios nordestinos com aptidão para a exploração da cultura da mamona, bem como determinar a melhor época de plantio, com base nos seguintes parâmetros: temperatura média do ar variando entre 20° e 30°C; precipitação pluvial superior a 500mm no período chuvoso; altitude entre 300m e 1.500m; solos de textura arenosa a franco-argilosa, bem drenados e sem problemas de salinidade ou sodicidade. Foram identificados 443 municípios, distribuídos da seguinte forma: 9 no Estado de Alagoas, 189 na Bahia, 74 no

Ceará, 12 no Maranhão, 48 na Paraíba, 47 em Pernambuco, 42 no Piauí, 28 no Rio Grande do Norte e 3 em Sergipe (BELTRÃO et al., 2004).

Cruz das Almas apresenta clima tropical quente e úmido, altitude de 220m acima do nível do mar, índice pluviométrico anual médio de 1.240mm, onde chove com mais frequência no inverno, de maio a julho; umidade relativa do ar anual de 80% e temperatura média anual de 24,5°C (EMBRAPA, 2008). Ficando fora do zoneamento por apresentar altitude abaixo de 300m.

A altitude pode influenciar uma cultura por diversos fatores, como nebulosidade, umidade e pressão de oxigênio, mas principalmente pela temperatura. Segundo Taiz & Zeiger (1998), a temperatura tem grande impacto sobre a fotossíntese e respiração da planta, pois influencia diversas reações bioquímicas ligadas a esses dois processos fisiológicos.

Beltrão (2007) explica que com a baixa altitude (como nas faixas litorâneas), o teor de óleo e a produtividade caem. Ele cita o exemplo da Bahia, que “tem toda sua mamona plantada acima de 600m”. Apesar disso, o pesquisador sinaliza a realização de pesquisas que poderiam mudar esse quadro. De acordo com ele, existem demandas, hoje, que as instituições de pesquisa buscam atender, como novas variedades que tenham insensibilidade à altitude, maior precocidade, maior produtividade e tolerância ao mofo cinzento e ao apodrecimento da raiz.

Com o avanço das pesquisas sobre o biodiesel e sua importância, e com a criação do Programa Nacional do Biodiesel, a mamona surgiu como uma das principais matérias-primas, embora existam outras opções de grande importância econômica como o babaçu, o óleo de palma, a soja, o dendê, dentre outras oleaginosas. Uma das vantagens que o óleo de mamona apresenta com relação aos outros óleos utilizados para o Biodiesel é que ele não entra na cadeia alimentícia, sendo um produto estritamente industrial (AZEVEDO & LIMA, 2001).

A mamona destaca-se por cobrir todas as lacunas consideradas pelo Programa Nacional de Biodiesel e Plano Nacional de Agroenergia, desde a inclusão social, a fixação do homem ao campo, e utilização da agricultura familiar, a abrangência de áreas menos favorecidas quanto ao solo e clima, até o biodiesel produzido dentro das especificações da ANP (Agencia Nacional do Petróleo) (INFORME SOBRE A SITUAÇÃO... , 2007)

Por meio da Resolução nº 3, de 23 de setembro de 2005, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) antecipou o prazo para o atendimento do percentual mínimo de 2% ao diesel para o início de 2006, restringindo a obrigatoriedade ao volume produzido pelas empresas detentoras do “Selo Combustível Social”. De 2008 a 2012, estes 2% tornaram-se obrigatórios, sem restrições, o que está gerando uma necessidade de mercado de aproximadamente 1 bilhão de litros por ano. A partir de 2013, torna-se obrigatório a adição de 5% de biodiesel ao diesel, o que significa um mercado de aproximadamente 2,4 bilhões de litros (PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL, 2004).

O óleo de mamona tem ampla versatilidade de uso, porém, a busca mundial pela sustentabilidade ambiental, com base na substituição progressiva dos combustíveis minerais derivados do petróleo, responsáveis diretos pelo efeito estufa, por combustíveis renováveis de origem vegetal, dentre eles o biodiesel do óleo da mamona, criou uma perspectiva real para a expansão do cultivo da mamona em escala comercial, especialmente no semi-árido brasileiro com ênfase na agricultura familiar (BELTRÃO et al., 2006b).

Programas de melhoramento, de avaliação e indicação de cultivares são a base do processo para implantação e desenvolvimento da cultura da mamona, evitando cultivos realizados com materiais nativos ou não melhorados, os quais comprometem a produtividade. Tais pesquisas devem ser regionalizadas de modo a permitir maior segurança à atividade agrícola, uma vez que resultados da interação genótipos x ambientes significativos são obtidos em regiões distintas.

No Brasil, o primeiro programa de melhoramento genético da mamoneira foi iniciado em São Paulo, pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, em 1936 (KRUG et al., 1943). A partir de 1937 foram instalados vários ensaios de competição de genótipos de portes alto e anão visando a identificação de cultivares mais produtivas, bem como a realização de trabalhos de melhoramento com a cultura. Nos anos subseqüentes, aquele órgão de pesquisa desenvolveu várias cultivares, dentre as quais se destacaram: Cultivar IAC 38; Cultivar Campinas; Cultivar Guarani; cultivar IAC 80; Cultivar IAC 226 (VIEIRA et al., 1997), e mais recentemente a cultivar IAC 2028. Já em 1940, o Brasil atingia a condição de primeiro produtor mundial de mamona, com a área plantada anualmente elevada, chegando a mais de 370 mil hectares/ano no período entre

1969 a 1981 e mais de 300.000 t de bagas/ano de produção (BELTRÃO, 2006a). No estado da Bahia, os trabalhos envolvendo melhoramento genético da mamoneira foram iniciados na década de 60 pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Leste – IPEAL, com sede em Cruz das Almas, esse órgão foi extinto posteriormente para a fundação do Centro de Mandioca e Fruticultura Tropical da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), os trabalhos passaram então a ser conduzidos a partir de 1974 pela Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia – EPABA, que depois foi transformada na EBDA - Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola, hoje com sede em Itaberaba, a qual passou a conduzir os experimentos a partir da década de 80. Como resultante destes trabalhos, várias cultivares foram lançadas no mercado, em que as principais são: Sipeal 1, Sipeal 9, Sipeal 28 e 12 e Epaba 2. A de maior destaque foi a Sipeal 28 que tem porte médio, caule roxo, sem cera, frutos deiscentes, sementes de cor preta, floração do primeiro cacho com 55 dias, teor de óleo nas sementes de 47,3% e produtividade média em condições de sequeiro de 1300 kg/ha de bagas (BELTRÃO, 2006a). A partir de 1987, a EMBRAPA Algodão, localizada em Campina Grande-PB, iniciou seu trabalho, desenvolvendo cultivares adaptados ao semi-árido do Nordeste, com destaque para as BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu. Em 2005 a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB – localizada em Cruz das Almas, iniciou seus trabalhos, e desde então vem procurando compor seu programa por meio da seleção e hibridização de materiais de elevado potencial produtivo e adaptados à altitude abaixo de 300m. Outras Instituições de pesquisa como a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, a Universidade Federal de Viçosa – UFV, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará – EPACE e a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA, mesmo não tendo lançado cultivares, participaram ativamente das redes de competição de cultivares de portes anão, médio e alto, que culminou com o lançamento das cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu, respectivamente em 1998 e 1999, para toda a área zoneada para a mamona no Nordeste e Norte de Minas Gerais (AZEVEDO & LIMA, 2001).

Vários problemas inerentes à cultura da mamoneira já foram trabalhados via melhoramento genético, dentre estes citam-se: aumento de produtividade,

aumento do teor de óleo na semente, diminuição do porte da planta para facilitar a colheita mecânica, diminuição do grau de deiscência do fruto a fim de evitar o desperdício no campo e proporcionar um menor número de colheitas e aumento do nível de resistência a algumas das principais doenças que ocorrem no país (AZEVEDO & LIMA, 2001).

Em Bom Jesus da Lapa, Bahia, em solo arenoso, com fertilização com NPK e micronutrientes, em especial boro e zinco, uso de herbicidas de pré-emergência, uso de gesso na dose de 800 kg/ha via água de irrigação, e outros passos tecnológicos, produtividades acima de 5,5 t/ha de bagas já foram atingidas, e podem ser ampliadas. Para tanto, o melhoramento da mamona continua, com novas introduções de genótipos, e testes de novos materiais, objetivando o lançamento de novas cultivares, melhores e mais estáveis do que as atualmente em cultivo (BELTRÃO, 2006a).

O melhoramento de plantas envolve diferentes métodos e supõe a obtenção de uma nova cultivar, cujas vantagens comparativas justifiquem sua distribuição comercial, seja por sua produtividade, resistência a determinada moléstia, tolerância à acidez do solo, adaptação à determinada condição edafoclimática, qualidade do produto, dentre outras (SAVY FILHO, 2005).

O aumento na eficiência de seleção, o melhor conhecimento e caracterização do germoplasma e a maximização dos ganhos genéticos têm sido objetivos de melhoristas de plantas do mundo inteiro. Os quais têm, tradicionalmente, selecionado variabilidade com base no fenótipo. Esta estratégia tem sido de sucesso para características de alta herdabilidade, onde o fenótipo reflete a constituição genética do indivíduo, mas nem sempre para características de baixa herdabilidade, onde o fenótipo pode não refletir o genótipo (MILACHI, 1998). A variação de diferentes combinações de alelos dentro das espécies gera a diversidade genética (FITZGERALD, 1989). A diversidade genética pode ser definida como a distância entre as populações, indivíduos ou organismos, com base em uma série de características de aspectos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos e/ou moleculares (AMARAL JÚNIOR & THIÉBAUT, 1999). É essa variabilidade que alimenta os programas de melhoramento.

