

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

**VARIABILIDADE GENÉTICA, VIABILIDADE DE PÓLEN E  
ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE MAMONEIRA**

**MARIA SELMA ALVES SILVA DIAMANTINO**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
FEVERIRO - 2013**

# **VARIABILIDADE GENÉTICA, VIABILIDADE DE PÓLEN E ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE MAMONEIRA**

**MARIA SELMA ALVES SILVA DIAMANTINO**

Mestre em Ciências Agrárias

Escola de Agronomia da UFBA, 2001

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

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica P. de Carvalho Costa.**

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA - 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

D537 Diamantino, Maria Selma Alves Silva.  
Variabilidade genética, viabilidade de pólen e estresse salino em genótipos de mamoneira / Maria Selma Alves Silva Diamantino. – Cruz das Almas, BA, 2013.  
146f.; il.

Orientadora: Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa.  
Coorientadora: Simone Alves Silva.

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

1.Mamona – Melhoramento genético. 2.Diversidade biológica – Marcadores genéticos. 3.Germinação – In vitro.  
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II. Título.

CDD: 633.85

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

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DA ALUNA  
MARIA SELMA ALVES SILVA DIAMANTINO**

---

Dra. Sc. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa  
(Orientadora)  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

---

Dr. Ariosvaldo Novais Santiago  
Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S/A - EBDA  
Universidade Estadual da Bahia (UNEB)

---

Dra. Claudia Fortes Ferreira  
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF

---

Dr. Jorge Luiz Loyola Dantas  
Embrapa Mandioca e Fruticultura - CNPMF

---

Dra. Daniela Garcia Silveira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Tese homologada pelo Colegiado do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias  
em .....  
Conferindo o grau de Doutora em Ciências Agrárias em ...../...../2013.

*Ao meu querido esposo Elizio P. Diamantino pelo apoio, compreensão e carinho nos momentos difíceis e aos meus queridos filhos Elis Maria, Elizio Filho e Enzo Gabriel,*

*Ofereço.*

*Aos meus pais, Aguiar e Iêda Marlene, que sempre procuraram demonstrar que viver é dedicar-se ao triunfo da beleza, paz, prosperidade, liberdade, bem-estar e harmonia. E aos meus irmãos Sandra, Cleide, Cleia, Conce, Simone e Arnaldo Neto pela amizade de sempre,*

*Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, nosso Pai, fonte da sabedoria e inspiração para criar este trabalho.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - CCAAB, ao Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia - NBIO e à Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela oportunidade concebida para a realização deste curso.

À minha orientadora, Dra. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa, pela orientação, amizade, estímulo e ensinamentos transmitidos.

À minha co-orientadora, Dra. Simone Alves Silva, pela amizade, companheirismo, transmissão de conhecimento, atenção e incentivo, que foram de grande relevância para realização deste trabalho.

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

Ao coordenador do curso de Ciências Agrárias, Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, e ao ex-coordenador, Tales Miler Soares.

A todo corpo docente pelos ensinamentos recebidos.

Ao colega Helisson, pelo valioso auxílio no Laboratório de Marcadores Molecular do Núcleo de Melhoramento Vegetal e Biotecnologia NBIO.

À colega Taliane Soares, pela colaboração no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

A todos os meus colegas de curso, especialmente Vânia, Vanessa, Laurenice, Juliana e Darcilúcia, pelo companheirismo, alegrias e convivência.

Aos meus co-orientados de iniciação científica, Daniel Morais, Joelton Belau, Thiago, Luan e Luciel, pelo valioso auxílio.

Aos amigos do Laboratório Núcleo de Melhoramento Genético Vegetal e Biotecnologia, Prof. Ricardo, Profa. Edna, Luciel, Agenildo, Sara, Pedro, Ronaldo, Bruno, Dyane, Camila, Ciro, Nara e Raony.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Não posso deixar de agradecer também a Banca Examinadora desta tese, pelas críticas e sugestões que colaboraram para enriquecer este trabalho.

Aos meus irmãos, pelo carinho.

Aos meus pais, pela presença em minha vida. Eles, com a experiência dos anos, na simplicidade dos gestos, me ensinaram a prosseguir.

Ao meu esposo e meus filhos que estão sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

A Patrícia, pelos cuidados com meus filhos para que eu pudesse conduzir os meus trabalhos de forma mais tranquila.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com o êxito deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!!!

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1	
VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE MAMONEIRA ( <i>Ricinus communis</i> L.) EM DOIS ANOS DE CULTIVO NO RECÔNCAVO BAIANO.....	26
CAPÍTULO 2	
SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PROMISSORES DE MAMONEIRA UTILIZANDO MARCADORES SSR E AGRONÔMICOS.....	52
CAPÍTULO 3	
MORFOLOGIA E VIABILIDADE DE GRÃOS DE PÓLEN EM MAMONEIRA.....	82
CAPÍTULO 4	



GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONEIRA SOB ESTRESSE SALINO.....	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132

# VARIABILIDADE GENÉTICA, VIABILIDADE DE PÓLEN E ESTRESSE SALINO EM GENÓTIPOS DE MAMONEIRA

AUTOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**RESUMO:** No melhoramento de plantas, o estudo da variabilidade genética entre constituições genéticas viabiliza o conhecimento da divergência, similaridade e estrutura genética na espécie, com possibilidade de formação de populações com ampla base genética. Visando subsidiar o Programa de Melhoramento Genético da Mamoneira para o Recôncavo Baiano, este trabalho objetivou avaliar o desempenho de quinze genótipos de mamoneira, a partir dos caracteres adaptativos, dos componentes de rendimento; avaliar a genotipagem de quinze genótipos de *Ricinus communis* por meio de marcadores miscrossatélites-SSR e estimar a diversidade genética, usando dados quantitativos e qualitativos; avaliar a viabilidade dos grãos de pólen de mamoneira por meio da germinação *in vitro* e uso de corantes; avaliar os efeitos da salinidade sobre a germinação e o crescimento inicial de genótipos de mamona. O ensaio foi realizado em dois anos agrícolas consecutivos. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e quinze tratamentos, constituídos pelos genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43. Foram analisados 23 caracteres morfoagronômicos. Para análise molecular foram utilizados 53 iniciadores de microssatélite. A análise de agrupamento hierárquico foi realizada a partir do método UPGMA *Unweighted Pair-Group Method Averages*, com base na distância das matrizes de Manhattan, índice Nei e Li (1973) e da seleção combinada. Os genótipos mais divergentes foram selecionados considerando cada uma das metodologias, como forma de comparação. As descrições morfológicas foram feitas a partir da acetólise láctica

e microscopia eletrônica de varredura. A viabilidade do pólen foi estimada por meio da germinação *in vitro* e análise histoquímica (carmim acético a 2% e 2,3,5 cloreto de trifeniltetrazólio 1%). Para o efeito salino, adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 7 x 4, sendo sete materiais vegetais (IAC Guarani, IAC 2028, IAC 226, IAC 80, BRS-Nordestina, EBDA-MPA 11 e EBDA-MPA 34) e quatro diferentes níveis de salinidade, (CEs 0,0; 2,5; 4,5 e 6,5 dS m<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Concluiu-se que existe variabilidade entre os genótipos, destacando-se EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 como promissores para o melhoramento da espécie no ambiente em estudo. A dissimilaridade genética por meio da seleção combinada (dados agronômicos e moleculares) permite combinações promissoras esperadas entre os genótipos EBDA-MPA 35 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 11 x EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 17 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 26 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 37 x EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 31 x EBDA-MPA 37 e EBDA-MPA 34 x EBDA-MPA 40. Os genótipos apresentaram grão de pólen de tamanho médio, isopolares, simetria radial, âmbito subcircular, 3-colporados, endoaberturas lalongadas, exina microrreticulada e forma oblato-esferoidal e prolato-esferoidal. O corante carmim acético superestimou a viabilidade de pólen. Os meios M5 e M8 foram os mais eficientes na germinabilidade dos grãos de pólen dos genótipos analisados. Os genótipos estudados podem ser utilizados como parental masculino em programas de melhoramento já que apresentam altos índices de viabilidade de pólen. Dentre os sete genótipos estudados, o que apresentou maior tolerância ao incremento da condutividade elétrica da solução foi o BRS Nordeste e o de maior sensibilidade à salinidade foi o EBDA-MPA 11.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis*, dissimilaridade, condutividade elétrica, germinação *in vitro*, salinidade, microsatélite.

# GENETIC VARIABILITY, POLEN VIABILITY AND SALT STRESS IN CASTOR-BEAN GENOTYPES

AUTHOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**ABSTRACT:** In plant breeding, genetic variability studies allow for the characterization of the dissimilarity, similarity and genetic structure in species and enables increase the genetic base. The objectives of the present work were to estimate the genetic diversity using quantitative and qualitative data; evaluate pollen viability by *in vitro* by *in vitro* germination and use of dyes; evaluate the effects of salinity in germination and initial growth of castor-bean genotypes. The experiment was carried out in two consecutive production years in random blocks with four replicates and fifteen treatments made up by the following genotypes: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 and EBDA-MPA 43. Twenty-three morphoagronomic characteristics were analyzed. Fifty-three microsatellite primers were used for the molecular assay. Cluster analysis was carried out by the UPGMA *Unweighted Pair-Group Method Averages* method based on the distance matrix by the Manhattan and Nei and Li (1973) indices and the combined selection indice. The most diverse genotypes were selected considering each one of the methodologies as comparison. The morpho pollinic descriptions were carried out by lactic acetolysis and scanning electron microscopy. Pollen viability was estimated by *in vitro* germination and histochemical analysis (2% acetic carmin, and 1% 2,3,5 tri phenol tetrazol chloride). For the saline effect, the complete randomized block design was adopted in 7 x 4 factorial scheme, with seven plant materials (IAC Guarani, IAC 2028, IAC 226, IAC 80, BRS-Nordestina, EBDA-MPA 11 and EDPA-MPA 34) and four salt levels (CEs 0.0; 2.5; 4.5 and 6.5 dS m<sup>-1</sup>), and four replicates. Results

showed that there is variability among the genotypes, highlighting the EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 and EBDA-MPA 43 as promising genotypes to be used in the breeding program of the species under the proposed environment; the Reconcavo Region of Bahia. The genetic dissimilarity by the combined selection (agronomic and molecular data) enables promising combinations between the following genotypes: EBDA-MPA 35 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 11 x EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 17 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 26 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 37 x EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 31 x EBDA-MPA 37 and EBDA-MPA 34 x EBDA-MPA 40. The genotypes presented medium size, isopolar, radially simetric, subcircular, 3-colporated, long endo-opening, microreticulated exin, spheroid-oblate shaped and spheroid-prolate shaped pollen grains. The acetic carmin dye overestimated pollen viability. Culture media M5 and M8 were most efficient in germination capacity of pollen grains of the genotypes analyzed. The genotypes studied may be used as male parents in breeding programs since they showed high indices of pollen viability. The genotype which presented highest tolerance to increase in electric conductivity in the solution was BRS Nordeste and EBDA-MPA 11, the most sensitive to salinity.

**Key-words:** *Ricinus communis*, dissimilarity, electric conductivity, in vitro germination, salinity, microsatellite.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) pertence à família *Euphorbiaceae* e seu centro de diversidade está localizado na Etiópia e no leste da África, com existência de centros secundários. No Brasil, sua introdução ocorreu durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos (MAZZANI, 1983).

O Brasil é o terceiro maior produtor de mamona, cultura de clima tropical, tendo grande importância para a economia do semiárido nordestino. Nas últimas décadas, houve um declínio na produção brasileira dessa oleaginosa, gerando a necessidade de importação do óleo bruto da Índia e da China. Sendo que a Índia ocupa a primeira posição mundial na produção de mamona, seguido pela China. Contudo cultura da mamona vem ganhando destaque no cenário brasileiro, proporcionando estímulos ao seu plantio e ao desenvolvimento tecnológico.

A Bahia lidera a produção com 130,1 mil toneladas (equivalente a 71% da produção brasileira e 76,2% do Nordeste), com uma produtividade de 810 kg.ha<sup>-1</sup> CONAB (2011), sendo que a maioria de seu cultivo é realizada por agricultores familiares, representando mais de 80 % da área plantada (CARVALHO, 2005). Contudo, há uma deficiência de assistência aos produtores, que gera problemas, envolvendo a falta de sementes certificadas, carência de associações e cooperativas, comercializações com vários níveis de intermediários etc. e conseqüentemente, baixas produtividades e rendimentos financeiros ínfimos. Segundo Beltrão e Cardoso (2004), a mamoneira tem potencial para produzir mais de 3.000 kg.ha<sup>-1</sup>, entretanto, dados da CONAB (2011) revelam que a produtividade média nos últimos cinco anos no Brasil é de aproximadamente 745 kg.ha<sup>-1</sup>.

A mamona apresenta um excelente potencial para a produção de biodiesel, principalmente devido ao seu alto teor de óleo, em torno de 48 a 50%. Uma tonelada de mamona produz mais biodiesel do que uma tonelada de petróleo produz diesel. Além do óleo, a mamona também produz a torta, resultante da extração do óleo, que é dividida em casca, que serve como fertilizante, e polpa que é rica em proteína e carboidrato e utilizada na ração animal após desintoxicada. É possível também aproveitar a haste (caule) da planta para a produção de celulose, além de ser matéria-prima para a confecção de tecidos mais rústicos (CARNEIRO, 2003).