Pelo fato de a maioria das características selecionadas no melhoramento de plantas ser de natureza quantitativa, estratégias como teste de progênes e seleção em gerações avançadas têm sido utilizadas para minimizar as

dificuldades da seleção (MILACHI, 1998). Estas, contudo, não diminuem ou evitam os efeitos da interação genótipos x ambientes, que podem mascarar o fenótipo.

Marcadores moleculares permitem compreender e organizar a variabilidade genética de um programa de melhoramento de forma única, acessando variabilidade de DNA, o qual não é influenciado pelo ambiente. Por marcador molecular define-se todo e qualquer fenótipo molecular oriundo de um gene expresso (FERREIRA & GRATTAPAGLIA, 1998). Um dos questionamentos é a possibilidade de os marcadores predizerem com precisão o desempenho das progênes, baseando-se apenas em estimativas de distâncias genéticas entre os genótipos elite, que assim podem vir a compor cruzamentos obtendo híbridos com elevado valor heterótico e dando continuidade a programas de melhoramento.

Deve-se considerar características de cada técnica para se escolher o tipo de marcador que se deve utilizar. Segundo Ferreira e Grattapaglia (1998), o RAPD é uma tecnologia bastante acessível, uma das menos onerosas, não dependendo de desenvolvimentos anteriores de *primers* específicos e sem utilizar radioatividade na detecção dos marcadores, com várias vantagens práticas, que podem ser resumidas em simplicidade e rapidez. Por outro lado, são marcadores considerados de baixa consistência, repetibilidade, e baixo conteúdo de informação genética por loco. Apenas um alelo é detectado, o segmento que é amplificado, enquanto que as demais variações alélicas são classificadas conjuntamente como um alelo nulo. Genótipos heterozigotos não podem ser diretamente discriminados dos homozigotos por RAPD, esta limitação é comumente descrita como “dominância” dos marcadores. Deve-se observar, no entanto, na escolha do marcador a ser utilizado, se o mesmo responde bem ao propósito do estudo a ser desenvolvido, como é o caso dos marcadores RAPD no presente trabalho.

A análise com marcadores moleculares não deve ser utilizada excluindo-se a morfológica, pois o valor dos resultados obtidos está na análise combinada com estas características.

O presente trabalho fez uso de marcadores moleculares do tipo RAPD a fim de estimar a divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira, BRS188 Paraguaçu, BRS149 Nordestina, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28, e teve como objetivo identificar as mais promissoras com base em seu produto

principal, o óleo, levando-se em conta dados de potencial produtivo obtidos a campo, a fim de compor os primeiros materiais genéticos de um programa de melhoramento para região de baixa altitude, nas condições de sequeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. O.; SOBRINHO, J. N.; CARVALHO, J. M. M.. **Possibilidades da mamona como fonte de matéria-prima para a produção de Biodiesel no Nordeste Brasileiro**. Documentos do ETENE – Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Série documentos do ETENE Nº1. Banco do Nordeste do Brasil S.A.. Fortaleza, 2004.

AMARAL JÚNIOR, A.T.; THIÉBAUT, J. T. L.. **Análise multivariada na avaliação da diversidade em recursos genéticos vegetais**. Campos dos Goytacazes - Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, CCTA, 55 p., 1999.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.350p.

BANZATTO, N. V.; ROCHA, J. L. V. **Florescimento e Maturação dos Cultivares de Mamoneira IAC-38 e Campinas**. Bragantia. Campinas 24 (nota n.6): XXIX-XXXII. 1965.

BELTRÃO, N. E. M.. **A cadeia da Mamona no Brasil, com Ênfase para o Segmento P & D: Estado da Arte, Demandas de Pesquisa e Ações Necessárias para o Desenvolvimento**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006a (Documentos).

BELTRÃO, N. E. M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. P.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. R. F.. **O Cultivo Sustentável da Mamona no Semi-árido Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa - CNPA , 2006b. 24p. (Circular Técnica, 84). 2ºed.

BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E.; AMARAL, J. A. B.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; PEREIRA, J. R.. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

BELTRÃO, N. E. M.. Zoneamento Mamona: Pesquisador destaca relevância da altitude. **Diário do Nordeste**. Março/2007. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/mamona/zoneamento-mamona-pesquisador-destaca-relevancia-altitude-28-03-07.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos. Safra 2007/2008**. Quinto levantamento - FEV/2008. Disponível Em: < [www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2008.

EMBRAPA. **Centro de Mandioca e Fruticultura Tropical da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?menu=1&p=a\\_unidade-localizacao.php&menu=1](http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?menu=1&p=a_unidade-localizacao.php&menu=1)>. Acesso em: 27 jan. 2008.

FEITOSA, Valdenor. In: VASCONCELOS, C. Ceará: Zoneamento exclui 47% dos municípios. **Diário do Nordeste**. Março/2007. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/mamona/ceara-zoneamento-exclui-47-municipios-28-03-07.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2008.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D.. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220p.

FITZGERALD, P. J.. Plant germplasm: an essential resource in our future. In: **Scientific management of germplasma: characterization, evolution and enhancement**. Itália: IBPGR Trating Courses: Lecture series 2. 1989. p.3-6.

FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.. **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Cap. 13.

ICOA. **The chemistry of castor oil and its derivatives and their applications.**

Disponível em < [www.icoa.org](http://www.icoa.org) >. Acesso em 29 de junho de 2007.

**Informe sobre a situação e perspectivas da Agroenergia e dos**

**Biocombustíveis no Brasil**, IICA, 2007. Disponível em :

<<http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/Agronegocio/SituacaoPerspectivasBiocombustivelBrasil.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2008.

KOURI, J. e SANTOS, R. F. **Aspectos econômicos do agronegócio da**

**mamona no Brasil**. In: 2º Congresso Brasileiro de Mamona. Cenário atual e

Perspectivas. 2006. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/arquivo/279.pdf>>.

Acesso em: 11 jan. 2008.

KRUG, C.A.; MENDES, P.T. & SOUZA, G.F.. **Melhoramento da mamoneira**

**(*Ricinus communis* L.) III**. Primeira série de ensaios de variedades (1937/38 – 1938/39). *Bragantia*, v.3, n.5, p.85-122. 1943.

**Mamona volta ao mapa da agricultura**. Circular Recopa, publicação mensal, maio/jun. 2003.

MILACH, S.C.K. **Principais tipos de marcadores moleculares e suas**

**características**. In: S.C.K. Milach (ed.). *Marcadores Moleculares em Plantas*.

Porto Alegre, UFRGS, 1998, p. 17-28

MITIDIERI, F. J. In: VASCONCELOS, C. Ceará: Zoneamento exclui 47% dos

municípios. **Diário do Nordeste**. Março/2007. Disponível em:

<<http://www.biodieselbr.com/noticias/mamona/ceara-zoneamento-exclui-47-municipios-28-03-07.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2008.

MOSHKIN, V.A.; **CASTOR**. New Delhi:Amerind, 1986.

Portal da Secretaria da Agricultura Familiar. **Ministério do Desenvolvimento**

**Agrário**. 08/02/2006. Disponível em:

<<http://www.mda.gov.br/saf/index.php?sccid=362>>. Acesso em: 28 jan. 2008.

**Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - PNPB.** 2004. Disponível em: < <http://www.biodiesel.gov.br/programa.html> >. Acesso em: 28 jan. 2008.

SANTOS, R.F. dos.; BARROS, A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L.E.G. Análise Econômica. In: AZEVEDO, D.M.P. de.; LIMA, E.F. (eds.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** EMBRAPA-SPI, 2001. p.17-35.

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

SAVY FILHO, A. O Biodiesel é o produto mais barato que se tira da mamona.

**Revista Biodiesel.** Ed. 08, ago/2006. Disponível em:

<<http://www.revistabiodiesel.com.br/entrevistas/08/angelo-savy-filho.html>> Acesso em: 26 fev. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.

VIEIRA, R.M.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S. **Diagnóstico e perspectivas da mamoneira no Brasil.** In: Reunião temática matérias-primas oleaginosas no Brasil: diagnóstico, perspectivas e prioridades de pesquisa, 1997, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa-CNPA/MAA/ABIOVE, p.139-150 (Embrapa-CNPA. Documentos, 63).

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

# **CAPÍTULO 1**

## **DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE MAMONEIRA POR MEIO DE MARCADORES RAPD<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico Bragantia

## DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE CULTIVARES DE MAMONEIRA POR MEIO DE MARCADORES RAPD

**Resumo** - O objetivo deste trabalho foi avaliar a divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) utilizadas no programa de melhoramento genético para região de baixa altitude, especificamente no município de Cruz das Almas, recôncavo baiano, e utilizá-la como critério na escolha de genitores que viabilizem, a partir de hibridações, a formação de populações segregantes. O estudo foi desenvolvido com base em marcadores moleculares do tipo RAPD (DNA polimórfico amplificado ao acaso), no Laboratório de Virologia e Biologia Molecular da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas – Bahia. Foram estudadas cinco cultivares: BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28. Para estimar a similaridade genética entre os genótipos utilizou-se o coeficiente de Jaccard, sendo o agrupamento realizado pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Averages*), com auxílio do software NTSYS-pc. No dendrograma formado, um corte a 62,5% possibilitou a formação de quatro grupos. Houve alta similaridade genética entre as cultivares, exceto a cultivar Mirante 10, apresentando-se como a mais divergente. Os resultados obtidos permitem concluir que os marcadores RAPD são eficientes na identificação e caracterização molecular de cultivares de mamoneira, sendo o baixo polimorfismo encontrado entre as cultivares EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, um indicativo da possibilidade de terem ancestrais em comum.

Palavras-chave: *Ricinus communis*, marcadores moleculares, diversidade genética, melhoramento genético.

## GENETIC DIVERGENCE AMONG CASTORBEAN CULTIVARS USING RAPD MARKERS

**Abstract** - The objective of this work was to evaluate the genetic divergence among castorbean cultivars (*Ricinus communis* L.) used in the breeding program for regions of low altitude, specifically Cruz das Almas, state of Bahia, and to use it as criterion in the choice of genitors whom they make possible, across hybridizations, the formation of segregating populations. RAPD markers - Random Amplified Polymorphic DNA - were used to assess the genetic variability among five castorbean cultivars, 188 BRS Paraguaçu, 149 BRS Nordestina, EBDA MPA 17, 10 Mirante and Sipeal 28. These analyses were developed in the Laboratório de Virologia e Biologia Molecular of Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas - Bahia. Genetic similarities among genotypes were obtained using the Jaccard's coefficient and the UPGMA clustering method with use of software NTSYS-PC. The dendrogram obtained showed the formation of four clusters or groups with a high genetic similarity among them. The cultivar Mirante - 10 was the most divergent among the five analyzed. The results obtained here had been enough to conclude that RAPD markers were efficient for the identification and molecular characterization of castorbean cultivars. The low polymorphism among the cultivars EBDA MPA 17, Sipeal 28, 188 BRS 149 Paraguaçu and BRS Nordestina, are a strong indication of the possibility to have in common ancestral.

Key Words: *Ricinus communis*, molecular markers, genetic similarity, plant breeding.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma planta de origem tropical, possivelmente da Etiópia, leste da África, bastante resistente à seca e heliófila. Reveste-se de elevada importância para o semi-árido brasileiro, devido a seu fácil cultivo, além de proporcionar ocupação e renda aos pequenos produtores (Azevedo & Lima, 2001).

A Bahia é o maior produtor nacional de mamona, sendo a maior parte do seu cultivo advindo basicamente de pequenos agricultores familiares (Beltrão & Silva, 1999). Contudo, o cultivo desta oleaginosa vem recebendo incentivos do governo federal para sua utilização na produção de um combustível menos agressivo ao ambiente, o biodiesel, o que tem incentivado pesquisas em diversas regiões do País (Santos et al., 2005).

O uso de tecnologias apropriadas e o desenvolvimento de cultivares com características agronômicas desejáveis tais como maior produtividade de grãos e arquitetura de planta ajustada ao ambiente de cultivo, tornam-se primordiais para garantir retornos econômicos competitivos em relação a outras culturas (Savy Filho, 2005). No Brasil, o melhoramento genético tem permitido avanços importantes na tecnologia de produção da mamoneira, tendo como uma das principais demandas a adaptação de genótipos à baixas altitudes, o que permitirá a inclusão sustentável de muitos municípios onde o cultivo não é recomendado pelo risco de obtenção de baixas produtividades (Severino et al., 2006).

Informação fundamental em programas de melhoramento é a análise da variabilidade genética disponível nos componentes de uma população. A caracterização molecular dessa variabilidade existente entre cultivares tem interesse direto em diversas aplicações práticas no melhoramento de plantas, dentre elas, a indicação de cruzamentos que envolvam genitores geneticamente divergentes, com o objetivo de produzir híbridos com maior efeito heterótico (Cruz, 1990).

Poucos são os relatos sobre a utilização de marcadores moleculares visando estimar a variabilidade genética disponível para o melhoramento na cultura da mamona. Vidal et al. (2005) avaliaram cinco cultivares de mamoneira com a finalidade de selecionar *primers* RAPD (DNA Polimórfico Amplificado ao

acaso) capazes de caracterizar genótipos dessa cultura; Cunha et al. (2006), por sua vez, caracterizaram 10 cultivares de mamona no município de Igaci, em Alagoas, utilizando-se de sete *primers* RAPD. Anthonisen (2007), objetivando diferenciar 15 cultivares de mamona, fez uso de 13 *primers* RAPD.

Dentre as características atrativas da técnica de RAPD está a possibilidade de obter um grande número de marcadores sem qualquer informação prévia sobre seqüências de nucleotídeos do genoma da espécie, além de ser considerada de baixo custo, rapidez e simplicidade na obtenção dos dados (Ferreira & Gratappaglia, 1998). Por outro lado são marcadores considerados de baixa consistência, repetibilidade, e baixo conteúdo de informação genética por loco, mas respondem eficientemente ao propósito da pesquisa aqui desenvolvida.

O presente trabalho teve como objetivo estimar a variabilidade genética entre cinco cultivares de mamoneira, 188 BRS Paraguaçu, 149 BRS Nordestina, EBDA MPA 17, 10 Mirante e Sipeal 28, por meio da utilização de marcadores moleculares RAPD, buscando obter informações necessárias para dar suporte ao programa de melhoramento genético dessa cultura em região de baixa altitude.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material vegetal**

Foram utilizadas cinco cultivares de mamoneira, BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28, disponibilizadas pela EBDA – Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola, e já estabelecidas para estudos anteriores no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Para o desenvolvimento dos estudos moleculares, os genótipos analisados foram representados por nove plantas cada, totalizando 45 amostras.

## Extração e amplificação de DNA

As extrações de DNA foliar e respectivas amplificações foram realizadas no Laboratório de Virologia e Biologia Molecular da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas – BA, utilizando o protocolo descrito por Doyle & Doyle (1990), com modificações.

Para tanto, coletou-se em média duas folhas jovens e saudáveis de cada indivíduo, que foram lavadas com água e detergente e cortadas em pequenos pedaços, pesando em média 300 mg por amostra. As amostras foliares foram maceradas na presença de nitrogênio líquido até formarem um pó fino e transferidas para um tubo de 2 mL. Sobre cada amostra foi adicionado 800 µL de solução tampão de extração a 65°C, composto por: Polyvinylpyrrolidone a 1%; NaCl a 1,4M; Tris HCl pH 8,0, 1M; EDTA 20 mM; CTAB a 2 %; β-mercaptoetanol a 0,4% e água de milli-Q. As amostras foram então incubadas em banho-maria a 65°C por 30 minutos, sendo homogeneizadas suavemente por inversão a cada 10 minutos. Após esse tempo, foram retiradas do banho-maria e esfriadas a temperatura ambiente. Posteriormente acrescentou-se 700µL de clorofórmio:álcool isoamílico (24:1), agitou-se suavemente a emulsão e em seguida foi feita uma centrifugação a 10.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi coletado e transferido para tubos limpos e devidamente identificados, repetindo-se por mais uma vez esta etapa de desproteção com clorofórmio:álcool isoamílico. O sobrenadante foi transferido para novos tubos, acrescentando-se 450µL de álcool isopropílico gelado (4°C), equivalente a aproximadamente 2/3 do volume coletado, agitando levemente e incubando a -20°C por 20 minutos. Em seguida os tubos foram centrifugados a 12.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi ressuspenso em 600µL de tampão TE (Tris-HCL 10mM, pH 8,0; EDTA 1mM) ficando na estufa durante 1 hora e meia, após esse tempo adicionou-se 200µL de acetato de amônio a 7,5M. Homogeneizou-se a solução incubando-a a -20°C por 15 minutos, sendo feita então centrifugação por 15 minutos a 12.000 rpm. O conteúdo foi transferido para um novo tubo de 1,5 mL, onde 800µL de etanol absoluto foram adicionados ao sobrenadante, misturando-se suavemente por inversão e incubando a -20°C por 1 hora, após esse tempo uma centrifugação por 10 minutos a 12.000 rpm foi realizada. Após a centrifugação já pôde ser observado o DNA aderido ao fundo do

tubo, toda a parte líquida foi então escoada e o pelet lavado duas vezes com 500 $\mu$ L de etanol 70% para eliminar resíduos de sais presentes no DNA. Posteriormente o precipitado foi ressuspendido em 100 $\mu$ l de TE + 1 $\mu$ L de ribonuclease (RNase 10mg.mL<sup>-1</sup>) e as amostras incubadas a 37 °C por uma hora, sendo então armazenadas a -20 °C.

A avaliação da quantidade e qualidade do DNA extraído foi efetuada através da análise comparativa das amostras em gel de agarose 1,0%, corado com brometo de etídio, e as amostras diluídas em Tampão TE (Tris HCl 10mM, pH 8,0; EDTA 1,0mM ) com concentração padronizada para 10 ng. $\mu$ L<sup>-1</sup>, a fim de se realizar as reações de PCR (Reação de polimerização em cadeia).

### **Seleção prévia de iniciadores (*Primers* RAPD)**

Para evitar o desperdício de tempo, de reagentes e de DNA, inicialmente foi efetuada uma triagem de *primers* que fossem capazes de detectar polimorfismo. Para essa verificação foram selecionados três acessos de cultivares diferentes. Escolheu-se para o teste as cultivares Sipeal 28, Mirante 10 e BRS188 Paraguaçu, por apresentarem diferenças morfológicas mais visíveis entre si. Uma amostra de cada cultivar foi utilizada, variando as amostras a cada teste a fim de garantir o estoque de DNA para as reações de amplificação. Foram testados 169 iniciadores da *Operon Technologies*, escolhidos aleatoriamente. Desses, foram escolhidos 38, os quais foram adotados nas reações RAPD para todas as 45 amostras, por produzirem padrões consistentes e serem aparentemente indicadores de polimorfismo.

### **Condições de PCR e eletroforese**

Cada reação de amplificação foi preparada em um volume final de 16  $\mu$ L, contendo 1,6  $\mu$ L de tampão de PCR 10X (50 mM Tris-HCl, 20 mM KCl), 2,5 mM de dNTP's Mix, 25 mM MgCl<sub>2</sub>, 4,0  $\mu$ M do *primer* RAPD, 5U. $\mu$ L<sup>-1</sup> de Taq DNA polimerase, 10 ng. $\mu$ L<sup>-1</sup> de DNA genômico e água Milli-Q. As amplificações foram conduzidas num termociclador GeneAmp PCR System 9600 (Perkin Elmer),

empregando-se um programa com dois ciclos iniciais de 94°C por 1 minuto, 35°C por 30 segundos e 72°C por 1 minuto, seguida de 40 ciclos de 15 segundos a 94°C, 30 segundos a 35°C e 1 minuto a 72°C com uma extensão final de 7 minutos a 72°C. Sendo a temperatura então reduzida à 4°C até retirada do termociclador.