A cultura da mamona deve se consolidar como o principal componente do biodiesel a ser produzido no Brasil, podendo se tornar em curto prazo, no cenário do Nordeste, um dos principais componentes do Programa Nacional de Biodiesel. Assim, torna-se imprescindível a implementação de estratégias que possibilitem o desenvolvimento de novos genótipos, com maiores teores de óleo e ajustados às condições do Recôncavo Baiano. Isto possibilitará também a consolidação da cultura da mamona nesta região, de forma a garantir, no futuro, a expansão do agronegócio dessa oleaginosa no estado da Bahia.

O melhoramento de plantas responde às necessidades de aumento de produtividade com o lançamento de novos genótipos, adaptados às mais variadas condições climáticas. Porém, para que possam ser recomendados há necessidade de avaliação a campo e na região na qual se pretende recomendá-los.

No Brasil, o melhoramento genético tem permitido avanços em produções de genótipos que são importantes para a tecnologia de produtos (SEVERINO et al. 2006). Uma das principais demandas no melhoramento genético da mamoneira é a adaptação de genótipos as baixas altitudes, o que permitirá a inclusão sustentável de muitos municípios onde o cultivo não é recomendado pelo risco de obtenção de baixas produtividades.

A variabilidade genética existente na espécie *Ricinus communis* compreende características de adaptação a ambientes adversos, dentre as quais destacam-se aquelas relacionadas à baixa altitude e à salinidade. Sendo assim, este trabalho teve como objetivos: I – analisar a variabilidade genética em genótipos de mamoneira, considerando a interação entre os genótipos em dois

anos de cultivo nas condições edafoclimáticas de Cruz das Almas – BA; II - genotipar quinze genótipos de *Ricinus communis* por meio de marcadores miscrossatélites - SSR e avaliar 13 caracteres agronômicos, principalmente os caracteres: estatura de planta (EP), peso de sementes por racemo (PSR), número de sementes por racemo (NSR) e teor de óleo na semente (TOS) e estimar a diversidade genética, usando dados quantitativos e qualitativos, de modo a subsidiar o direcionamento de futuras hibridações com vistas à obtenção de indivíduos superiores a estes caracteres; III - avaliar a viabilidade dos grãos de pólen de mamoneira por meio da germinação *in vitro* e uso de corantes; IV – avaliar os efeitos da salinidade sobre a germinação e o crescimento inicial de genótipos de mamona.

### **Importância econômica da cultura da mamona**

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma euforbiácea rústica, heliófila, tolerante à seca, disseminada por diversas regiões do mundo. O interesse pelo cultivo desta oleaginosa se deve às diversas possibilidades de uso do óleo extraído das sementes e à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (SILVA et al., 2004).

Introduzida no Brasil durante a colonização portuguesa, por ocasião da vinda dos escravos africanos (MAZZANI, 1983; BELTRÃO, 2004), a mamoneira é encontrada vegetando desde o Rio Grande do Sul até a Amazônia (AMORIM NETO et al., 2001), apresentando inúmeras sinonímias, a exemplo de rícino, palma-christi, palma-de-cristo, carrapateira, bafureira, figueira do inferno, enxerida, regateira, entre outras (BELTRÃO et al., 2001; RODRIGUES et al., 2002).

O óleo é o produto mais importante e o principal objetivo daqueles que exploram a cultura da mamona. Seu teor na semente varia de 35% a 55%, sendo o padrão comercial 44% (FREIRE et al., 2007). Nos tempos primórdiais, o óleo era utilizado para geração de luz (energia) e para fins medicinais (purgativo e unguento para as moléstias das articulações, inflamações em geral, dor de ouvido e assaduras). Nas décadas de 70 e 80, a mamona ganhou destaque pela possibilidade de utilização como substituto dos derivados do petróleo. A partir



desse período, foram descobertas inúmeras aplicações industriais para o óleo de mamona: revestimentos protetores (tintas e vernizes), impermeabilizantes de superfície, fluidos hidráulicos, cosméticos, lubrificantes para aviões e naves espaciais, vidros à prova de bala, cabos de fibra óptica, lentes de contato, plastificantes e plásticos etc. (FREITAS e FREDO, 2005, BAHIA et al. 2007).

Da industrialização da mamona obtém-se como subproduto a torta, que usada como fertilizante, apresenta a capacidade de restauração de terras esgotadas (SANTOS et al., 2001) e ainda a característica de repelência a insetos e nematóides, importante para a agricultura, principalmente a orgânica. Quando desintoxicada, a torta pode ser utilizada na alimentação animal, entretanto, por ser um processo de custo elevado, ainda é pouco utilizada para este fim. Porém, não só o óleo e a torta possuem aplicações. As folhas servem de alimento para o bicho da seda e gado bovino; a haste fornece celulose para a fabricação de papel e serve de matéria-prima para a produção de tecidos grosseiros (AZEVEDO et al., 2001, BAHIA et al., 2007).

A mamoneira apresenta adaptação a quase todas as regiões do país, com destaque para as regiões nordeste, sudeste e sul – representadas, respectivamente, pelos estados da Bahia, São Paulo e Paraná -, que são os principais produtores dessa oleaginosa. A evolução da cultura da mamona, no Brasil, foi avaliada por Kouri et al. (2004), desde a safra de 1977-78 até o ano de 2004, por meio de dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Segundo esses autores, as taxas de crescimento da área colhida, da produção e do rendimento médio da cultura, no país, foram negativas em diversas safras, e na década de 90, representaram um período de decadência. No entanto, o cenário que se estabeleceu com a criação do Probiodiesel, em 2002, é de crescimento do plantio. A mamona está incluída no Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel (PNPB), elaborado pelo Governo Federal, que autorizou a adição de 2% de combustíveis derivados de óleos vegetais ao diesel, obtido a partir do petróleo, já em 2008 (RAMOS et al., 2006). Atualmente a obrigatoriedade da adição de combustíveis derivado do óleo vegetal ao diesel é de 5 %..

O Óleo da mamona é comercializado na forma hidrogenado, com os preços regulados pelas cotações do mercado internacional, sujeitas às oscilações

de plantio e produção nos países produtores e na expansão do uso industrial. Seu consumo mantém-se constante ao longo do tempo, estabilizando-se em torno de 440.000 a 450.000 toneladas anuais. As cotações internacionais refletem imediatamente nos preços pagos internamente ao produtor de mamona (SAVY FILHO, 2005).

Para solucionar os problemas na produção agrícola desta espécie, com alto potencial de mercado mundial, vale destacar a necessidade de maior atenção para políticas agrícolas e industrial adequadas, dada a importância social e econômica deste agronegócio no Brasil (AZEVEDO & LIMA, 2001). Além disto, devemos considerar que a mamona é uma das fontes para energia renovável que pode dar suporte a projetos do “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo” (MDL), proposto pelo Protocolo de Kyoto, que trata dos financiamentos pelos créditos de carbono trocados entre os países poluidores e os em desenvolvimento com empreendimentos ecologicamente sustentáveis. O uso desta planta como energia renovável seria então destinado à fixação do carbono ou à redução da sua emissão e para retirada dos gases poluentes (BRASIL ECODIESEL, 2005 apud VARGAS, 2006).

### **Aspectos botânicos e morfofisiológicos da mamoneira**

A mamoneira pertence à família *Euphorbiaceae* e ao gênero *Ricinus*, espécie *Ricinus communis* (L.), entretanto apresenta taxonomia complexa havendo divergências quanto à sua classificação (BAHIA, 2007).

Savy Filho (1999) considera o gênero *Ricinus* como monotípico, sendo reconhecidas as subespécies *R. sinensis*, *R. zanzibarensis*, *R. persicus* e *R. africanus*, as quais englobam 25 variedades, todas compatíveis entre si, produzindo híbridos férteis diplóides, com  $2n=2x=20$  cromossomos. Já Popova e Moshkin (1986) agruparam os tipos em seis subespécies e 25 variedades botânicas, com base na variabilidade existente na espécie.

A mamoneira é uma planta xerófila de elevada complexidade morfofisiológica, apresenta metabolismo fotossintético  $C_3$  com alta taxa de fotorrespiração, apesar de ser heliófila e apresentar reação fotoperiódica acima de 12 horas/dia (BELTRÃO et al., 2007).

A mamoneira apresenta grande variabilidade em diversas características, como hábito de crescimento, cor das folhas e do caule, tamanho, cor e teor de óleo das sementes etc. Pode-se, portanto, encontrar tipos botânicos de porte baixo ou arbóreo, ciclo anual ou semiperene, com folhas e caule verde, vermelho ou rosa, com presença ou não de cera no caule, com frutos inermes ou com espinhos, deiscentes ou indeiscentes, com sementes de diversos tamanhos, colorações e diferentes teores de óleo (MAZZANI, 1983; SAVY FILHO, 1999; WEISS, 1983, BAHIA, 2007).

Com relação ao ciclo, a planta apresenta comportamento diferenciado, podendo ser anual, semiperene ou perene. A mamoneira possui crescimento do tipo indeterminado, no sentido da emissão de inflorescências de várias ordens e idades fisiológicas. A organogênese apresenta doze diferentes estádios de desenvolvimento, considerando desde a germinação à completa maturidade de cada cacho, sendo que a duração de cada estágio depende da cultivar e do ambiente, principalmente a temperatura e a precipitação pluvial. O ciclo da mamoneira varia de 250 a 300 dias em regiões tropicais, apresentando floração com apenas 50 a 60 dias após germinação (BELTRÃO, 2003; BELTRÃO et al., 2007).

Savy Filho (1999) verificou que nas regiões semiáridas, a taxa de crescimento da raiz é maior que da parte aérea, demonstrando que a planta fortalece primeiro o seu sistema de fixação e de absorção para que possa suportar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo durante o ciclo, acontecendo com menos intensidade nas áreas onde a precipitação atinge níveis razoáveis

A mamoneira apresenta germinação do tipo epígea, podendo ser influenciada por fatores como temperatura, características físicas do solo, umidade, profundidade de plantio e disponibilidade de oxigênio. A falta de oxigenação associado a baixas temperaturas tornam o processo de germinação lento, podendo demorar até 18 dias entre o plantio e a emergência das plântulas (BELTRÃO et al., 2007).

Em *Ricinus communis*, a primeira fase visível do processo de germinação se dá com o aparecimento da raiz primária, rompendo o tegumento nas proximidades da carúncula, posicionando-se para baixo e iniciando o crescimento em profundidade, originando assim a raiz principal. Em seguida, forma-se um eixo

caulinar curvo, que puxa a semente até a superfície do solo e toma a posição vertical quando a semente já está suspensa. A quebra do tegumento para que as folhas cotiledonares sejam expostas pode ocorrer ainda dentro do solo ou depois que a semente atinge a superfície (SEVERINO et al., 2004).

A mamoneira apresenta um sistema radicular do tipo axial, com uma raiz principal pivotante e as demais raízes laterais. O caule é geniculado, espesso e ramificado, terminando com uma inflorescência do tipo racemo. Apresenta nó bem definido, com cicatrizes foliares proeminentes e variação na cor, presença de cera e rugosidade. A haste principal cresce de forma vertical, sem ramificação, até o surgimento da primeira inflorescência, denominada cacho principal ou racemo primário (BELTRÃO et al., 2001). As folhas são simples, do tipo digitolobadas, denticuladas e com pecíolos longos. Em geral, apresentam de sete a nove lóbulos em cada folha, sendo que na base de cada folha há dois pares de glândulas (BELTRÃO et al., 2007). Contudo, as principais alterações nas folhas de mamoneira estão relacionadas com a cor, cerosidade, número de nervuras principais e comprimento do pecíolo (MAZZANI, 1983).

De acordo Beltrão et al. (2007) a mamoneira é uma espécie autógama, com frequente alogamia, apresenta taxas de cruzamentos de 25% a 40%, a depender do porte. No entanto por apresentar altas taxas de cruzamento, a mamoneira é considerada dotipo misto. É uma planta monóica, sua inflorescência é composta de uma ráquis onde são distribuídas cimas dicásicas, sendo as da parte superior femininas e as inferiores masculinas. Entretanto, observa-se a ocorrência de flores masculinas entre as flores femininas e com baixa frequência o surgimento de flores hermafroditas (SAVY FILHO, 1999). As flores masculinas expõem o pólen pela deiscência das anteras. O pólen arremessado é arrastado pelas correntes aéreas para as flores femininas da mesma planta ou para as inflorescências de outras plantas, ocorrendo assim à polinização, que é, portanto, anemófila (BELTRÃO et al., 2007)

A mamoneira apresenta diversidade na expressão do sexo, a depender dos efeitos do ambiente e do manejo realizado com a cultura. Em regiões que apresentam distribuição regular de chuva e sob condições de manejo adequado, favorese a formação de plantas monóicas. Entretanto, observam-se modificações desse padrão a depender da idade da planta e dos racemos, fotoperíodo curto,

temperaturas elevadas e poda. A deficiência hídrica e a alta temperatura favorecem o desenvolvimento de mais flores masculinas, e solos férteis mais flores femininas. A flor masculina é constituída de um grande número de estames e a feminina possui um ovário trilobular (SAVY FILHO, 1999). As flores masculinas levam de seis a doze horas para abrir e liberam pólen nas 24-48 horas seguintes, sendo liberado nas primeiras horas da manhã, e a intensidade cresce com o aumento da temperatura. O florescimento das flores masculinas pode persistir por um período de até 35 dias (BAHIA,2007).