Os fragmentos amplificados foram revelados em gel de agarose 1,5% (p/v), submerso em tampão TBE (89 mM Tris-borato, 2mM EDTA), a 100V durante aproximadamente 3 horas. Foi utilizado padrão de peso molecular de 1Kb (Promega) para análise dos fragmentos. O gel foi posteriormente corado com brometo de etídeo (0,5 mg.mL<sup>-1</sup>), visualizado sob luz UV e fotodocumentado por meio do Sistema Digital Kodak Science.

### **Análise dos dados**

Os fragmentos de DNA amplificados foram computados como presença ou ausência de bandas. A similaridade genética entre as cinco cultivares foi calculada a partir do coeficiente de Jaccard. O agrupamento dos genótipos foi realizado pelo método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Averages*), com auxílio do software NTSYS-pc (Rohlf, 2000). Foi calculado o valor de correlação cofenética entre a matriz de distâncias genéticas e a matriz dos valores cofenéticos, a fim de verificar a consistência do agrupamento.

Foi utilizado o método de reamostragens (*Bootstrap*) para verificar se o número de *primers* foi suficiente para determinar com precisão as estimativas de similaridade genética entre os genótipos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dos 169 (cento e sessenta e nove) *primers* inicialmente testados, foram selecionados 38 (trinta e oito) que produziram fragmentos de maior nitidez de amplificação e repetibilidade. Estes *primers* foram utilizados nas reações RAPD com os 45 indivíduos em estudo, produzindo um total de 147 bandas, sendo 33 polimórficas e 114 monomórficas, para tanto foram analisados apenas os locos onde a leitura não foi duvidosa. Ficou evidenciado 22,45% de polimorfismo

(Tabela 1). Estes resultados são semelhantes aos encontrados em mamona por outros autores. Vidal et al. (2005) genotiparam cinco cultivares de mamoneira a partir da utilização de 47 *primers* RAPD, revelando 23,13% de polimorfismo revelados por 454 fragmentos, sendo 105 polimórficos; Anthonisen (2007), por sua vez, objetivando diferenciar 15 cultivares de mamoneira fez uso de 13 *primers* RAPD, encontrando 41% de polimorfismo num total de 120 bandas, sendo 49 polimórficas e 71 monomórficas,.

**Tabela 1.** *Primers* RAPD, total de bandas amplificadas e número de bandas polimórficas.

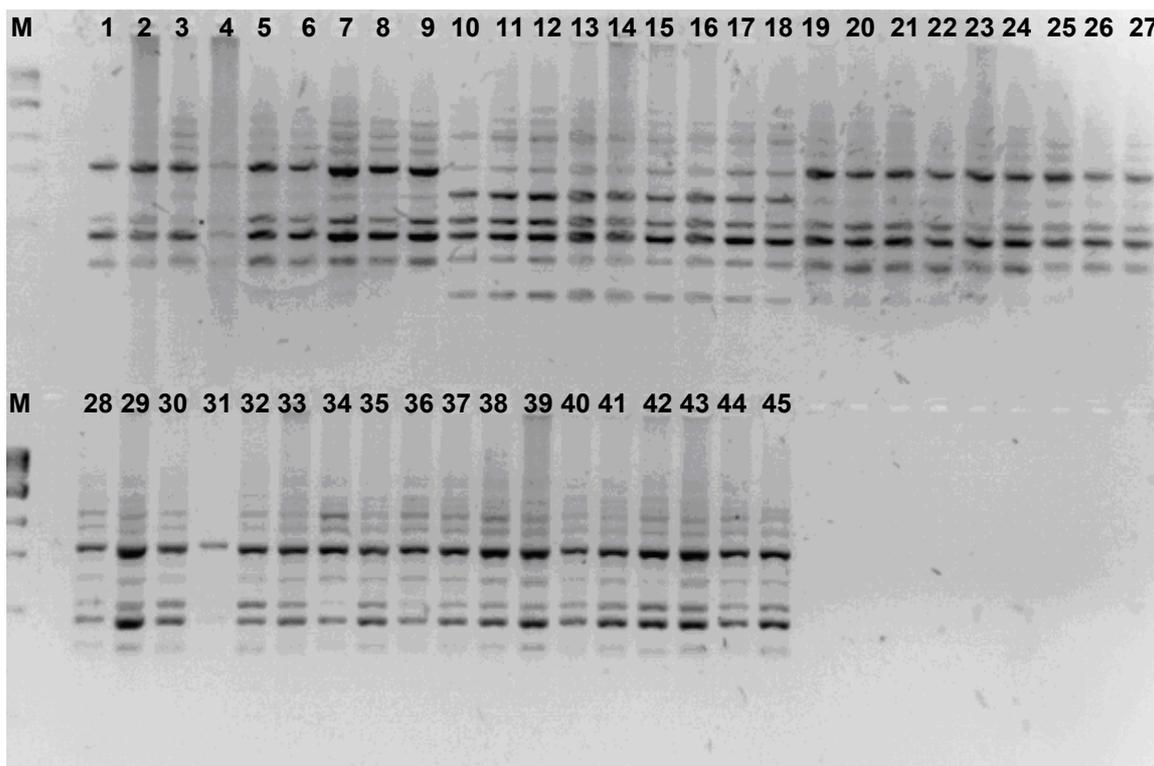
| <i>Primer</i> | Sequencia 5'-3' | Total de bandas<br>amplificadas | Número de bandas<br>polimórficas |
|---------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| OPD-02        | GGACCCAACC      | 05                              | 00                               |
| OPD-20        | ACCCGGTCAC      | 05                              | 01                               |
| OPE-04        | GTGACATGCC      | 02                              | 00                               |
| OPE-19        | ACGGCGTATG      | 03                              | 00                               |
| OPF-09        | CCAAGCTTCC      | 05                              | 02                               |
| OPI-03        | CAGAAGCCCA      | 02                              | 00                               |
| OPI-18        | TGGTCGCAGA      | 02                              | 00                               |
| OPI-19        | AATGCGGGAG      | 04                              | 00                               |
| OPJ-01        | CCCGGCATAA      | 04                              | 00                               |
| OPJ-17        | ACGCCAGTTC      | 04                              | 00                               |
| OPJ-20        | AAGCGGCCTC      | 03                              | 00                               |
| OPL-12        | GGGCGGTACT      | 05                              | 01                               |
| OPM-13        | GGTGGTCAAG      | 05                              | 00                               |
| OPN-02        | ACCAGGGGCA      | 05                              | 02                               |
| OPN-17        | CATTGGGGAG      | 04                              | 02                               |
| OPN-19        | GTCCGTA CTG     | 01                              | 00                               |
| OPO-04        | AAGTCCGCTC      | 03                              | 00                               |
| OPO-11        | GACAGGAGGT      | 10                              | 03                               |
| OPO-12        | CAGTGCTGTG      | 05                              | 01                               |

Continuação

**Tabela 1.** *Primers* RAPD, total de bandas amplificadas e número de bandas polimórficas.

| <i>Primer</i> | Sequencia 5'-3' | Total de bandas<br>amplificadas | Número de bandas<br>polimórficas |
|---------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| OPQ-15        | GGGTAACGTG      | 04                              | 02                               |
| OPS-16        | AGGGGGTTCC      | 07                              | 01                               |
| OPW-04        | CAGAAGCGGA      | 04                              | 01                               |
| OPX-11        | GGAGCCTCAG      | 04                              | 02                               |
| OPY-08        | AGGCAGAGCA      | 03                              | 02                               |
| OPY-10        | CAAACGTGGG      | 04                              | 02                               |
| OPY-11        | AGACGATGGG      | 03                              | 01                               |
| OPY-13        | GGGTCTCGGT      | 05                              | 02                               |
| OPY-14        | GGTCGATCTG      | 01                              | 00                               |
| OPY-16        | GGGCCAATGT      | 04                              | 02                               |
| OPY-18        | GTGGAGTCAG      | 04                              | 01                               |
| OPZ-14        | TCGGAGGTTC      | 05                              | 01                               |
| OPAA-04       | AGGACTGCTC      | 03                              | 00                               |
| OPAC-05       | GTTAGTGCGG      | 04                              | 00                               |
| OPAD-05       | ACCGCATGGG      | 04                              | 00                               |
| OPAG-11       | TTACGGTGGG      | 01                              | 00                               |
| OPAO-04       | AACAGGGCAG      | 02                              | 00                               |
| OPAO-12       | TCCCGGTCTC      | 05                              | 03                               |
| OPAP-05       | GACTTCAGGG      | 03                              | 01                               |
| Total         |                 | 147                             | 33                               |
| Percentagem   |                 | 77,55%                          | 22,45%                           |

Na Figura 1 é possível observar o padrão eletroforético produzido pela amplificação dos 45 indivíduos empregados nas análises RAPD, usando o *primer* OPN17.



**Figura 1.** Perfil eletroforético gerado pela amplificação de 45 genótipos de mamoneira usando o *primer* OPN 17. Cultivares: Sipeal 28 (amostras 1-9), Mirante10 (amostras10-18), EBDA MPA 17 (amostras 19-27), Nordestina (amostras 28-36), e Paraguaçu (amostras 37-45). M:marcador de peso molecular 1kb ladder.

A análise das amplificações permitiu a construção de uma matriz de similaridade genética entre os genótipos, gerada pelo coeficiente de Jaccard, e posterior elaboração de um dendrograma.

Na Tabela 2, pode-se observar que as maiores divergências foram encontradas entre a Mirante 10 e as demais cultivares, sendo a dissimilaridade maior com a Sipeal 28 (0,077). As cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina foram os mais similares (0,947). Em média, a similaridade observada foi de 0,625.