O racemo apresenta comprimento variando de 10 a 80 cm, com formato cônica, cilíndrica ou esférica. O fruto da mamoneira apresenta uma variabilidade na cor, na cerosidade, na forma, no tamanho, na deiscência, na caducidade e na presença ou ausência de acúleos. O fruto é uma cápsula tricoca, podendo ser de quatro tipos: muito papilado, pouco papilado, inerme liso ou inerme rugoso e pode ser deiscente, semi-deiscente e indeiscente (GRANER e GODOY JÚNIOR, 1967, apud BELTRÃO et al., 2001).

As sementes da mamoneira apresenta uma variabilidade quanto à coloração, formato, tamanho, peso, proporção do tegumento, presença ou ausência de carúncula e maior ou menor aderência ao tegumento (MAZZANI, 1983). O tegumento externo da semente é representado pela casca, dura e quebradiça, tendo ainda uma película interna fina envolvendo o albúmen, que por sua vez é branco, compacto e rico em óleo (RIBEIRO FILHO, 1996).

Para Lago et al. (1979) independente da cultivar as sementes de mamona apresentam dormência, entretanto, diminui com o armazenamento, tornando-se praticamente nula após nove meses. Carvalho et al. (2005) observaram que as sementes de mamona toleram condições de armazenamento em bancos de semente por menor tempo que as sementes ortodoxas devido, provavelmente, ao alto conteúdo lipídico.

O óleo da mamona possui 90% de ácido graxo ricinoléico, uma das poucas ocorrências naturais que se aproximam de um composto tão puro e uniforme. De acordo Chan et al. (2010), a mamoneira possui 71 genes que apresentam similaridade com genes conhecidos envolvidos na biossíntese dos ácidos graxos e triacilgliceróis e que correspondem, principalmente, ao ácido ricinoleico. A mamona não só evolui a enzima ácido oleico hidroxilase, para

sintetizar o ácido ricinoleico, como também desenvolve a capacidade eficiente de acumular altos níveis de ácido ricinoleico no óleo de sua semente (CHAN et al., 2010).

As características do ácido ricinoléico são conferidas pela sua estrutura química, com grupo hidroxila no carbono 12 e dupla ligação, sendo a única fonte comercial com esta singularidade. O grupo hidroxila confere ao composto a estabilidade e a alta viscosidade, mantida em larga faixa de temperatura, ao contrário dos demais óleos vegetais, que perdem viscosidade em altas temperaturas e se solidificam em baixas, possuindo também estabilidade à oxidação (SAVY FILHO, 1999).

### **Caracterização molecular e morfoagronômica em *Ricinus communis***

A grande variabilidade apresentada pela mamona é observada em características botânicas e agronômicas, podendo ser avaliada através do polimorfismo do DNA. As tecnologias de análise molecular da variabilidade do DNA permitem determinar pontos de referência nos cromossomos, tecnicamente denominados 'marcadores moleculares'. Marcador molecular é todo e qualquer fenótipo molecular proveniente de um gene expresso (isoenzima), ou de um segmento específico de DNA, correspondendo a regiões expressas ou não do genoma (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

Para o sucesso de um programa de melhoramento, a existência de variabilidade genética para os caracteres de interesse, é fundamental. Portanto, a caracterização agronômica associada ao uso de ferramentas moleculares pode disponibilizar informações úteis para o melhorista de plantas. Os marcadores de DNA são uma excelente ferramenta para o melhorista na quantificação da variabilidade disponível, na escolha de genitores para cruzamentos, na seleção assistida por marcadores e no mapeamento de genes de interesse. Nas aplicações sintéticas, a informação gerada na fase analítica é integrada às metodologias de seleção e recombinação de genótipos, como uma ferramenta adicionada para promover o avanço genético. A associação entre informações derivadas de marcadores moleculares e aquelas obtidas a partir de características

agronômicas apresenta potencial para maximizar os ganhos genéticos ao longo das gerações no processo de seleção (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998).

Os marcadores microssatélites são Sequências Simples Repetidas (Simple sequence repeats) que consistem de um a seis nucleotídeos repetidos em *tandem*, presentes nos genomas dos eucarióticos e procariotos. Como marcadores codominantes, os locus específicos são usados frequentemente para *fingerprinting* de DNA, teste de paternidade, para construção de mapas de ligação e os estudos genéticos de população (HAYDEN et al., 2001).

Os marcadores SSR apresentam as principais vantagens como: codominância dos marcadores, ou seja, ambos os alelos de um indivíduo heterozigoto são visualizados no gel; são altamente multialélicos; estão ampla e uniformemente distribuídos pelo genoma dos eucariotos; são amplificados via PCR, o que facilita sua obtenção mesmo com poucas quantidades de DNA; uma vez desenvolvido os *primers* que amplificam tais regiões do genoma, podem ser facilmente compartilhados entre laboratórios e possuem alto nível de polimorfismo. Entretanto, as principais limitações são o alto custo requerido no desenvolvimento dos primers específicos, quando eles não estão disponíveis para a espécie a ser estudada e o fato de bandas inespecíficas ou géis de baixa resolução podem dificultar a acurada avaliação dos polimorfismos (QUELLER et al., 1993; FALEIRO et al., 2004).

Cerqueira (2008), estudando cinco variedades de mamona, EBDA MPA 17, Sipeal 28, BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu e Mirante 10, por meio da dissimilaridade utilizando marcadores moleculares RAPD, constatou a variabilidade genética entre os materiais.

Entretanto, Bajay (2009) desenvolveu 41 pares de iniciadores, por meio da montagem de uma biblioteca genômica enriquecida, para mamoneira e genotipou por meio de marcadores microssatélites 37, 76 e 7 acessos dos bancos de germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), e da UNESP de Botucatu-SP, respectivamente. De um total de 41 locos analisados, 26 apresentaram polimorfismo (63,41%).

Machado (2011) desenhou e otimizou 30 pares de iniciadores SSR por meio de “*data mining*” do genoma da mamoneira por microssatélites, visando

identificar primers para serem validados. Desses, sete pares de iniciadores, RcoM2, RcoM17, RcoM20, RcoM21, RcoM22, RcoM27 e RcoM28 (23,3%), foram eficientes na identificação de polimorfismo para as cultivares BRS Nordestina, EBDA MA17 e Sipeal 28.

Estudos de diversidade genética com marcadores SSR genômico em mamoneira, foram realizados por Bajay et al. (2009), Bajay et al. (2011) e Seo et al., (2011). Já Qiu et al. (2010) realizaram estudos com mamona utilizando marcadores EST-SSR. Os marcadores EST-SSR são assim chamados por serem marcadores microssatélites (SSR) desenvolvidos a partir de sequências EST (*Expressed Sequence Tags*).

Resultados positivos foram observados nos trabalhos conduzidos por Bahia et al. (2008), destacando-se a Sipeal 28 como a cultivar com maiores rendimentos quando cultivada em condições de sequeiro, o que justifica o seu bom desempenho devido ao melhoramento genético da mamoneira para esta cultivar ter sido iniciado, em Cruz das Almas, desde a década de 60 do século passado, pelo antigo Instituto Agrônomo do Leste (Ipeal).

Cerqueira (2008) obteve resultados satisfatórios para a cultivar Nordestina para o caráter teor de óleo na semente, quando comparada com Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17 e Mirante 10. Sampaio Filho (2009) avaliou quatro cultivares de mamona, em dois anos de cultivo, confirmando o potencial das cultivares Sipeal 28, BRS Nordestina, EBDA MPA 17 e BRS Paraguaçu e sinalizando para a necessidade de condução das populações segregantes visando a seleção de indivíduos promissores.

Silva (2008) avaliou o crescimento e a produtividade de cinco cultivares (BRS Nordestina, Mirante 10, BRS Paraguaçu, Sipeal 28, e EBDA MPA 17), no município de Cruz das Almas, constatou que o desempenho das mesmas indica serem adaptadas à região do Recôncavo Baiano, pois apresentam maior plasticidade aos efeitos do ambiente. Passos et al. (2010), estudando as populações fixas e segregantes do dialélico parcial entre essas variedades, verificaram forte efeito do ambiente e reduzida herdabilidade, indicando métodos de melhoramento como genealógico e SSD (*single seed descent*) na condução de populações segregantes.



Resultados positivos foram obtidos por Oliveira (2011) que conduziu, pelo método genealógico, a população segregante  $F_3$  e avaliou seu desempenho e dissimilaridade em condições de baixa altitude. O estudo mostrou que houve variabilidade genética na população segregante  $F_3$  e fortes correlações genéticas entre os caracteres. Em relação à divergência genética, percebeu-se a formação de quatro grupos, sendo que os caracteres de maior contribuição foram o peso de fruto por planta, peso de racemo por planta, produtividade e peso do racemo. Os resultados indicaram a existência de variabilidade genética na população  $F_3$  e possibilidade de que a forte correlação entre os caracteres pode facilitar a seleção, gerando genótipos produtivos e adaptados ao estado da Bahia.

A divergência genética constitui parâmetro de grande relevância para o melhoramento, pois cruzamentos entre genitores geneticamente divergentes promovem alto efeito heterótico e maior variabilidade genética entre gerações segregantes. O estudo proporciona maior ganho genético nas gerações, condicionado pelo conhecimento das melhores combinações híbridas (BAHIA, 2007).

### **Aspectos morfológicos e viabilidade do grão de pólen**

A formação do grão de pólen é consequência de duas divisões meióticas. Na meiose I, ocorre a redução cromossômica e na meiose II a conservação do número cromossômico, porém com uma única diferença da mitose, uma vez que as cromátides irmãs de cada cromossomo não são exatamente iguais geneticamente entre si. Ocorre neste momento a formação de quatro células idênticas entre si, com número cromossômico ( $n=10$ ), idêntico à metade do número somático ( $2n=20$ ) da espécie (GUERRA, 1983; WEISS, 1983). Na telófase II, ocorre a formação das células mãe de pólen (CM) que formarão as tétrades que darão origem às células haplóides (micrósporos), formando um tetraedro imaginário (MENDES, 1994).

Segundo Santos-Kaltchuk e Bodanese-Zanettini, (2002, apud VARGAS, 2006) dois processos podem ser observados durante a formação do grão são eles a microsporogênese e a microgametogênese. A microsporogênese se inicia com a meiose e termina com a formação de um micrósporo haplóide polarizado jovem, originário do desenvolvimento das células vegetativa e degenerativa. A partir

deste ponto, o micrósporo poderá seguir sua rota normal de desenvolvimento (via gametofítica) sendo influenciado pelas condições do ambiente.

A temperatura é considerada importante para a dispersão do pólen, numa faixa entre 26 a 29°C e com umidade relativa do ar de aproximadamente 60%, podendo variar conforme a cultivar utilizada. Acima desta faixa de temperatura associada ao comprimento do dia curto, favorecem o surgimento de flores masculinas. O tamanho dos grãos de pólen de mamoneira pode ser classificado com pequenos, de formato oval, apresentando 20 a 22µm de largura e 29 a 33µm de comprimento (AZEVEDO e LIMA, 2001).

Informações obtidas sobre a viabilidade de grãos de pólen, constituem em ferramentas importantes para o entendimento da biologia reprodutiva de uma espécie e conseqüentemente para o melhor direcionamento de estratégias em programas de melhoramento genético. Uma vez que auxilia na identificação de gametas masculinos com potencial para serem usados em programas de hibridação, permitindo um maior direcionamento, segurança e eficiência nos cruzamentos realizados para a obtenção de híbridos promissores (KRISHNAKUMAR et al., 1992).

O armazenamento, transporte e manutenção do grão de pólen com alta viabilidade são também de grande contribuição aos programas de melhoramento genético, visando novas variedades mais produtivas, distintas e com maior potencial de germinativo (VARGAS et al., 2009).

A determinação da viabilidade do pólen pode ser feita por meio de métodos diretos, tais como a indução da germinação *in vitro* (KOZAI et al., 2008; MORTAZAVI et al., 2010; IMANI et al., 2011; SINIMBU-NETO et al., 2011) e *in vivo* (FAKHIM et al., 2011; DANE e EKICI, 2011) ou métodos indiretos baseados em parâmetros citológicos, como a coloração (MUNHOZ et al., 2008; MARTINS et al., 2010). Entretanto, a germinação *in vitro* de grão de pólen é o método mais utilizado em ensaios de viabilidade do pólen em programas de melhoramento genético (SATISH e RAVIKUMAR, 2010).

Os testes colorimétricos são bastante empregados no monitoramento da viabilidade, pois consiste em um procedimento simples e rápido, comparado aos métodos diretos (GALLETTA, 1983). Dentre os corantes mais utilizados destacam-se o carmim acético, azul de anilina, azul de algodão, iodeto de

potássio (STANLEY e LINSKENS, 1974; SHARMA e SHARMA, 1994), 2,3,5 cloreto de trifeniltetrazólio (SHIVANNA e RANGASWAMY, 1992), os quais promovem diferenças na coloração dos grãos de pólen, fornecendo resultados de forma rápida e com baixo custo. Na literatura não há uma descrição de um teste de viabilidade universal utilizando um corante específico.

A coloração, embora seja um procedimento simples e barato, superestima a viabilidade do pólen, já que grãos de pólen inviáveis podem ser corados devido à presença de enzimas, amido, ou outras substâncias (OLIVEIRA et al., 2001). Ademais, não fornece informações sobre capacidade germinativa do pólen, o que pode ser obtido por meio de testes de germinação *in vitro*. Esses testes têm sido empregados principalmente quando é necessário armazenar pólen em função da realização de cruzamentos controlados entre parentais com diferenças nos períodos de florescimento ou quando se encontram em regiões distantes.

A germinação *in vitro* é o método mais utilizado em ensaios de viabilidade do pólen em programas de melhoramento genético, pois simula as condições do estilo-estigma, induzindo a germinação do tubo polínico (MARCELLÁN e CAMADRO, 1996). Cada espécie requer um protocolo específico de meio de cultura para a obtenção de boa germinação. O meio básico utilizado em ensaios *in vitro* é constituído de açúcar e de ácido bórico, podendo variar ainda combinação de outras substâncias, como por exemplo, hormônios vegetais, micronutrientes e macronutrientes.

A maioria dos trabalhos na literatura vem apontando, por sua vez, a sacarose como ingrediente estimulador necessário à germinação do pólen, além de ser considerada como fonte de energia para o crescimento do tubo polínico (BALLOCH et al., 2001; SALLES et al., 2006). Mesmo em meios com concentrações adequadas de açúcar, e/ou complementados com alguns elementos estimulantes, nem sempre é possível obter a maximização da germinação do pólen maduro. A adição de boro estimula o crescimento do tubo polínico e diminui a probabilidade destes se romperem (FRANZÓN e RASEIRA, 2006), pois seu mecanismo de ação consiste em interagir com o açúcar e formar um complexo ionizável açúcar-borato, que reage mais rapidamente com as membranas celulares (FRANZON et al. 2005).

A germinação *in vitro* do pólen foi amplamente estudada em diversas espécies (SHIVANNA e JOHRI, 1985; SHIVANNA e RANGASWAMY, 1992), destacando-se entre elas, além da mamona, as seguintes oleaginosas: algodão, soja, canola, dendê, girassol, babaçu, amendoim etc. Devido a não coincidência de floração, o que ocorre na mamona, é preciso, muitas vezes, armazenar o pólen colhido em um ano, para ser utilizado em outro. Neste caso, é recomendável testar a viabilidade do mesmo, antes de sua utilização (SOUSA et al., 2004).

A viabilidade refletindo germinabilidade é considerada uma medida de fertilidade masculina bastante empregada no monitoramento de pólen armazenado, de modo a garantir a fecundação, tornando possíveis cruzamentos entre genótipos superiores que apresentam floração em épocas distintas (DAFNI, 1992; KEARNS e INOUE, 1993).

### **Estresse salino em *Ricinus communis***

A salinidade é um dos principais fatores que reduzem a produtividade das culturas no mundo. No Brasil, além da região nordeste, há solos salinos no Rio Grande do Sul e no Pantanal Mato-grossense (RIBEIRO et al., 2009). Segundo os mesmos autores, os solos compreendidos por sais ocupam cerca de 160.000 km<sup>2</sup>. A maior parte dessa área situa-se no Estado da Bahia (44% do total), seguido pelo Ceará com 26% do total. O problema da salinidade ocorre com mais frequência nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, favorecido naturalmente pelas baixas precipitações, altas taxas de evaporação, e acelerado pela presença de sais na água de irrigação (DJILIANOV et al., 2003).

A disponibilidade mundial de água doce para irrigação está diminuindo em razão da crescente competição com o desenvolvimento urbano e industrial, de forma que o uso de água de qualidade inferior para irrigação se torna um desafio. Para a utilização dessas águas de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional, por meio de alternativas economicamente viáveis, de modo que a cultura desenvolva a produtividade esperada, boa qualidade dos produtos e com mínimos riscos pelo efeito de salinização dos solos (MEDEIROS et al., 2007).

A tolerância à salinidade é variável entre espécies e, mesmo em uma espécie, com diferentes estádios de desenvolvimento, em cada fase a tolerância é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (FLOWERS, 2004; FLOWERS e FLOWERS, 2005). Entretanto, os efeitos dependem, ainda, de outros fatores, como cultivar, estágio fenológico, tipo de saís, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER e DAVÉNPORT, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A mamoneira apresenta diferentes respostas à salinidade, diferindo-se inclusive, entre genótipos de uma mesma espécie (RAGHAVIAH et al., 2006). Essa variabilidade genética permite a seleção de cultivares mais tolerantes, capazes de atingir rendimentos economicamente viáveis, em condições de salinidade elevada (AYERS e WESTCOT, 1991). Ainda segundo os autores, na fase inicial de desenvolvimento as plantas são mais sensíveis à salinidade.

Em geral, a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas são os estádios críticos da produção das plantas sob condições salinas, sendo necessário um conhecimento e uma análise do comportamento, seja entre espécies, ou entre cultivares de uma mesma espécie, visando um stand satisfatório de plantas em áreas salinizadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M. Clima e solo. In: AZEVEDO, D. M. P. de; Lima, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 63-88.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 29 Revisado.
- AZEVEDO, D. M. P. de e LIMA, E. F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 350 p.
- AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D. J. Plantas daninhas e seu controle. In: Azevedo, D. M. P. de; Lima, E. F. (Ed.). **O**

**agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Algodão. p. 161-189, 2001.

BAHIA, H. F. **Avaliação e seleção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.).** 2007. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas. 2007.

BAHIA, H. F.; SILVA, S. A., FERNANDEZ, L. G., L. C. A. DA S.; M. R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.357-362, 2008.

BAJAY, M. M. **Desenvolvimento de marcadores microssatélite e caracterização do banco de germoplasma de mamona (*Ricinus communis* L.).** 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, São Paulo. 2009.

BAJAY, M. M.; PINHEIRO, J. B.; NOBREGA, M. B. M.; ZUCCHI, M. I. Development and characterization of microsatellite markers for castor (*Ricinus communis* L.), an important oleaginous species for biodiesel production. **Conservation Genetic Resource**, p. 237-239, 2009.

BAJAY, M. M.; ZUCCHI, M. I.; KIIHL, T. A . M.; BATISTA, C. E. A; MONTEIRO, M. PINHEIRO, J. B. Development of a novel set of microsatellite markers for castor bean, *Ricinus communis* (euphorbiaceae). **American Journal of Botany**: e1– e3. 2011.

BALLOCH, M. J.; A. R.; LAKHO, H.; BHUTTO; M. Y. SOLANGI. Impact of sucrose concentrations on *in vitro* pollen germination of Okra, *Hibiscus esculentus*. **Pakistan Journal Biologic Science**, v. 4, p. 402-403, 2001.

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVÊDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Algodão. 2001, p. 37- 61.

BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.).** Campina Grande: Embrapa – CNPA. 4 p., 2003 (Embrapa – CNPA. Comunicado Técnico, 146).

BELTRÃO, N. E. de M. **A cadeia da mamona no Brasil, com ênfase para o segmento ped: estado da arte, demandas de pesquisa e ações necessárias para o desenvolvimento.** Campina Grande: Embrapa – CNPA. 20 p., 2004 (Embrapa – CNPA. Documentos, 129).

BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na Região Nordeste, em especial o semiárido e outros aspectos ligados à sua cadeia.** Campina Grande: Embrapa-CNPA. 5 p., 2004 (Embrapa-CNPA. Comunicado Técnico, 213).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: Azevêdo, D. M. P. de; Beltrão, N. E. de M. (Ed). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Algodão. p. 45-72, 2007.

CARNEIRO, R. A F. **A Produção do Biodiesel na Bahia.** Conj. & Planej., Salvador: SEI, n.112, p.35-43, Setembro. 2003.

CARVALHO, B. C. L. **Manual de cultivo da mamona.** Salvador: EBDA. 65 p., 2005.

CARVALHO, J. M. F. C.; PIO, K. B.; SILVA, J. C. da; SANTOS, J. W. dos. **Metodologia de recuperação do germoplasma de mamona a partir de sementes sem capacidade de germinação.** Campina Grande: Embrapa-CNPA. 4 p., 2005 (Embrapa-CNPA. Circular Técnica, 81).

CERQUEIRA, L. S. **Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude.** 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. 2008.

CHAN, A. P.; CRABTREE, J.; ZHAO, Q. I.; LORENZI, H.; ORVIS, J.; PUIU, D.; MELAKE-BERHAN, A.; JONES, K. M.; REDMAN, J.; CHEN, G.; CAHOON, E. B.; GEDIL, M.; STANKE, M.; HAAS, B. J.; WORTMAN, J. R.; FRASER-LIGGETT, C. M.; RAVEL, J.; RABINOWICZ, P. D. Draft genome sequence of the oilseed species *Ricinus communis*. **Nature biotechnology**, v. 28 n. 9, p. 951-959, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica: Mamona – Brasil.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MamonaSeriehist.xls>. Acesso em: 24 de maio de 2011.

DAFNI, A. Pollination ecology: a practical approach (**the practical approach series**). New York: University Press, 1992. 250 p.

DANE, F.; EKICI, N. Pollen tube growth of *Paeonia tenuifolia* L. (Paeoniaceae) *in vitro* and *in vivo*. **Bangladesh Journal of Botany**, v. 40, p. 93-95, 2011.

DJILIANOV D, PRINSEN E, ODEN S, VAN ONCKELEN H AND MULLER J Nodulation under salt stress of alfalfa lines obtained after *in vitro* selection for osmotic tolerance. **Plant Science 4** : 887-894, 2003.

FAKHIM, R. S.; HAJILOU, J.; ZAARE, N. F. Pollen germination and pistil performance in several Iranian peach cultivars. **International Journal of AgriScience**, v 1, p. 71-77, 2011.

FALEIRO, F. G.; PIRES, J. L.; MONTEIRO, W. R.; LOPES, U. V.; YAMADA, M. M.; PIEDRA, A. G.; MOURA, A. D.; ARÉVALO-GARDINI, E.; MARQUES, J. R. B.; GRAMACHO, K. P.; FALEIRO, A. S. G.; SANTOS, M. C. M. Variability in cação accessions from the Brazilian, Ecuadorian, and Peruvian amazons based on molecular marker. **Crop Breeding and applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, p. 227-233, 2004.

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

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, p.15-24, 2005.



FRANZÓN, R. C.; RASEIRA, M. C. B. Germinação *in vitro* e armazenamento do pólen de *Eugenia involucrata* DC (MYRTACEAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.18-20, 2006.

FRANZÓN, R. C.; CORRÊA, E. R.; RASEIRA, M. C. B. *In vitro* pollen germination of feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). **Crop Breeding and Applied Biotechnology** v. 5, p. 229-233, 2005.

FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. **Ricinoquímica** e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRAO, N. E. M. **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2007 p. 449-473.

FREITAS, S. M. ; FREDO, C. E. **Biodiesel à base de óleo de mamona**: algumas considerações. *Informações econômicas*, São Paulo, v.35, n. 1, p. 37-42, 2005.

GALLETTA, G. J. Pollen and seed management. In: MOORE, J.N.; JANICK, J. (Ed.). **Methods in fruits breeding, Indiana**: Purdue University press., 1983. p.23-47.

GUERRA, M. dos S. **Introdução à Citogenética Geral**. Ed. Guanabara Koogan. Recife-PE. 1983. 142 p.

HAYDEN, M. J.; SHARP, P. J. Targeted development of informative microsatellite (SSR) markers. **Nucleic Acids Research**. London. v. 29, n.8, p. 1-6, 2001.

IMANI, A.; KAZEM, B.; SAEED, P.; SEIYED, H. M. Storage of apple pollen and *in vitro* germination. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 624-629, 2011.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. **Techniques for pollinations biologists**. Niwot. Colorado: University Press of Colorado, 1993. 579 p.

KOURI, J.; SANTOS, R. F. dos; SANTOS, J. W. dos. Evolução da cultura da mamona no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

KOZAI, N.; KATAOKA, I.; CHUSRI, O.; YONEMOTO, Y.; OGATA, T. Improvement of artificial medium for passion fruit pollen germination. **Acta Horticulturae**, v. 787, 2008.

KRISHNAKUMAR, M. P.; VALSALAKUMARI, P. K.; ARAVINDAKSHAN, M. Pollen production, fertility and viability in different nodes of the banana cultivars. **Agricultural Research**, v. 30, p. 53-57, 1992.