**Tabela 2.** Valores das médias de similaridade genética entre os pares de cultivares, gerados pelos coeficientes de Jaccard.

|            | Sipeal 28 | MPA 17 | Mirante 10 | Nordestina | Paraguaçu |
|------------|-----------|--------|------------|------------|-----------|
| Sipeal 28  | 1,000     | 0,790  | 0,077      | 0,800      | 0,778     |
| MPA 17     | -         | 1,000  | 0,088      | 0,796      | 0,849     |
| Mirante 10 | -         | -      | 1,000      | 0,170      | 0,165     |
| Nordestina | -         | -      | -          | 1,000      | 0,947     |
| Paraguaçu  | -         | -      | -          | -          | 1,000     |

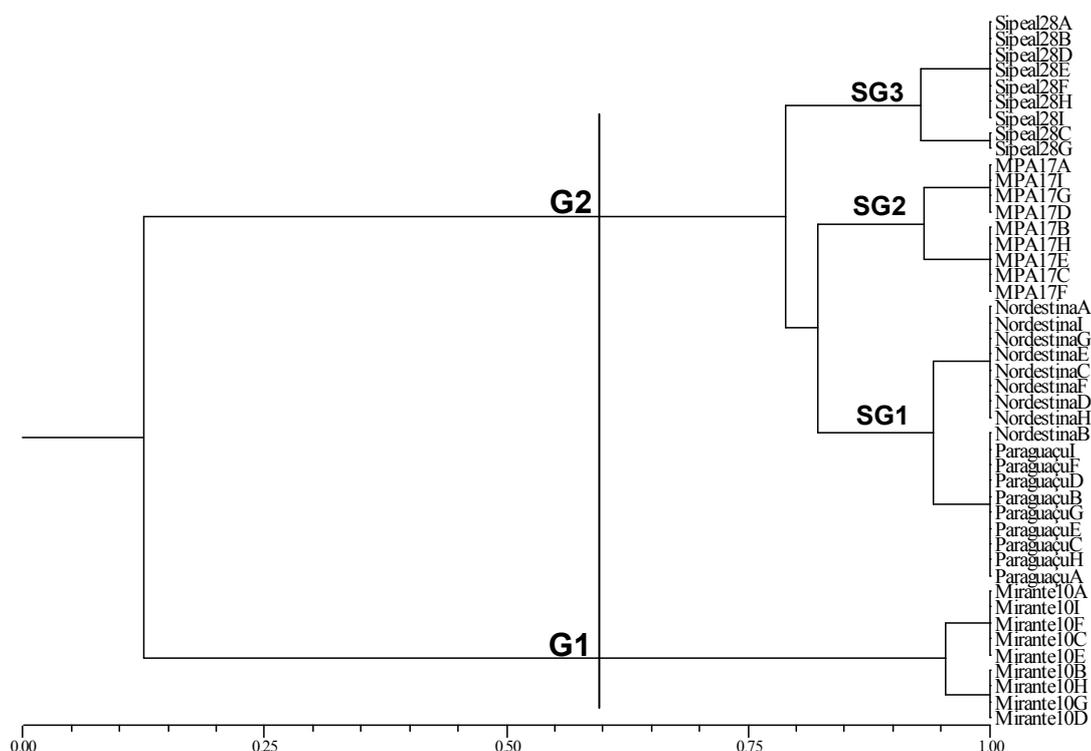
Costa et al. (2006) estimando a divergência genética entre nove cultivares de mamoneira por meio de estatísticas multivariadas, observaram a formação de dois grupos: o grupo I formado por oito genótipos e o grupo II por apenas um genótipo, a cultivar Mirante-10. Apesar da cultivar Mirante-10 ter sido a mais divergente, não foi recomendada para hibridação por apresentar baixo desempenho produtivo.

Em campo experimental instalado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia observou-se que, a cultivar Sipeal 28 obteve os melhores desempenhos 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. Em contrapartida, a cultivar Mirante 10 demonstrou pouca adaptação à região, visualizado em seu baixo potencial produtivo, assim como, no elevado número de racemos abortados. A utilização de estatística multivariada possibilitou a formação de quatro grupos. O grupo I foi representado pelas cultivares BRS 188 Paraguaçu e EBDA MPA-17, o grupo II pela BRS 149 Nordeste, o grupo III pela Sipeal 28 e o grupo IV pela cultivar Mirante 10. A maior distância foi observada entre a Mirante 10 e as cultivares EBDA MPA-17 e BRS 188 Paraguaçu (Bahia, 2007).

O dendrograma obtido pelo método UPGMA a partir das similaridades genéticas baseada no coeficiente de Jaccard, encontra-se na Figura 2. O valor cofenético foi alto ( $r = 0,99$ ,  $P < 0,0001$ , 10.000 permutações) e adequado, já que  $r \geq 0,56$  são considerados ideais, refletindo uma boa concordância com os valores de similaridade genética (Vaz Patto et al., 2004). Neste trabalho assumiu-se como

ponto de corte no dendrograma a similaridade genética média (0,625) entre todas as cultivares genotipadas. Com base neste ponto de corte foram formados dois grandes grupos: G1 no qual está incluído o genótipo Mirante 10 e G2, o qual se subdividiu em três sub-grupos (SG): o SG1 com os genótipos BRS149 Nordestina e BRS188 Paraguaçu, o SG2 com o genótipo EBDA MPA 17, e o SG3 com o genótipo Sipeal 28 (Figura 2).

A análise de reamostragens indicou que 27 bandas foram suficientes para uma precisa estimativa da divergência genética entre as cinco cultivares de mamona. A correlação entre a matriz considerando todas as 33 bandas e a matriz de reamostragem (com as 27 bandas) foi de 0,99, com soma dos quadrados dos desvios (SQd) de 2,23 e valor de estresse (E) de 0,057. De acordo com Kruskal (1964), um valor de  $E \leq 0,05$  é indicativo de uma excelente precisão nas estimativas.



**Figura 2.** Agrupamento das cultivares de mamona produzido pela avaliação dos produtos da amplificação tipo RAPD.

Os marcadores moleculares revelam diferenças genéticas com maior precisão e sem os efeitos causados pela influência de ambiente, oferecendo vantagens em termos de discriminação e rapidez (Binneck et al., 2002).

De acordo com Freire et al. (2001), na mamoneira ocorre alta taxa de polinização cruzada, o que pode ocasionar um aumento da variabilidade genética

em uma população. A sub-divisão verificada dentro da maior parte dos sub-grupos (Figura 2), pode ser explicada por essa alta taxa de alogamia evidenciada na cultura.

Por sua vez, a similaridade genética entre as cultivares estudadas pode ser advinda de uma possível correlação entre os genitores, tendo essas cultivares sido selecionadas a partir de um mesmo cruzamento, ou mesmo a partir de genótipos da mesma origem geográfica.

Considerando-se que, não foi possível obter relatos concretos sobre a verdadeira origem da cultivar EBDA MPA 17, e que a única informação relativa à genealogia da Cultivar Mirante 10 é a de que a mesma foi obtida por meio de seleção massal, durante vários anos, de materiais diversos provenientes da Costa Rica, torna-se difícil fazer inferências mais conclusivas a respeito da correlação entre a origem e os valores de similaridade genética encontrados entre os genótipos analisados nesse trabalho.

As cultivares Paraguaçu (BRS 188) e Nordestina (BRS 149) foram lançadas no final da década de 90 pela Embrapa Algodão, na Paraíba, ambas advindas de melhoramento genético de duas cultivares locais baianas, a primeira por meio da seleção massal na cultivar Sangue-de-boi, e a segunda pela seleção individual da cultivar Baianita (Beltrão, 2006). A Sipeal 28, por sua vez, foi obtida pela seleção massal da raça Local Preta, com ensaios iniciados em Cruz da Almas – BA. Estes fatos podem justificar a localização das cultivares Paraguaçu (BRS 188) e Nordestina (BRS 149) no mesmo sub-grupo, e ainda a localização dessas no mesmo grupo que a EBDA MPA 17 e a Sipeal 28, ambas desenvolvidas no estado da Bahia.

A cultivar Mirante 10 apresentou padrão específico de bandas para diversos *primers*, além de características morfológicas muito divergentes e inferiores das demais cultivares estudadas. Apesar dessa cultivar ter-se apresentado susceptível ao mofo cinzento, com baixo desempenho produtivo (Bahia, 2007) e teor de óleo aquém às demais, apresenta características desejáveis, como porte baixo e precocidade, além de um número de cachos elevado, características que podem ser repassadas aos decendentes.

Resultados satisfatórios seriam esperados possivelmente dos cruzamentos entre a cultivar Mirante-10 e os demais genótipos e, especialmente, entre esta e a cultivar Sipeal 28, por terem apresentado a maior distância genética, indicando

que os mesmos constituem candidatos potenciais como fontes de variabilidade em programas de hibridização da espécie visando o melhoramento genético (Ramalho, 2000). Outro ponto que merece destaque é o fato destas cultivares já terem sido selecionadas em vários ambientes, apresentando grande parte dos alelos associados com as características agrônômicas de interesse já fixados.

Neste trabalho, os resultados gerados permitiram concluir que os marcadores RAPD foram eficientes na separação das cinco cultivares de *Ricinus communis* L, e que a caracterização genética dessas cultivares condiz com os padrões de diferenciação morfológicas observados a campo (Bahia, 2007).