LAGO, A. A.; ZINKE, E.; RAZERA, L. F.; BANZATTO, N. V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia**. Campinas – SP. v. 38, p. 41-44, 1979.

MACHADO, E. L. **Genotipagem, teor de óleo, otimização do método gravimétrico e desenvolvimento de marcadores microssatélite em *Ricinus communis* L.** 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2011.

MARCELLÁN, O.N.; CAMADRO, E.L. The viability of asparagus pollen after storage at low temperatures. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.67, p.101-104, 1996.

MARTINS, K. C.; PEREIRA, T. N. S.; SOUZA, S. A. M.; COSTA, F. R. Meiose e viabilidade polínica em acessos de *Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum*. **Ciência Rural**, v.40, p.1746-1751, 2010.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas. Tártago. In: MAZZANI, B. Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas. Caracas-Venezuela: **Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias – FONIAP**, 1983. p. 277-360.

MEDEIROS, J. F. DE; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. de. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.248- 255, 2007.

MENDES, M. DA S. **Viabilidade do grão de pólen de *Solanum spp.*** Pelotas: UFPel, 1994. 75f. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 1994.

MORTAZAVI, S. M. H.; ARZANI, K.; MOIENI, A. Optimizing Storage and *In vitro* Germination of Date Palm (*Phoenix dactylifera*) Pollen. **Journal of Agriculture, Science and Technology**, v. 12, p. 181-189, 2010.

MUNHOZ, M.; LUZ, C. F. P.; MEISSNER FILHO, P. E.; BARTH, O. M. REINERT, F. Viabilidade polínica de *Carica papaya* L.: uma comparação metodológica. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 209-214, 2008.

OLIVEIRA, M. S. P.; MAUÉS, M. M.; KALUME, M. A. A. Viabilidade de pólen *in vivo* e *in vitro* em genótipos de açaizeiro. **Acta Botânica Brasilica**, São Carlos, v.15, n.1, p.63-67, 2001.

OLIVEIRA, R. S. de. **Avaliação de população segregante (F<sub>3</sub>) de mamoneira em condições do Recôncavo Baiano**. 2011. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. 2011.

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

POPOVA, G. M.; MOSHKIN, V. A. Botanical and biological properties of castor: botanical classification. In: MOSHKIN, V. A. **Castor. New Delhi: Amerind**, p. 11-27, 1986.

QIU, L.; YANG, C.; TIAN, B. YANG, J.; LIU, A. Exploiting EST databases for the development and characterization of EST-SSR markers in castor bean (*Ricinus communis* L.). **BMC Plant Biology**, 10:278, 2010. Disponível em:<<http://www.biomedcentral.com>>. Acesso em: 20 de nov. 2012.

QUELLER, D. C.; STRASSMANN, J. E.; HUGHES, C. R. Microsatellites and kinship. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 8, p. 285-2888, 1993.

RAGHAVIAH, C. V.; LAVANYA, C.; KUMARAN, S.; JEEVAN ROYAL, T. J. Screening castor (*Ricinus communis*) genotypes for salinity tolerance in terms of germination, growth and plant ion composition. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.76, n.3, p.196-199, 2006.

RAMOS, N. P.; AMORIM, E .P.; SAVY FILHO, A. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção e uso de biodiesel. In: CÂMARA, G.M. de S.; HEIFFIG, L.S. (Coord.). **Agronegócio de**

**plantas oleaginosas: matérias-primas para biodiesel.** Piracicaba: Esalq, 2006. p. 81-104.

RIBEIRO FILHO, J. **Cultura da mamoneira.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p 75. 1996.

RIBEIRO, M. S.; BARROS, M. F. de C.; SANTOS, M. B. G. dos. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONE, L. R. F. **Química e mineralogia do solo.** Parte II. Aplicações. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciências do solo. 2009. p. 449-484.

RODRIGUES, R. F. de O.; OLIVEIRA, F. de; FONSECA, A. M. As folhas de palma Christi-*Ricinus communis* L. *Euphorbiaceae* Jussie. **Revista Lecta**, Bragança Paulista, v. 20, n 2, p. 183-194, 2002.

SALLES, L. A.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; JUNQUEIRA, K. P.; SILVA, A. B. Sacarose e pH na germinação *in vitro* de grãos de pólen de citros. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 30, p. 170-174, 2006.

SAMPAIO FILHO, O. M. **Análise descritiva, agrupamento e análise de trilha de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo em Cruz das Almas – BA.** 2009. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA. 2009.

SAMPAIO FILHO, O. M.; SILVA, S. A.; BAHIA, H. F. SILVA, M. S. da; CARVALHO, D. dos S. Análise descritiva de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo no Recôncavo Baiano. **Revbea**, Rio Grande, 6: 28-34, 2011.

SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. de T.; REQUIÃO, L. E. G. Análise Econômica. In: Azevêdo, D. M. P. de; Lima, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil.** Brasília: Embrapa Algodão. 2001. p. 17-35.

SATISH, D.; RAVIKUMAR, R. L. Standardization of in vitro pollen germination media in selected varieties of cotton and tomato. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, p. 317-319, 2010.

SAVY FILHO, A. Melhoramento da Mamona. In BORÉM, A. (ed.): **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: UFV, 817p. 1999.

SAVY-FILHO, A. **Mamona**: Tecnologia agrícola. Campinas: EMOPI, 2005, 105 p.

SEO, K.- I.; LEE, G. A.; KYUNG-HO, M. A.; HYUN D. Y.; PARK, Y. J.; JUNG, J. W.; LEE, S. Y.; GWAG, J. G.; KIM, C.; LEE, M. C. Isolation and characterization of 28 polymorphic SSR loci from castor bean (*Ricinus communis* L.). **Journal of Crop Science e Biotecnologia**, 14, 2, 97-103, 2011.

SEVERINO, L. S.; GUIMARÃES, M. M. B.; COSTA, F. X.; MICHELINE, A.; LUCENA, A. de; BELTRÃO, N. E. de M.; CARDOSO, G. D. Emergência da plântula e germinação de semente de mamona plantada em diferentes posições. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande - PB, v. 5, n. 1, p. 1-4, 2004.

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.

SHARMA, A. K.; SHARMA, A. **Chromosome techniques**. Switzerland: Harwood Academic Publishers, 1994. 367 p.

SHIVANNA, K. R.; JOHRI, B. M. **The angiosperm pollen**: structure and function. New Dehli: Wiley Eastern, 1985. 374 p.

SHIVANNA, K. R.; RANGASWAMY, N. S. **Pollen biology**. A laboratory manual. Berlin/New York: Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1992, 119p.

SILVA, D. A. S.; GOMES, C.B.; UENO, B.; ANTHONISEN, D. G.; GALHARÇA, S. P, BAMMANN, I, ZANATTAZ, G. C. N. (2004). Avaliação de cultivares de mamona em Pelotas - RS, Safra 2003/04. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2004, Campina Grande, **Anais...** Campina Grande, 2004. 1 CDROM.

SILVA, V. **Características fisiológicas de cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Recôncavo Baiano**. Cruz das Almas, 2008. 73 f. Dissertação

(Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2008.

SINIMBU-NETO, F. A.; MARTINS A. B. G.; BARBOSA, J. C. Viabilidade *in vitro* de grãos de pólen de bacurizeiro - Clusiaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 593-600, 2011.

SOUSA, R. F.; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. N.; FERNANDES, M. F.; SANTOS, M. J. Aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura da mamona (*Ricinus communis*). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, 1º semestre, v. 4, n. 001, 2004.

STANLEY, R. G.; LINSKENS, H. F. **Pollen: biology, biochemistry, management**. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1974. 307p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.

TESTER, M., DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.

VARGAS, D. P. **Mamona (*Ricinus communis* L.): cultura de antera, viabilidade e conservação de pólen**. Pelotas, 2006. 78f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia vegetal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2006.

VARGAS, D. P.; SOUZA, S. A. M.; ANJOS e SILVA, S.D.; BOBROWSKI, V.L. Análise dos grãos de pólen de diferentes cultivares de manona *Ricinus communis* L., Euphorbiaceae: conservação e viabilidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.76, n.1, p.115-120, 2009.

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

# CAPÍTULO 1

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) EM DOIS ANOS DE CULTIVO NO RECÔNCAVO BAIANO<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup>Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico: Revista Ciência Agronômica.

# **VARIABILIDADE GENÉTICA EM GENÓTIPOS DE MAMONEIRA (*Ricinus communis* L.) EM DOIS ANOS DE CULTIVO NO RECÔNCAVO BAIANO.**

AUTOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estimar a variabilidade genética em genótipos de mamoneira, considerando a interação entre os genótipos em dois anos de cultivo nas condições edafoclimáticas de Cruz das Almas, BA. O experimento foi conduzido no campus do CCAAB/NBIO da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e quinze tratamentos a saber: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43. Foram analisados 23 caracteres morfoagronômicos. Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, e os valores médios foram ordenados segundo o teste de Scott e Knott, em nível de 5% de probabilidade. Seleções considerando os caracteres: teor de óleo na semente (TOS), número de racemos abortados por planta (NRAP), comprimento total do racemo (CR), comprimento efetivo do racemo (CER), comprimento sem enchimento do racemo (CRSE), peso de frutos por racemo (PFR) e peso de sementes por racemo (PSR), altura de caule (AC) e estatura de planta (EP) são promissores, por permitir maior ganho genético, devido aos seus elevados coeficientes de herdabilidade. Existe variabilidade genética entre os genótipos quanto aos dezesseis caracteres avaliados, destacando-se os genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 como promissores para o melhoramento da espécie no ambiente em estudo.

**Palavras-chave:** Herdabilidade, *Ricinus communis* L., dissimilaridade genética.



# **GENETIC VARIABILITY IN GENOTYPES CASTOR BEAN (*Ricinus Communis* L.) IN TWO YEARS OF CULTIVATION IN RECONCAVO BAIANO.**

AUTHOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO- ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**ABSTRACT:** The objective of this work was to estimate the genetic variability in castor bean genotypes, considering the interaction between genotypes in two cropping years in environmental conditions of Cruz das Almas - BA. The experiment was conducted on the campus of CCAAB / NBIO Federal University of Bahia in the Reconcavo. The experimental design was a randomized complete block design with four replications and fifteen treatments namely: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43. Were analyzed, 23 morphological characteristics. Data were subjected to analysis of variance and individual and mean values were ordered according to Scott and Knott test, at 5% probability ( $\alpha = 0.05$ ). Selections considering the characters: oil content in the seed (TOS), number of aborted racemes per plant (NRAP), total length (CR), effective (CER) and unfilled (it is believed) of cluster, fruit weight (PFR) and seed (PSR) per cluster, stem height (AC) and plant height (EP) are promising for allowing greater genetic gain, due to its high heritability coefficients. There is significant variability among genotypes for sixteen traits, highlighting the genotypes EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 and EBDA-MPA 43 environment under as promising for the improvement of the species in the study.

**Key-words:** Heritability, *Ricinus communis* L., genetic divergence

## INTRODUÇÃO

Dentre as oleaginosas que vêm sendo apresentadas como alternativa na diversificação e que podem ser cultivadas para aumentar a produção de biodiesel, destaca-se a mamona (*Ricinus communis* L.). Esta espécie, da família Euphorbiaceae, é uma oleaginosa de elevado valor socioeconômico e fonte de divisas para o país. Seus produtos e subprodutos são utilizados na indústria ou na agricultura, além de apresentar perspectivas de uso como fonte energética sob a forma de biodiesel (SILVA et al., 2004).

Conforme Myczkowski (2003), para as indústrias processadoras de mamona as características que definem a qualidade das sementes são o alto teor de óleo e a uniformidade das sementes. Meneses et al. (2004) afirmam que entre acessos são comuns diferenças relativas ao conteúdo do óleo e a outras características agronômicas.

Tendo em vista a importância econômica da mamona para o país, ainda existem muitas características agronômicas desfavoráveis para a cultura, como: baixa produtividade e suscetibilidade às principais pragas que ocorrem devido ao cultivo utilizando-se sementes dos próprios produtores, o que resulta em alto nível de heterogeneidade (AZEVEDO; BELTRÃO, 2007). Portanto, o fomento à ricinocultura deve ser acompanhado de investimentos em pesquisas agronômicas.

A Bahia lidera a produção, com 130,1 mil toneladas (equivalente a 71% da produção brasileira e 76,2% do Nordeste), com uma produtividade de 810 kg.ha<sup>-1</sup>. (CONAB, 2011), sendo que a maioria de seu cultivo é realizada por agricultores familiares, representando mais de 80% da área plantada (CARVALHO, 2005). Existe uma deficiência na assistência aos produtores, resultando em problemas, envolvendo a falta de sementes certificadas, carência de associações e cooperativas, comercializações com vários níveis de intermediários, e conseqüentemente, baixas produtividades e rendimentos financeiros ínfimos. Segundo Beltrão e Cardoso (2004), a mamoneira tem potencial para produzir mais de 5.000 kg.ha<sup>-1</sup> sob irrigação. Entretanto, dados da

CONAB (2011) revelam que a produtividade média nos últimos cinco anos no Brasil é de aproximadamente 745 kg.ha<sup>-1</sup>.

Segundo Beltrão e Silva (1999), pluviosidades em torno de 600 - 700 mm são suficientes para obter rendimentos de até 1.500 kg.ha<sup>-1</sup>, sendo que a mamona necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa. No estágio de maturação dos frutos, a falta de umidade no solo provoca decréscimo no peso e no teor de óleo das sementes.

A altitude tem sido um dos importantes critérios utilizados para a realização do zoneamento da mamoneira, o qual prevê que o ótimo ecológico em que a planta pode expressar seu potencial produtivo está na faixa de 300 a 1.500 m de altitude, haja vista que o cultivo dessa oleaginosa em grandes altitudes influencia negativamente o rendimento industrial das sementes (BELTRÃO, 2003). Entretanto, diversas pesquisas em mamoneira sob baixas altitudes, abaixo de 300 m, têm demonstrado produtividades acima da média obtida para o país. Bahia et.al. (2008) analisaram cinco cultivares de mamona e observaram produtividade média de 998,2 kg.ha<sup>-1</sup>; Sampaio Filho (2009), estudando quatro cultivares em dois anos de cultivo verificaram uma média de 797,59 kg.ha<sup>-1</sup> e Oliveira (2011) estudando população segregante F<sub>3</sub>, obteve uma produtividade média de 823,26 kg.ha<sup>-1</sup>.

Eicholz et al. (2012) avaliaram sete cultivares de mamoneira, em Pelotas – RS, por dois anos de cultivo e constataram uma produtividade variando de 1.895 kg.ha<sup>-1</sup> a 2.672 kg.ha<sup>-1</sup>, com média de 2.316 kg.ha<sup>-1</sup>.

A altitude pode influenciar a planta da mamoneira por diversos fatores, mas principalmente pela temperatura, a qual tende a decrescer à medida que a altitude aumenta. A temperatura exerce grande impacto sobre a fotossíntese e respiração da planta, pois influencia diversas reações bioquímicas ligadas a estes dois processos fisiológicos. A mamoneira requer temperaturas médias entre 20 e 30 °C, com baixa umidade relativa do ar, entre 40 a 65 %, sendo o ótimo em torno de 55 % durante a fase de crescimento e de produção, para obter máxima produtividade. Temperaturas elevadas, acima de 30°C, provocam problemas de reversão de sexo, havendo tendência à formação de mais flores masculinas (WEISS, 1983).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade genética em genótipos de mamoneira, em dois ciclos de cultivo, nas condições edafoclimáticas de Cruz das Almas – BA, com a finalidade de identificar genótipos promissores para cultivo em ambiente de baixa altitude e para atender a futuros trabalhos de melhoramento genético da espécie.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em área experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), em Cruz das Almas, Bahia. As coordenadas geográficas do local são as seguintes: 39° 6' 23" de longitude Oeste e 12° 40' 39" de latitude Sul, com altitude de 225 m. O clima da região, conforme classificação de Köppen, é do tipo Bwa, ou seja, com evapotranspiração potencial média anual maior que a precipitação média anual, não existindo excedente de água, com chuvas de verão. A temperatura média é superior a 22° C no mês mais quente do ano, 82% de umidade relativa do ar e 1.170mm, de precipitação pluvial anual, com variações entre 900 e 1.300mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro os mais secos (D'ANGIOLELLA et al., 1998). O solo é classificado como Latossolo Amarelo Álico Coeso, de textura argilosa e relevo plano.

O ensaio foi realizado em dois anos agrícolas consecutivos, sendo o primeiro ano entre os meses de abril de 2009 a fevereiro de 2010, e o segundo ano, com cultivo nos meses de abril de 2010 a fevereiro de 2011. Utilizou-se sementes dos genótipos de mamoneira obtidas do ano agrícola de 2008, pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S.A. (EBDA), da Estação Experimental de Iraquara – BA, que foram beneficiadas e armazenadas em sacos de linhagem na Estação Experimental de Itaberaba – BA, na EBDA, até o plantio no campo experimental da UFRB/CCAAB/NBIO.

Efetou-se a correção do solo seguindo recomendações da análise de fertilidade química realizada nos solos da área experimental em estudo, 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> no 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. O controle de plantas invasoras foi realizado com capinas manual bimestral.

O experimento foi conduzido em regime de sequeiro, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e quinze tratamentos, constituídos pelos genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43. Cada parcela teve as dimensões de 5,0 m X 10,0 m, com área útil abrangendo as dimensões de 5,0 m x 8,0 m. O espaçamento entre fileiras foi de 2,5 m e entre covas de 1,0 m, resultando em 32 fileiras com 10 covas e 240 covas na área útil do experimento. Foram semeadas quatro sementes por cova, e o desbaste foi realizado com auxílio de tesoura de poda aos 25 dias após o plantio, deixando uma planta por cova.

Para controle de mofo cinzento (*Anphobotrys ricini*) foram realizadas três aplicações de procimidone, 20 g.L<sup>-1</sup> de água, no ano agrícola 2009/2010. A primeira aplicação foi no dia 15 de julho, a segunda no dia 22 de agosto, e a terceira no dia 30 de setembro de 2009. No segundo ano de cultivo (2010/2011), a incidência de mofo cinzento foi maior, devido à alta precipitação pluviométrica, necessitando uma aplicação extra, no mês de outubro.

Nos dois anos agrícolas foram analisados 23 caracteres: florescimento do racemo primário (FLO), estande final (EF), número de racemos emitidos por planta (NREP), número de racemos colhidos por planta (NRC), número de racemos abortados por planta (NRAP), altura (cm) de caule (AC), estatura (cm) de planta (EP), diâmetro (mm) de caule (DC), comprimento (cm) médio de internódios do caule (CMIC), número de internódios do caule (NIC), comprimento (cm) efetivo (útil) de racemo (CER), comprimento (cm) de racemo (CR), comprimento (cm) de racemo sem enchimento (CRSE), peso (g) de racemo (PR), peso (g) de frutos por racemo (PFR), peso (g) de sementes por racemo (PSR), número de frutos por racemo (NFR), número de sementes por racemo (NSR), peso (g) de frutos por parcela (PFP), peso (g) de sementes por parcela (PSP), teor de óleo na semente (TOS), época de colheita do 1º racemo (ECR) e potencial

produtivo de sementes ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) (PP), com o intuito de obter o máximo de informações possíveis a respeito do desempenho das cultivares.

Os caracteres FLO, AC, CMIC, NIC, DC, EP, CER e PP foram avaliados de acordo com descritores utilizados pela Embrapa Algodão, descritos por Freire et al. (2001). Para avaliar NRC, NREP e o NRAP, foram realizadas contagens periódicas durante todo o ciclo da cultura. Para estas aferições, foi considerado racemo abortado aquele que não apresentou frutos, ou encontrava-se deformado ou mal-formado, com número de frutos inferior ou igual a três.

Os caracteres CR, CRSE, CER, PR, PFR, PSR e NFR, foram avaliados nos três primeiros racemos de cada planta, e em 10 plantas ao acaso, utilizando régua milimetrada e balança digital de precisão, quando o mesmo encontrava-se em maturação plena. O EF foi determinado contando-se o número de plantas vivas.

Para evitar perdas por deiscência de alguns genótipos, utilizaram-se sacos de TNT para cobrir os racemos, quando estes apresentavam 50% de maturação, até o ponto de colheita. A colheita final foi efetuada no mesmo período, para todos os genótipos. Os racemos colhidos tiveram os frutos retirados e pesados para determinação do PFP. Após secagem ao sol em terreiro, as sementes que não foram removidas dos frutos por deiscência, foram retiradas com alicate de poda manualmente. As sementes foram pesadas para determinação do PSP e a partir deste, o PP foi mensurado em função do número de covas da área útil e tamanho da área útil.

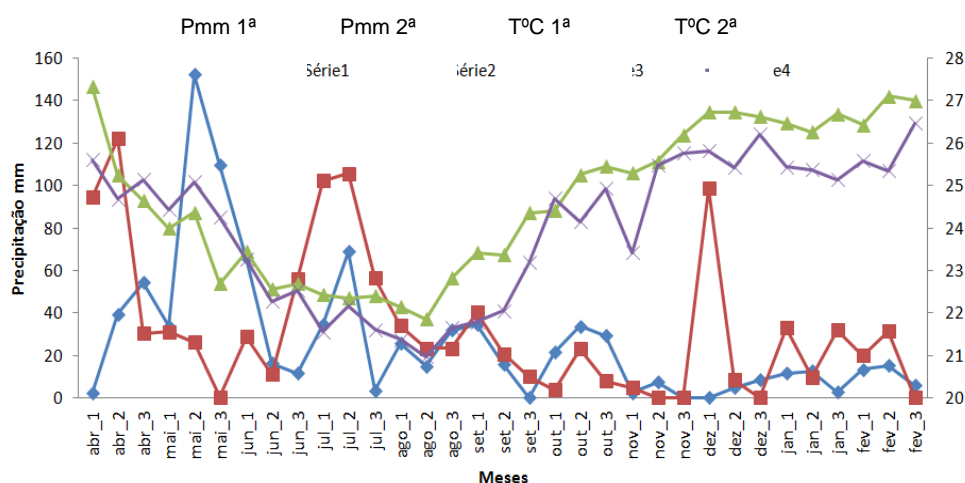
Para o caráter teor de óleo da semente (%) (TOS) utilizaram-se quatro amostras de 100 g de sementes autofecundadas de cada genótipo da população em estudo. O caráter TOS foi analisado no Laboratório Avançado de Tecnologia Química da Embrapa Algodão, em Campina Grande - PB. A técnica da estimativa de TOS foi feita por meio de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) que é um método não destrutivo em instrumento MQA Oxford 7005 com um eletroímã de 0,47 T. Inicialmente as amostras permaneceram por 24 horas em um ambiente controlado, com temperatura a 20° C e umidade de 60%, com a finalidade de otimizar o método da RMN. A aquisição dos espectros foi feita por meio de uma sonda com um tubo de acrílico em formato cilíndrico, onde as sementes eram

alocadas e ao mesmo tempo os resultados eram lidos no computador acoplado ao aparelho.

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta e os valores médios foram ordenados segundo o teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade ( $\alpha = 0,05$ ). As análises foram conduzidas com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode-se verificar que a temperatura média mensal nos dois anos agrícolas teve variação. No ano agrícola de 2009-2010, os meses mais frios foram de junho a agosto, apresentando uma média mensal de 22,4 °C, e os meses mais quentes de outubro a fevereiro atingindo uma média mensal de 26,4 °C. Já o ano agrícola 2010-2011 foi muito semelhante, verificando uma média mensal de 21,9 °C entre os meses de junho a agosto e de 25,5 °C para os meses de outubro a fevereiro. Conforme Weiss (1983) e Amorim Neto et al. (2001), a mamoneira requer temperaturas entre 20 e 30°C, com baixa umidade relativa do ar durante a fase de crescimento, para obter máxima produtividade; dias longos e ensolarados são os mais desejados; a interação entre temperatura e intensidade luminosa pode afetar o tamanho e o teor de óleo da semente.



Fonte: Embrapa Mandioca e Fruticultura

**Figura 1.** Valores médios mensais de precipitação pluviométrica total (mm) e temperatura do ar (°C) durante os meses de abril de 2009 a fevereiro de 2010 (1ª época) e abril de 2010 a fevereiro de 2011 (2ª época), nas condições climáticas de Cruz das Almas – BA.

A pluviosidade acumulada durante o período vegetativo e de maturação dos frutos no primeiro ano de cultivo foi de 823,6 mm. Já no segundo ano observou-se pluviosidade acumulada nos meses de abril a dezembro de 962,7 mm (Figura 1). Estes valores estão acima do recomendado por Amorim Neto et al. (2001) para a cultura da mamoneira, que é de 500 a 800 mm. Este fato foi observado constantemente nesta região, considerado ótimo para o desenvolvimento das espécies cultivadas.

A umidade relativa do ar durante a execução dos experimentos apresentou uma média anual de 82%, no primeiro ano de cultivo e de 83% no segundo ano. Umidade alta e temperaturas elevadas favorecem o desenvolvimento da doença denominada mofo-cinzento, causada pelo fungo *Amphobotrys ricini*, o que pode ser observado em alguns genótipos, principalmente, nos genótipos EBDA MPA 35 e EBDA MPA 41, causando perdas nas inflorescências e nos racemos.

Dos 23 caracteres estudados, a análise de variância conjunta permitiu identificar diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre genótipos para 16 caracteres (NREP, AC, EP, NIC, NRC, CER, CR, CRSE, TOS, PR, PFR, PSR, NFR, NSR, FLO e ECR), demonstrando variabilidade entre as constituições genéticas avaliadas. Apenas os caracteres CRSE, EF e FLO apresentaram efeitos significativos da fonte de variação anos. Entretanto, para a fonte de variação genótipos x anos o único caráter que apresentou efeito significativo foi o CRSE (Tabela 1).