## **CONCLUSÕES**

1. Os marcadores RAPD são eficientes para identificação da similaridade entre cultivares de mamoneira;
2. Os resultados obtidos por meio de marcadores RAPD são condizentes com os dados revelados a campo, indicando que a cultivar Mirante-10 apresenta-se como a mais divergente;
3. O baixo polimorfismo encontrado entre as cultivares EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, indica a possibilidade de terem ancestrais em comum.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Banco do Nordeste do Brasil pelo apoio financeiro ao projeto; à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela possibilidade da realização do curso de mestrado; à Capes pela concessão da bolsa de Mestrado e à Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical por ter cedido as instalações laboratoriais a fim de que os trabalhos fossem realizados, assim como aos pesquisadores, técnicos e estagiários inseridos em seu quadro, que muito contribuíram no intercâmbio de conhecimentos para a realização desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANTHONISEN, D.G. **Caracterização de genótipos de mamona: marcadores RAPD, teor de óleo nas sementes por Soxhlet e RMN e rendimento da extração do óleo usando etanol**. 2007. 73p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

AZEVEDO, D. M. P. ; NÓBREGA, L. B. ; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; BELTRÃO, N. E. M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BAHIA, H.F. **Avaliação e seleção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) para fins de melhoramento genético**. 2007. 66p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

BELTRÃO, N.E.M.; CARTAXO, W.V.; PEREIRA, S.R.P.; SOARES, J.J.; SILVA, O.R.R.F. **O Cultivo Sustentável da Mamona no Semi-árido Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa - CNPA , 2006. 24p. (Circular Técnica, 84). 2ªed.

BELTRÃO, N. E. M.; SILVA, L. C. **Os múltiplos usos de óleo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil**. Fibras & Óleos, Campina Grande, n. 31, p. 7, 1999.

BINNECK, E., Nedel, J.L., Dellagostin, O.A. **Análise de RAPD na identificação de cultivares: Uma metodologia útil?** Revista Brasileira de Sementes, V.24, p.183–196. 2002.

COSTA. M.N., PEREIRA, W.E., BRUNO, R.L.A., FREIRE, E.C., NÓBREGA, M.B.M., MILANI, M., OLIVEIRA, A.P. **Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41,p.1617-1622, 2006.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 95p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

CUNHA, M.A.S. SALES, J.S.; MORAIS, T.A.; RAMALHO NETO, C.E.

**Variabilidade genética de *Ricinus communis* L revelada por marcadores RAPD**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. Anais.... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 1 CD-ROM.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. **A rapid DNA isolation method for small quantities of fresh tissues**. Phytochemical Bulletin, v.19, p.11-15, 1990.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220p.

FREIRE, E.C.; LIMA, E.F.; ANDRADE, F.P. de. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.229-256.

KRUSKAL, J.B. **Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a no metric hypothesis**. Psychometrika, v. 29, n. 1, p. 1-27, 1964.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Editora UFLA, 2000. 326p.

ROHLF, F.J. **NTSYS-pc: numerical taxonomy and multivariate analysis system**. New York: Applied Biostatistics, 2000. 237p.

SANTOS, A.C.; BRESSAN FILHO, Â.; GAZZONI, D.; CONTINI, E.; ABREU, F.R.; VIEIRA, J.N.S.; RAMALHO, J.; MAGALHÃES, L.J. d'A. **Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011**. Brasília, s. n., 120 p., 2005.

SEVERINO, L.S.; MILANI, M.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; CARDOSO, G.D. **Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros.** Revista Ciência Agronômica, v. 37, n.2, p.188-194, 2006.

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

VAZ PATTO, M.C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. **Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers.** Euphytica, v.137, p.63-72, 2004.

VIDAL, M.S.; MILANI, M.; MENESES, C.H.S.G.; BEZERRA, C.S. **Seleção de marcadores do tipo RAPD para caracterização genética *Ricinus communis* L.** Campina Grande: Embrapa - CNPA, 2005. 5p. (Circular Técnica, 90).

## **CAPÍTULO 2**

### **TEOR DE ÓLEO EM MAMONEIRA COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO DE CULTIVARES EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO E BAIXA ALTITUDE<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Pesquisa Agropecuária Brasileira

## TEOR DE ÓLEO EM MAMONEIRA COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO DE CULTIVARES EM CONDIÇÕES DE SEQUEIRO E BAIXA ALTITUDE

**Resumo:** Poucos relatos na literatura discorrem sobre o desenvolvimento de pesquisas específicas para a mamoneira em regiões de baixa altitude. O presente estudo teve o objetivo de avaliar o teor de óleo e selecionar para esse caráter, cinco cultivares de mamoneira, EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina e Mirante 10, cultivadas no município de Cruz das Almas - BA, região com altitude abaixo de 300m, estimando a viabilidade destas como fonte de matéria-prima para a indústria nessas condições de cultivo, e como componentes promissoras do programa de melhoramento para essa condição. Logo após colheita, as sementes foram armazenadas até que as extrações fossem processadas nos Laboratórios de Estudos em Meio Ambiente/LEMA, da Universidade Católica do Salvador/UCSal, Salvador - BA. As determinações de óleo foram realizadas via extrator de Soxhlet a quente, com emprego do solvente hexano, em seis repetições para cada cultivar, e os teores obtidos por gravimetria. A comparação das médias entre as cultivares foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A cultivar BRS 149 Nordestina obteve destaque, com teor de 50,33% em média. O município de Cruz das Almas mostrou-se com indícios de aptidão em atender à demanda por óleo de mamona para a indústria, apresentando teores de óleo e produtividades satisfatórios e equivalentes aos encontradas em condições ambientais onde a mesma é recomendada.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** *Ricinus communis*, oleaginosas, quantificação de óleo, produtividade, melhoramento vegetal.

## OIL CONTENT IN CASTORBEAN AS CRITERION OF SELECTION OF CULTIVARS IN UPLAND CONDITION AND LOW ALTITUDE

**Abstract:** Few reports in literature discourse on the development of specific research for castorbean in regions of low altitude. The present study was designed to evaluate oil content to five castorbean cultivars, cultivated in the Cruz das Almas, state of Bahia, to estimating viability of these as raw material source for the industry for this environmental conditions, and as component promising of the program of plant breeding of the Federal University of the Reconcavo of the Bahia, Cruz das Almas city at Bahia State. The seeds had been after stored until the oil extractions were processed in the Laboratórios de estudos em Meio Ambiente/LEMA, of the Universidade Católica do Salvador UCSal, Salvador city at Bahia State. The oil extractions was carried with a Soxhlet extractor, using hexano as Solvent, in six repetitions each to cultivate, and results for gravity. To cultivar 149 BRS Nordestina has proved to be an effective cultivar, with 50,33% Oil content in seed. Cruz das Almas revealed with aptitude to assist the demand of raw material for industry with the culture of the castorbean in upland condition. The genotypes studied, had presented oil content and productivity equivalents to reports in literature.

**Key Words:** *Ricinus communis*, oleaginous, oil quantification, productivity, plant breeding.

## INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.), pertencente à família das Euforbiáceas, caracteriza-se por ser uma cultura rústica, desenvolvendo-se em condições de solo e clima desfavoráveis à maioria das demais oleaginosas tradicionais (AZEVEDO et al., 2001). Sua origem é muito discutida, já que existem relatos, em épocas bastante longínquas, do seu cultivo na Ásia e na África (AZEVEDO & LIMA, 2001).

Do ponto de vista comercial, o óleo é o principal componente da semente de mamona, com teor variando de 35% a 55%, e padrão comercial de 44% (VIEIRA et al., 1998). Este é composto em 89,5% por ác. ricinoléico, que é um ácido graxo hidroxilado, pouco freqüente nos óleos vegetais e um dos poucos ácidos graxos naturais cuja estrutura química possui três grupos funcionais altamente reativos, que fazem com que o óleo de mamona possa ser submetido a diversos processos químicos nos quais podem ser obtidos diferentes produtos (AZEVEDO & LIMA, 2001; ICOA, 2006). Seu potencial de utilização vai desde a fabricação de tintas, vernizes, óleo secativo, solventes, nylon, lubrificantes, fluidos hidráulicos, plastificantes, graxas especiais, espumas, cosméticos, resinas alquídicas, ceras, emulsificantes, próteses, até a utilização na fabricação de um combustível menos agressivo ao ambiente, o biodiesel (FREIRE et al., 2006).

Destaca-se por cobrir todas as lacunas consideradas pelo Programa Nacional de Biodiesel e Plano Nacional de Agroenergia, desde a inclusão social, a fixação do homem ao campo, e utilização da agricultura familiar, a abrangência de áreas menos favorecidas quanto ao solo e clima, até o biodiesel produzido dentro das especificações da ANP (Agencia Nacional do Petróleo) (INFORME SOBRE A SITUAÇÃO ..., 2007)

Para extração do óleo utilizando solvente, o mais usado na indústria é o hexano, por ser o mais seletivo, possuir estreita faixa de ebulição, ser imiscível com a água o que evita misturas azeotrópicas, além de apresentar baixo calor latente de ebulição. Apesar disto, cabe ressaltar que a inflamabilidade e o alto custo justificam o estudo de alternativas ao seu uso industrial (MORETTO & FETT, 1998).

Poucos relatos são encontrados na literatura para produtividade de mamoneira e avaliação de teor de óleo em baixas altitudes. Severino et al.(2006)

avaliaram dez genótipos de mamoneira em três municípios de baixa altitude, Carnaubais, RN (60 m), Maranguape, CE (140 m) e Quixeramobim, CE (280 m), observando produtividades de 993 kg.ha<sup>-1</sup> em Carnaubais, 1.682 kg.ha<sup>-1</sup> em Maranguape e 1.531 kg.ha<sup>-1</sup> em Quixeramobim, e teor de óleo variando de 43% a 47,4% entre os genótipos, sem diferença significativa entre os locais. Melo et al (2006) estudando nove genótipos de mamoneira quanto à produtividade de bagas e outras características agronômicas nas condições de baixa altitude de Teresina, PI, concedeu destaque a linhagem Pernambucana SM-5 e a variedade BRS-188 Paraguaçu com produtividade média de 1.278 kg.ha<sup>-1</sup>.

Entre as demandas atuais para o melhoramento genético desta cultura, inclui-se a adaptação de genótipos a altitudes abaixo de 300m, o que permitirá a inclusão sustentável de muitos municípios onde o cultivo não é recomendado pelo risco de obtenção de baixas produtividades (BELTRÃO et al., 2003), e assim facilitar financiamentos e outros benefícios aos produtores.