A maioria dos caracteres agronômicos analisados apresentou coeficiente de variação adequado, variando entre 0,63% a 30,80%, indicando que a precisão do experimento foi boa. Esses resultados estão semelhantes aos obtidos por Sampaio Filho (2009), onde avaliando quatro cultivares de mamoneira: (Paraguaçu, BRS Nordestina, EBDA MPA 17 e Sipeal), observou coeficientes de variação entre 9,21% e 39,83% para os mesmos caracteres estudados. Entretanto, o CV foi elevado para os caracteres peso de sementes por parcela (81,31%), número de racemos abortado por planta (74,57%) e peso de frutos por parcela (50,95%), mostrando que estes caracteres foram bastante afetados por variações ambientais não controláveis, como por exemplo, alta umidade relativa



do ar, que favoreceu o aparecimento do mofo-cinzento, causando aborto nos racemos e um menor peso de sementes por parcela.

**Tabela 1.** Resultado da análise de variância conjunta dos caracteres: número de racemos emitidos por planta (NREP), número de racemos abortados por planta (NRAP), altura de caule (AC), estatura de planta (EP), diâmetro de caule (DC), comprimento médio de internódio (CMIC), número de internódios por caule (NIC) e número de racemos colhidos (NRC), comprimento efetivo do (CER), comprimento do racemo (CR), crescimento do racemo sem enchimento (CRSE), teor de óleo na semente (TOS), peso do racemo (PR), peso de frutos por racemo (PFR), peso de sementes por racemo (PSR), número de frutos por racemo (NFR), número de sementes por racemos (NSR), peso de fruto por parcela (PFP), peso de sementes por parcela (PSP), estande final (EF), potencial produtivo (PP), início de florescimento (FLO) e época de colheita do 1º racemo (ECR), em dois anos de cultivo. Cruz das Almas, Recôncavo Baiano, 2013.

F.V	G.L	QM					
		NREP (un)	NRAP un	AC cm	EP cm	DC cm	CMIC cm
Bl/ano	6	0,326	0,571	321,35	738,92	19,10	1,123
Gen	14	14,07**	1,49 <sup>ns</sup>	1537,93**	3268,26**	40,68 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>
Ano	1	126,91 <sup>ns</sup>	2,52 <sup>ns</sup>	2483,57 <sup>ns</sup>	108,83 <sup>ns</sup>	962,71 <sup>ns</sup>	0,321 <sup>ns</sup>
GxA	14	3,79 <sup>ns</sup>	0,261 <sup>ns</sup>	282,38 <sup>ns</sup>	400,92 <sup>ns</sup>	12,11 <sup>ns</sup>	0,439 <sup>ns</sup>
Resíduo	84	2,62	0,59	225,175	592,81	10,90	0,59
CV(%)		28,70	73,78	16,17	14,78	10,72	16,95
Média		5,64	1,041	92,75	164,69	30,78	4,54
ha <sup>2</sup>		81,37	60,39	85,35	81,86	73,20	67,79
FV	GL	QM					
		NIC cm	NRC cm	CER cm	CR cm	CRSE cm	TOS %
Bl/ano	6	2,27	1,08	16,61	31,85	4,93	1,02
Gen	14	19,17**	8,11**	56,81**	111,78**	148,43**	9,12**
Ano	1	191,72 <sup>ns</sup>	87,38 <sup>ns</sup>	37,77 <sup>ns</sup>	227,04 <sup>ns</sup>	9568,67*	23,78 <sup>ns</sup>
GxA	14	2,98 <sup>ns</sup>	3,00 <sup>ns</sup>	8,22 <sup>ns</sup>	15,56 <sup>ns</sup>	60,12*	4,57 <sup>ns</sup>
Resíduo	84	1,05	2,01	6,57	17,41	22,68	08953
CV(%)		5,01	30,70	20,64	21,15	30,80	0,63
Média		20,47	4,62	12,41	19,73	7,32	47,20
ha <sup>2</sup>		94,49	75,10	88,43	84,41	88,98	99,01
F.V	G.L	QM					
		PR g	PFR g	PSR g	NFR un	NSR un	PFP g
Bl/ano	6	436,88	576,33	150,91	41,13	380,12	2950302,41
Gen.	14	1864,50**	1936,12**	759,37**	187,62**	1770,83**	5215600,09 <sup>ns</sup>
Ano	1	1367,88 <sup>ns</sup>	1170,56 <sup>ns</sup>	1478,13 <sup>ns</sup>	645,84 <sup>ns</sup>	4812,82 <sup>ns</sup>	19003863,4 <sup>ns</sup>
GxA	14	624,23 <sup>ns</sup>	489,44 <sup>ns</sup>	249,42 <sup>ns</sup>	44,93 <sup>ns</sup>	508,33 <sup>ns</sup>	2833145,85
Resíduo	84	516,27	477,68	186,52	35,98	351,53	2823098,54
CV(%)		25,43	26,21	25,88	22,15	23,26	50,95
Média		89,33	83,35	52,77	27,07	80,58	3297,11
ha <sup>2</sup>		72,31	75,32	75,43	80,82	80,14	45,87

**Tabela 1.** Continuação.

F.V	G.L	QM				
		PSP g	EF un	PP Kg	FLO dfs	ECR dcs
Bl/ano	6	2990739,23	15,66	184210,64	42,90	79,49
Gen.	14	3361171,75 <sup>ns</sup>	6,46 <sup>ns</sup>	180080,09 <sup>ns</sup>	306,42**	469,98**
Ano	1	183738,82 <sup>ns</sup>	360,53*	87001,13 <sup>ns</sup>	9846,40*	619,61*
GxA	14	2692754,51 <sup>ns</sup>	5,24 <sup>ns</sup>	94094,50 <sup>ns</sup>	117,14 <sup>ns</sup>	63,54 <sup>ns</sup>
Resíduo	84	3141651,56	4,89	82078,93	67,05	75,08
CV(%)		81,31	12,78	34,00	9,844	5,35
Média		2179,7	17,31	842,57	83,17	161,67
ha <sup>2</sup>		6,53	24,18	54,42	78,11	84,02

\*\* , \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

dfs: dias de florescimento após semeadura; dcs: dias de colheita após semeadura; Cv: coeficiente de variação; ha<sup>2</sup>: herdabilidade no sentido amplo.

A variação observada nos diferentes anos se deve principalmente pela ocorrência de estresses abióticos, com predominância de irregularidade pluviométrica e presença de veranicos, comuns na Região Nordeste. Entretanto, a variação do ambiente não interferiu intensamente sobre o comportamento dos genótipos, visto que os quinze genótipos avaliados mantiveram comportamento proporcional nos dois anos para a maioria dos caracteres, com exceção do CRSE que foi afetado pela interação genótipo x ambiente.

Vale ressaltar que a ausência de diferença significativa para o caráter potencial produtivo (PP) permite inferir que os genótipos possuem comportamento similar entre eles para este caráter e dentro dos dois anos avaliados, nas condições climáticas avaliadas na região de Cruz das Almas. Bahia (2007) e Sampaio Filho (2009) avaliando caracteres agrônômicos verificaram similaridade para este caráter em cultivares de mamoneira ‘Sipeal 28’, ‘Nordestina’, ‘Paraguaçu’ e ‘EBDA MPA 17’, em ambiente de Cruz das Almas.

O coeficiente de herdabilidade expressa a quantidade de variação genética em relação à variação fenotípica total (FALCONER, 1987; VENCOVSKY, 1987). Com relação ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (ha<sup>2</sup>) (Tabela 1), constatou-se que a maioria dos caracteres foi superior a 70%, com destaque para os caracteres TOS (99,01%), CR (84,41%), CER (88,43%), CRSE (88,98%), PFR (83,12%), PSR (88,98%), AC (85,35%), EP (81,86%) e NREP, apresentando 81,37%, indicando serem promissores para seleção.

A herdabilidade no sentido amplo para o caráter NRAP foi 60,39%, este caráter apresenta o propósito de seleção para o menor valor, visto que o objetivo

do melhoramento é identificar genótipos de mamoneira com menor número de racemos abortados por planta.

O valor do coeficiente de herdabilidade obtido neste trabalho para o caráter FLO (78,11%), foi similar aos valores obtidos por Passos et al. (2010), que trabalhando com cruzamentos em cultivares de mamoneira para o caráter número de dias para a floração, verificaram que a variância de natureza genética representou a maior fração da natureza fenotípica, obtendo herdabilidade no sentido amplo de 63,64%, 86,04% e 65,24% para os cruzamentos 'BRS 149 Nordestina' x 'EBDA MPA 17', 'BRS 149 Nordestina' x 'Mirante 10' e 'BRS 188 Paraguaçu' x 'EBDA MPA 17'. Esse caráter apresenta um propósito de ser explorado, pois pode tornar-se um mecanismo favorável de fuga contra as doenças que atacam a cultura da mamoneira, com destaque para o mofo cinzento, o qual reduz drasticamente a produtividade, principalmente no período juvenil e de formação dos racemos no Recôncavo Baiano.

Os caracteres PRP, PSP e EF apresentaram estimativas de herdabilidade inferiores a 50%, tanto para os caracteres intrinsecamente relacionados ao rendimento, quanto para o adaptativo estande final. Para a produtividade, uma das variáveis mais importantes na cultura da mamoneira, o valor obtido da herdabilidade no sentido amplo, foi de 54,42% (Tabela 1).

Os coeficientes de herdabilidade no sentido amplo apresentados na Tabela 1 permitiram constatar que para a maioria dos caracteres foi superior a 50%, exceto para peso de frutos por parcela, peso de sementes por parcela e estande final, indicando menores efeitos de ambiente para os caracteres NREP, NRAP, AC, EP, DC, CMIC, NIC, NRC, CER, CR, CRSE, PR, PP, PFR, PSR, NFR, FLO, ECR e NSR nos genótipos avaliados. Os valores variaram de 6,53% para peso de sementes por parcela a 99,01% para o teor de óleo. Portanto, os valores obtidos podem servir como direcionamento para identificar caracteres com maior possibilidade de serem utilizados com o propósito de selecionar os genótipos que apresentaram melhor desempenho agrônômico para os caracteres que apresentem menor interferência do ambiente e maior expressão genética, refletindo em maior predição dos ganhos de seleção.

A comparação das médias pelo teste de Scott-Knott está apresentada na Tabela 2, considerando a análise conjunta entre os dois anos e os 15 genótipos

de mamoneira. Observa-se que as médias não diferem significativamente para os caracteres número de racemos abortados por planta, comprimento médio de internódio, peso de fruto por planta, peso de sementes por planta, estande final, potencial produtivo e diâmetro de caule, confirmando os resultados obtidos pelo teste F. Isso permite inferir que os quinze genótipos possuem comportamento similar entre eles e dentro dos anos avaliados para esses caracteres. Todavia para os demais caracteres houve diferença significativa entre as médias, com formação de grupos, sinalizando existência de variabilidade genética entre os genótipos.

Para os caracteres de componentes de rendimento (NREP, NRC, EP, CER, CR, CRSE, PR, PFR, PSR, NFR, NSR, FLO e ECR), constataram-se médias de tratamentos mais homogêneas, com formação de dois grupos. O caráter altura de caule foi representado por três grupos, enquanto que para o caráter número de internódio por caule foi identificado quatro grupos. No entanto, o teor de óleo formou seis grupos distintos, demonstrando elevada variabilidade entre os genótipos para este caráter. Costa (2006) estudando seis parentais de mamoneira e quinze híbridos  $F_1$  verificou que houve formação de quatro grupos para o caráter início de florescimento e formação de dois grupos para número de racemos por planta, comprimento de racemos, teor de óleo das sementes e produtividade.

Bahia et al. (2008), estudando cinco cultivares de mamoneira (BRS 149 Nordestina, BRS 188 Paraguaçu, EBDA MPA 17, Mirante 10 e Sipeal 28), observaram formação de três grupos para os caracteres número de racemos abortados, altura do caule, número de internódios do caule e peso de sementes por racemo. Em adição, verificaram ainda a formação de quatro grupos quanto aos caracteres número de frutos por racemo e número de sementes por racemo; além de cinco grupos para o caráter florescimento do racemo primário.

Segundo Lima e Santos (1998), em mamoneira, o número de racemos por planta é correlacionado geneticamente com o número de cápsulas por planta e este, correlacionado com o rendimento. Hooks et al. (1971) também detectaram correlação genética entre este caráter e rendimento da cultura de mamona. Portanto, genótipos de maior valor médio devem ser considerados como os mais promissores.

Os genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 42, apresentaram maiores médias para número de racemos emitidos por planta, formando um grupo de genótipos para este caráter. Já os genótipos EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, e EBDA-MPA 43, formaram o segundo grupo. Para o caráter número de racemos colhido por planta, os genótipos que se mostraram superiores e formaram o Grupo 1, foram EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 42, já o Grupo 2 foi formado pelos genótipos EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 43 (Tabela 2).

Os genótipos EBDA-MPA 43, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 34, e EBDA-MPA 11, foram superiores para o caráter comprimento efetivo do racemo (Tabela 2). Para o caráter comprimento de racemos é possível verificar a formação do Grupo 1, representado pelos genótipos EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 e do Grupo 2, representado pelos genótipos, EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 40 e EBDA-MPA 41.