O presente trabalho objetivou quantificar os teores de óleo de cinco cultivares de mamona, BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28, avaliando materiais promissores como fonte de matéria - prima para a indústria e adaptados a região de baixa altitude nas condições de sequeiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O material vegetal foi composto por sementes provenientes de cinco cultivares, EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina e Mirante 10, desenvolvidas pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA), EMBRAPA Algodão e Mirante sementes S/A, e obtidas junto ao Banco Ativo de Germoplasma de mamona da EBDA, estação experimental de Iraquara (BA). Tais genótipos foram cultivados no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas (BA), em área experimental na qual estão sendo realizados diversos experimentos com a cultura da mamona.

Cruz das Almas apresenta clima tropical quente e úmido, altitude de 220m acima do nível do mar, índice pluviométrico anual médio de 1.240mm; umidade relativa do ar anual de 80% e temperatura média anual de 24,5°C (EMBRAPA, 2008). Ficando fora do zoneamento por apresentar altitude abaixo de 300m.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo Álico Coeso, de textura argilosa e relevo plano (RIBEIRO et al., 1995). A correção do solo para a experimentação foi efetuada seguindo recomendações da análise de fertilidade química, sendo aplicados 1.000 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, 60 kg.ha<sup>-1</sup> de N (20 kg.ha<sup>-1</sup> plantio e 40 kg.ha<sup>-1</sup> em cobertura), 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

A semeadura foi realizada em abril de 2006, em regime de sequeiro. O espaçamento utilizado entre fileiras foi de 3m e de 1m entre plantas, com 30 plantas por parcela em uma área útil com dimensões de 9,0m x 10,0m. Por ocasião da colheita, os frutos ficaram expostos ao sol, em lona, após o seu desprendimento do cacho, até acontecer a deiscência natural das cápsulas (RIBEIRO FILHO, 1966).

As quantificações de óleo foram realizadas no Laboratório de Estudos em Meio Ambiente (LEMA), da Universidade Católica do Salvador (UCSal). O teor de óleo nas sementes foi estimado por meio do método químico Soxhlet, com utilização do solvente hexano, de acordo com AOCS (1976).

Cada amostra foi representada por 10 g de sementes, as quais foram maceradas a fim de aumentar a superfície de contato com o solvente e conseqüentemente obter melhor extração do óleo, sendo envoltas em papel filtro e devidamente identificadas. As amostras prontas foram submetidas a um processo de secagem, o qual foi efetuado numa estufa a 105°C, durante 17h ±1 hora, a fim de que as mesmas se apresentassem com peso constante. Depois de secas, foram colocadas no extrator Soxhlet, por 6 horas. O volume utilizado de hexano em cada extração foi de 500mL, sendo realizadas seis repetições por cultivar. Cinco conjuntos de vidrarias do extrator estavam disponíveis, nos quais foram colocadas três amostras por vez em cada um, otimizando assim espaço e tempo. Após o tempo de 6 horas no extrator, as amostras foram retiradas e recolocadas na mesma estufa, pelo mesmo período, 17h ± 1hora, quando foram pesadas novamente. O teor de óleo foi determinado pela diferença de peso antes

e após a extração, por gravimetria. A comparação das médias entre as cultivares foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o momento, não existem registros de cultivares de mamona desenvolvidas por um programa específico para regiões de baixa altitude, característica que afeta diversos aspectos do clima, como densidade do ar, pressão atmosférica e temperatura. O programa de melhoramento de mamona da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) é recente, iniciado em 2005.

Segundo Soares (2004) a mamoneira quando cultivada em baixas altitudes, apresenta desenvolvimento vegetativo normal, mas produz poucos frutos. A altitude pode influenciar uma cultura por diversos fatores, como nebulosidade, umidade e pressão de oxigênio, mas principalmente pela temperatura. Segundo Taiz & Zeiger (1998) a temperatura tem grande impacto sobre a fotossíntese e respiração da planta, pois influencia diversas reações bioquímicas ligadas a esses dois processos fisiológicos.

Segundo Beltrão (2007) com a baixa altitude, o teor de óleo e a produtividade caem. Ele cita como exemplo o estado da Bahia, maior produtor nacional, que, segundo ele, tem toda sua mamona plantada acima de 600m. Apesar disso, o pesquisador sinaliza a realização de pesquisas que poderiam mudar esse quadro, com o estabelecimento de variedades que tenham insensibilidade à altitude, expressando caracteres desejáveis, como maior precocidade, maior produtividade e tolerância às principais doenças.

Em ensaios de competição entre as cinco cultivares analisadas nesse estudo, foram obtidas produtividades que superaram as médias nacional, estadual e da região nordeste, apresentadas nos anos de 2006/2007 e as estimativas 2007/2008 dadas pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (Tabela1), exceto para a cultivar Mirante 10, a qual apresentou produtividade de apenas 467,11Kg.ha<sup>-1</sup> e alta susceptibilidade ao mofo cinzento. Teve destaque a Sipeal 28, com superioridade em 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 no potencial produtivo de com rendimento médio de 1.347,33 kg.ha<sup>-1</sup> (BAHIA, 2007). A genealogia desta cultivar advém de seleção massal da raça local Preta, no município de Cruz da Almas (BA), podendo justificar seu bom desempenho e boa adaptabilidade à região. A cultivar BRS 188 Paraguaçu apresentou produtividade média de 1.123,33 kg.ha<sup>-1</sup>, a EBDA MPA-17 de 1.086,44 kg.ha<sup>-1</sup> e a BRS 149 Nordestina 968,89 kg.ha<sup>-1</sup> (BAHIA, 2007).

**Tabela 1.** Comparativo de área, produtividade e produção de mamona. Safras 2006/2007 e 2007/2008.

| REGIÃO/UF     | ÁREA<br>(mil ha) |                |            | PRODUTIVIDADE<br>(kg.ha <sup>-1</sup> ) |                |             | PRODUÇÃO<br>(mil t) |                |            |
|---------------|------------------|----------------|------------|---|----------------|-------------|---------------------|----------------|------------|
|               | Safra<br>06/07   | Safra<br>07/08 | VAR<br>(%) | Safra<br>06/07                          | Safra<br>07/08 | VAR.<br>(%) | Safra<br>06/07      | Safra<br>07/08 | VAR<br>(%) |
|               | <b>NORDESTE</b>  | 151,2          | 165,7      | 9,6                                     | 575            | 844         | 46,8                | 86,9           | 139,8      |
| <b>BAHIA</b>  | 121,1            | 141,0          | 16,5       | 600                                     | 880            | 46,7        | 72,7                | 124,1          | 70,7       |
| <b>BRASIL</b> | 155,6            | 170,0          | 9,3        | 602                                     | 859            | 42,7        | 93,7                | 146,0          | 55,8       |

FONTE: CONAB - Levantamento: Fev/2008.

Melo et al. (2004) avaliando genótipos de mamona plantados em baixa altitude, obtiveram produtividades variando de 654 a 1.210 kg.ha<sup>-1</sup>, com média de 896,3 kg.ha<sup>-1</sup>. Melo et al. (2006) em estudo nessas mesmas condições, concedeu destaque a linhagem Pernambucana SM-5 e a variedade BRS-188 Paraguaçu com produtividade média de 1.278 kg.ha<sup>-1</sup>. Oliveira et al. (2007) obtiveram 500kg.ha<sup>-1</sup>, em média, para a Mirante 10, em três localidades do Estado do Rio de Janeiro, sendo dois destes locais com altitude abaixo de 300m.

Para o caráter teor de óleo, a análise de variância para comparação das cultivares foi significativa (Tabela 2). Observou-se variabilidade genética, com o genótipo BRS149 Nordestina apresentando-se significativamente superior aos demais, com 50,33% em média de óleo na semente.

**Tabela 2.** Teor de óleo entre cultivares de mamoneira, Cruz das Almas/BA. 2008.

| TRATAMENTOS        | MÉDIAS              |
|--------------------|---------------------|
| BRS 149 Nordestina | 50,33% <sup>a</sup> |
| BRS 188 Paraguaçu  | 48,17% <sup>b</sup> |
| Sipeal 28          | 47,33% <sup>b</sup> |
| EBDA MPA 17        | 43% <sup>c</sup>    |
| Mirante 10         | 42,67% <sup>c</sup> |

\*Valores seguidos da mesma letra na horizontal pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior parte das cultivares plantadas comercialmente no Brasil possuem teor variando entre 45% e 50% (FREIRE et al., 2006).

Os valores entre 42,67% e 50,33% de óleo nas sementes, encontrados nesse estudo, são semelhantes aos relatados por Pires et al. (2004) em experimentos da Embrapa no Nordeste do Brasil, o qual obteve entre 43% e 49%. Lima et al. (2004) por sua vez, descreveram resultados entre 44,14% e 47,47%, para quantificação de óleo em sementes de mamona nativa de dez municípios, abrangendo Agreste, Brejo e Litoral do Estado da Paraíba. Melo et al. (2006), avaliaram o teor de óleo de sementes das cultivares Nordestina e CSRN-393, mantidas pela Embrapa Algodão, em Missão Velha (CE), revelando, respectivamente, 50,92% e 43,75%p/p, enquanto experimentos conduzidos por Lucena et al. (2006) alcançaram, respectivamente, 48,9% e 47,98% para a BRS149 Nordestina e a BRS 188 Paraguaçu. Anthonisen (2007) obteve valores entre 40,60% e 49% para 15 cultivares em Pelotas, Rio Grande do Sul.

Entretanto, ensaios desta natureza necessitam ser repetidos em anos distintos, permitindo avaliar a interação genótipos x ambientes para que haja segurança na indicação para o plantio pelos agricultores. Nesse sentido, já estão sendo realizadas novas avaliações. Porém, os resultados obtidos até o momento permitem dar indícios da boa adaptabilidade da cultura às condições ambientais do município de Cruz das Almas - Bahia, com destaque para a altitude abaixo de 300m, característica que o deixa fora da lista de locais recomendados para o cultivo comercial dessa oleaginosa com base em zoneamento agroecológico.

Entre as várias tecnologias desenvolvidas para a produção de mamona, a escolha adequada de cultivares constitui um dos principais componentes do sistema de produção da cultura, sendo o conhecimento do teor do óleo uma importante informação que auxilia o melhorista em sua tomada de decisão.

Para atender à demanda crescente por óleo de mamoneira para uso industrial, dentre eles o biodiesel, pode-se aumentar a área cultivada (ainda disponível no Brasil) e, principalmente, aumentar a produtividade de óleo (produtividade de grãos x teor de óleo:100) via melhoramento genético. Devendo-se levar em conta, conjuntamente, outros caracteres de interesse.

Os resultados obtidos com o cultivo da mamoneira em Cruz das Almas, até o momento, apresentaram produtividades e teores de óleo considerados satisfatórios. Dando indícios de que municípios localizados em altitudes inferiores a 300m, e sem a utilização de sistemas de irrigação, em que predomina a agricultura familiar, podem vir a ser bons produtores e fornecedores de óleo dessa cultura para a indústria.

## **CONCLUSÕES**

1. Houve diferença significativa entre os teores de óleo encontrados nos genótipos EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu, BRS 149 Nordestina e Mirante 10, com destaque para a cultivar BRS148 Nordestina (50,33% em média).
2. Os genótipos avaliados são considerados promissores do ponto de vista comercial para a região de Cruz das Almas, com exceção para a cultivar Mirante10.
3. É possível obter bons rendimentos, com escolha adequada da cultivar, mesmo em regiões de sequeiro e em baixas altitudes.

## Referências

ANTHONISEN, D.G. **Caracterização de genótipos de mamona: marcadores RAPD, teor de óleo nas sementes por Soxhlet e RMN e rendimento da extração do óleo usando etanol**. 2007. 73p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.350p.

AZEVEDO, D.M.P.; NÓBREGA, L.B.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. M.. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

BAHIA, H.F. **Avaliação e seleção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) para fins de melhoramento genético**. 2007. 66p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

BELTRÃO, N. E. M.; ARAÚJO, A. E.; AMARAL, J. A. B.; SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; PEREIRA, J. R. **Zoneamento e época de plantio da mamoneira para o nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003.

BELTRÃO, N. E. M.. Zoneamento Mamona: Pesquisador destaca relevância da altitude. **Diário do Nordeste**. Março/2007. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/noticias/mamona/zoneamento-mamona-pesquisador-destaca-relevancia-altitude-28-03-07.htm> > Acesso em: 28 jan. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira - Grãos. Safra 2007/2008.** Quinto levantamento - FEV/2008 Disponível Em: < [www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf) > Acesso em: 22 fev. 2008.

EMBRAPA. Centro de Mandioca e Fruticultura Tropical da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em:  
< [http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?menu=1&p=a\\_unidade-localizacao.php&menu=1](http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?menu=1&p=a_unidade-localizacao.php&menu=1) > Acesso em: 27 de janeiro de 2008.

FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M.. **O Agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Cap. 13.

ICOA. **The chemistry of castor oil and its derivatives and their applications.** Disponível em <[www.icoa.org](http://www.icoa.org)>. Acessado em 29 nov. 2006.

**Informe sobre a situação e perspectivas da Agroenergia e dos Biocombustíveis no Brasil,** IICA, 2007.

LIMA, R. L. S. **Caracterização de sementes de mamoneiras asselvajadas coletadas em dez municípios da Paraíba.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CDROM.

LUCENA, A. M. A. de; SEVERINO, L. S.; FREIRE, M. A. de O.; BELTRÃO, N. E. M.; BORTOLUZI, C. D. **Caracterização física e teor de óleo de sementes das cultivares: BRS Nordestina e BRS Paraguaçu separadas em classes pela cor do tegumento.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 1 CD-ROM.

MELO, F. B.; BELTRÃO, N. E. de M.; RIBEIRO, V. Q.; LUCAS, E. P. **Competição de genótipos de mamoneira em baixas altitudes: resultados preliminares.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão. 1 CD-ROM, 2004.

MELO, F.B.; BELTRÃO, N.E.M.; MILANI, M.; RIBEIRO, V.Q. **Comportamento produtivo de genótipos de mamoneira em baixas altitudes para produção de biodiesel.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006. 1 CD-ROM.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 1998. 151 p.

OLIVEIRA, L. A. A. ; SOUZA, J. M. P. F. ; LOPES, G. E. M.; REGO FILHO, L. M.; FERREIRA, J. M.; CAVALCANTI, E.. **Avaliação de Oleaginosas no Estado do Rio de Janeiro Resultados Estação Outono-Inverno/2005.** II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. Brasília, 2007.

PIRES, M. M.; ALVES, J. M.; ALMEIDA NETO J. A. de A.; ALMEIDA, C. M.; SOUSA, G. S. de; CRUZ, R. S. da; MONTEIRO, R.; LOPES, B. S.; ROBRAS, S. **Biodiesel de mamona: uma avaliação econômica.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais....** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura de mamoneira.** Viçosa: UFV, 1966. 75p.

RIBEIRO, L. P.; SANTOS, D. M. B.; LIMA NETO, I. de A.; BARBOSA, M. F.; CUNHA, T. J. F. Levantamento detalhado dos solos, capacidade de uso e classificação de terras para irrigação da Estação de Plasticultura da Universidade Federal da Bahia/Politeo em Cruz das Almas (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.1, p.105-113, 1995.

SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; MORAES, C. R. de A.; GONDIM, T. M. de S.; CARDOSO, G. D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 37, n. 2, p. 188-194, 2006.

SOARES, L.. Embrapa e Emater-PB promovem dia-de-campo sobre cultivar de mamona. EMBRAPA Algodão. 27 de agosto de 2004. Disponível em: < [http://www.cnpa.embrapa.br/noticias/2004/noticia\\_20040827.html](http://www.cnpa.embrapa.br/noticias/2004/noticia_20040827.html) >. Acesso em: 18 fev. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.

VIEIRA, R. de M.; LIMA, E.F.; AZEVEDO, D.M.P. de ; BATISTA, F.A.S.; SANTOS, J.W. dos; DOURADOS, R. M.F. **Competição de cultivares e linhagens de mamoneira no Nordeste do Brasil - 1993/96**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, b. 4p, 1998.(Comunicado técnico, 71).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ano de 2005 teve início o programa de melhoramento genético da mamoneira na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, que desde então vem procurando selecionar materiais de elevado potencial produtivo e adaptados às condições ambientais vigentes, principalmente no que diz respeito à altitude abaixo de 300m, critério que exclui Cruz das Almas da relação de locais aptos à produção dessa cultura. O programa visa desenvolver trabalhos científicos para dar suporte à inclusão desse município no zoneamento agroecológico, a fim de dar credibilidade e confiança ao produtor além de obter respaldo governamental e incentivos financeiros.

A maior dificuldade na exploração racional da mamona no Nordeste do Brasil está na baixa disponibilidade de sementes de cultivares adaptadas, produtivas, com elevado teor de óleo, tolerantes a pragas e doenças e com porte e deiscência favoráveis à colheita, dentre outras características de interesse. A aplicação de técnicas eficientes para o reconhecimento e avaliação desses materiais faz-se necessária, uma vez que permite a obtenção de ganhos genéticos satisfatórios.

Os órgãos governamentais e de pesquisa são de fundamental importância para disponibilização e incentivo ao uso de materiais superiores e na inclusão de municípios no zoneamento, ou ainda na revisão dos critérios em que se baseia o mesmo.

Para o caráter teor de óleo, obteve destaque a cultivar BRS148 Nordestina, a qual apresentou 50,33% em óleo nas sementes, em média. As cultivares Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu e EBDA MPA 17 também são consideradas promissoras, pois, além de apresentarem teores de óleo elevados e

próximos ao de padrão comercial para essa cultura (44%), as produtividades também foram satisfatórias. A cultivar Mirante 10 obteve baixa produtividade, alta susceptibilidade ao mofo cinzento, e teor de óleo aquém as demais.

Nesse contexto, considerando que os ensaios de competição de cultivares para teor de óleo, entre outros caracteres morfológicos, já foram realizados e estão sendo repetidos devido à avaliação da interação genótipos X ambientes, tendo em vista as mudanças climáticas ocorridas em anos distintos, o presente estudo dá indícios preliminares e de fundamental relevância de que é possível obter bons rendimentos para essa oleaginosa em regiões de baixas altitudes e em condições de sequeiro.

Os marcadores RAPD apresentaram-se como uma eficiente ferramenta para identificação e diferenciação de genótipos de mamoneira, os quais permitiram revelar de forma rápida e segura e sem interferência dos efeitos ambientais, a similaridade entre os materiais estudados. Os resultados obtidos por meio de marcadores RAPD foram condizentes com os dados revelados a campo, indicando que a cultivar Mirante - 10 apresenta-se como a mais divergente geneticamente. O baixo polimorfismo encontrado por meio dessa técnica entre as cultivares EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, indica a possibilidade de terem ancestrais em comum.

Apesar de recente, o programa de melhoramento da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, por meio do NBio (Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia), já realizaram hibridização entre cultivares e detém populações segregantes ( $F_2$  e Retrocruzamentos) para condução destas, e já sinaliza a possibilidade de selecionar genótipos adaptados as condições de baixa altitude (menores que 300m para a mamoneira) e em regime de sequeiro. Como também, por meio de informações da divergência genética, identificar cruzamentos promissores visando criação de novas cultivares a fim de atender à demanda crescente por óleo de mamona para a indústria, dentre elas a de biodiesel.