Ainda na Tabela 2, observa-se que os genótipos EBDA-MPA18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 apresentaram as maiores médias de comprimento de racemos sem enchimento, diferindo dos genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 40 e EBDA-MPA 41.

Bahia et al. (2008), estudando quatro cultivares de mamoneira, por meio de descritores agrônômicos, observaram a formação de dois grupos para os caracteres comprimento efetivo de racemos, comprimento de racemos e comprimento de racemos sem enchimento.

**Tabela 2.** Comparação de médias em análise conjunta de caracteres agrônômicos de quinze genótipos de mamoneira avaliados em Cruz das Almas – BA, Recôncavo Baiano, 2013.

Genótipos	Caracteres							
	NREP (un)	AC (cm)	EP (cm)	NIC (un)	NRC (un)	CER (cm)	CR (cm)	CRSE (cm)
EBDA-MPA11	8,47a	80,17c	171,62a	18,73c	6,48a	13,39a	18,46b	5,06b
EBDA-MPA17	5,09b	75,65c	122,38b	17,61d	4,15b	10,96b	17,01b	6,04b
EBDA-MPA18	7,44a	93,91b	184,59a	20,35b	5,94a	11,61b	20,78a	9,17a
EBDA-MPA26	4,47b	94,78b	148,17b	21,01b	3,49b	10,15b	17,57b	7,42a
EBDA-MPA31	6,08a	89,57c	173,15a	20,94b	5,17a	10,04b	18,1b	8,11a
EBDA-MPA34	7,07a	71,97c	148,91b	18,04d	5,5a	15,47a	24,89a	9,42a
EBDA-MPA35	5,28b	82,18c	138,01b	22,02a	4,55b	9,08b	12,93b	3,84b
EBDA-MPA36	5,65b	97,72b	170,31a	19,05c	4,70b	15,10a	25,01a	9,90a
EBDA-MPA37	4,27b	128,02a	201,07a	23,07a	3,8b	17,74a	22,93a	5,18b
EBDA-MPA38	5,25b	101,82b	173,02a	21,12b	4,33b	12,67b	22,87a	10,20a
EBDA-MPA39	4,32b	103,62b	170,90a	21,03b	3,39b	12,36b	21,54a	9,17a
EBDA-MPA40	3,61b	95,98b	161,29a	22,22a	2,84b	11,74b	17,67b	5,92b
EBDA-MPA41	6,32a	82,06c	150,9b	20,96b	5,37a	8,18b	13,45b	5,2b
EBDA-MPA42	6,32a	102,06b	186,95a	21,07b	5,23a	12,03b	19,69b	7,65a
EBDA-MPA43	4,9b	91,70b	169,11a	19,91c	4,42b	15,63a	22,97a	7,33a

Genótipos	Caracteres							
	TOS (%)	PR (g)	PFR (g)	PSR (g)	NFR (g)	NSR (g)	FLO (dfs)	ECR (dcs)
EBDA-MPA11	47,6c	83,70b	79,63b	50,42b	24,99b	74,17b	71,13b	149,9b
EBDA-MPA17	46,15e	65,77b	59,41b	36,01b	24,76b	68,63b	76,60b	146,29b
EBDA-MPA18	46,88d	92,42b	84,71b	54,99b	26,16b	77,58b	84,21a	165,38a
EBDA-MPA26	47,55c	82,09b	76,81b	51,69b	22,33b	65,12b	84,53a	155,06b
EBDA-MPA31	47,24c	84,54b	79,33b	48,68b	21,87b	67,39b	85,82a	168,57a
EBDA-MPA34	46,89d	111,12a	109,72a	66,08a	29,97a	91,68a	74,20b	151,77b
EBDA-MPA35	45,66f	66,90b	61,07b	39,47b	20,30b	60,22b	85,23a	168,65a
EBDA-MPA36	46,95d	85,78b	77,91b	47,85b	35,46a	105,38a	80,72b	160,55a
EBDA-MPA37	47,8c	111,64a	103,98a	64,7a	37,82a	113,82a	92,43a	165,83a
EBDA-MPA38	47,71c	108,39a	100,86a	66,57a	30,63a	90,85a	85,01a	162,95a
EBDA-MPA39	47,81c	96,08a	89,58a	60,27a	25,89b	77,42b	84,12a	164,51a
EBDA-MPA40	45,60f	81,98b	75,00b	48,28b	26,76b	79,29b	94,58a	173,67a
EBDA-MPA41	49,58a	79,11b	72,84b	45,47b	26,32b	78,91b	81,80b	162,65a
EBDA-MPA42	48,44b	79,97b	74,11b	46,45	23,9b	71,69b	87,15a	166,13a
EBDA-MPA43	46,11e	110,50a	105,33a	64,57a	28,87a	86,62a	80,08b	163,2a

**Tabela 2.** (continuação)

Genótipos	NRAP un	CMIC un	PFP (g)	Caracteres			
				PSP (g)	EF (un)	PP (Kg)	DC (mm)
EBDA-MPA11	2,16 a	4,28 a	3743,5 a	2456,98 a	18,37 a	1093,65 a	31,28 a
EBDA-MPA17	1,07 a	4,22 a	2385,15 a	1401,37 a	17,5 a	560,22 a	25,81 a
EBDA-MPA18	1,49 a	4,61 a	3458,71 a	2290,8 a	17,37 a	986,46 a	31,73 a
EBDA-MPA26	1,03 a	4,48 a	2668,61 a	1732,27 a	17,37 a	726,65 a	28,90 a
EBDA-MPA31	0,99 a	4,29 a	3276,23 a	1945,35 a	16,87 a	817,20 a	30,34 a
EBDA-MPA34	1,57 a	4,20 a	3857,05 a	2394,5 a	16,37 a	940,82 a	30,10 a
EBDA-MPA35	0,73 a	3,74 a	2524,31 a	1533,91 a	17,62 a	715,05 a	31,91 a
EBDA-MPA36	0,95 a	5,15 a	3159,13 a	1804,63 a	15,00 a	744,46 a	28,93 a
EBDA-MPA37	0,47 a	5,56 a	3550,6 a	2297,26 a	17,62 a	909,72 a	31,82 a
EBDA-MPA38	0,91 a	4,84 a	3812,66 a	2557,31 a	18,5 a	1078,55 a	30,55 a
EBDA-MPA39	0,93 a	4,92 a	3185,77 a	1941,43 a	16,87 a	906,54 a	29,47 a
EBDA-MPA40	0,76 a	4,33 a	2597,97 a	1922,25 a	18,62 a	673,23 a	29,25 a
EBDA-MPA41	0,94 a	3,93 a	3252,34 a	1635,27 a	17,37 a	780,12 a	33,38 a
EBDA-MPA42	1,49 a	4,91 a	3263,97 a	1940,06 a	17,37 a	803,09 a	33,22 a
EBDA-MPA43	0,47 a	4,63 a	3814,8 a	2487,95 a	16,87 a	902,78 a	35,08 a

FLO: Florescimento do racemo primário; EF: estande final; NRE: número de racemos emitidos por planta; NRC: número de racemos colhidos por planta; NRA: número de racemos abortados por planta; AC: altura de caule; EP: estatura de planta; DC: diâmetro de caule; CMIC: comprimento médio de internódios do caule; NIC: número de internódios do caule; CER comprimento efetivo (útil) de racemo; CR: comprimento de racemo; CRSE comprimento de racemo sem enchimento; PR: peso de racemo; PFR: peso de frutos por racemo; PSR: peso de sementes por racemo; NFR; número de frutos por racemo; NSR: número de sementes por racemo; PFP: peso de frutos por parcela; PSP: peso de sementes por parcela; TOS: teor de óleo na semente; ECR: época de colheita do 1º racemo e (PP) potencial produtivo de sementes; dfs: dias de florescimento após semeadura; dcs: dias de colheita após semeadura. Para cada caráter, médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de agrupamento Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Conforme Savy Filho (1999), o comprimento da região do racemo em que se dispõem os frutos é estreitamente correlacionado com a produtividade. Como a densidade de frutos no racemo é controlada geneticamente, a seleção pode ser praticada para racemo mais compactado. Mehta & Vashi (1998) também verificaram correlação entre comprimento efetivo do racemo primário e produção de sementes em mamona. Desta forma, genótipos com maior comprimento médio para este caráter devem ser considerados os mais favoráveis.

Para o caráter altura de caule, observou-se a formação de três grupos G1: EBDA-MPA 37 (128,02 cm); G2: EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43; e G3: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35 e EBDA-MPA 41.

Verificou-se que a maioria dos genótipos foi considerado de porte baixo, sendo que a menor estatura foi verificada para o genótipo EBDA-MPA 17 (122,38

cm), juntamente com os genótipos EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 35 e EBDA-MPA 41, enquanto a maior estatura foi observada no genótipo EBDA-MPA 37 (201,07 cm), seguido pelos EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 42, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 43, EBDA-MPA 31 e EBDA-MPA 36 (Tabela 2). Bahia et al. (2008), avaliando cultivares de mamona, encontraram valores mais altos do que o encontrado neste estudo, para o genótipo EBDA MPA17 (2,08 m). Por outro lado, Sampaio Filho (2009), avaliando esses mesmos genótipos em dois anos de cultivo, observou que a menor estatura foi obtida no genótipo EBDA-MPA 17 (92,32 cm). O porte é um caráter morfológico importante para a mamoneira, pois influencia diretamente na tecnologia de produção da cultivar. Azevedo et al. (1997) descreveram que até 1,80 m, a planta é considerada de porte baixo. Em geral, planta de porte médio ou alto tem maior rusticidade, adequando-se ao baixo nível de tecnologia (FREIRE et al. 2001; SAVY FILHO, 1999).

Ferreira et al. (2006) observaram uma altura média de 1,55 m na cultivar Mirante 10, em Santa Cruz de La Sierra, Bolívia. Segundo Cartaxo et al. (2004) as cultivares BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina, após serem testadas em ensaios de competição durante três anos em vários municípios dos estados da Paraíba, Pernambuco e Bahia, apresentaram estatura média de 1,60m e 1,80m, respectivamente. Costa et al. (2006), no município de Areia – PB, observaram estatura média de 2,32m e 2,50m na ‘BRS 188 Paraguaçu’ e ‘BRS 149 Nordestina’, respectivamente.

Para o caráter NIC, os grupos de genótipos foram compostos por G1: EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 40, que apresentaram as maiores médias, da ordem de 23,07, 22,02 e 22,22, respectivamente; G2: EBDA-MPA31 (20,94), EBDA-MPA 42 (21,07), EBDA-MPA 26 (21,01), EBDA-MPA 41 (20,96), EBDA-MPA 38 (21,12), EBDA-MPA39 (21,03) e EBDA-MPA 18 (20,35); G3: EBDA-MPA 43 (19,91), EBDA-MPA 36 (19,05) e EBDA-MPA 11 (18,73); e G4: EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 17, com médias de 18,04 e 17,61, respectivamente.

Os genótipos que fizeram parte de um mesmo grupo para o caráter peso de frutos por racemo foram: G1: EBDA-MPA34, EBDA-MPA43, EBDA-MPA37, EBDA-MPA38, e EBDA-MPA39, apresentando as maiores médias respectivamente, enquanto que os menores valores de médias foram observadas



nos genótipos do G2: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 31 EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 42, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36 e EBDA-MPA 17.

Analisando o caráter PSR, verificou-se a formação de dois grupos de genótipos: G1: EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 37 e EBDA-MPA 43, apresentando as maiores médias, enquanto que os menores valores de médias foram observados nos genótipos G2: EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 42, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36 e EBDA-MPA 17.

Para o caráter teor de óleo na semente, verifica-se que foi possível a formação de seis grupos, demonstrando uma maior dissimilaridade entre os genótipos para este caráter, destacando-se os genótipos EBDA-MPA 41 e o EBDA-MPA 42, que apresentaram maiores porcentagens de teor de óleo na semente, diferindo entre si (49,58% e 48,44%, respectivamente). Melhores combinações podem ser alcançadas em cruzamentos realizados entre os grupos distintos (Grupo 1 e 6), principalmente quando estes forem oriundos de indivíduos já trabalhados em programas de melhoramento, isentos de caracteres deletérios. A divergência entre os genitores permitirá recombinações promissoras, com surgimento de indivíduos superiores para o caráter de interesse. Moreira et al. (2008) verificaram alta variabilidade, com variação entre 37,8 e 51,55% e uma média de 46,18%, ao analisarem 78 genótipos de mamona do banco ativo de germoplasma - BAG da Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS, para o caráter teor de óleo na semente. Hooks et al. (1971) obtiveram correlações genotípicas altas entre teor de óleo das sementes e número de racemos por planta e também com o teor de óleo das sementes e início do florescimento. Portanto, a seleção de genótipos para maior produção de sementes, número de racemos por planta e precocidade poderá resultar em variedades com maior percentual de óleo das sementes.

Verificou-se uma similaridade no agrupamento para os caracteres PR, NFR e NSR, com formação de dois grupos, constituídos por G1: EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38 e EBDA-MPA 43; e G02: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 42. Entretanto, o genótipo EBDA-MPA 36

para os caracteres NFR e NSR, participou do G1 e para PR do G2. Já o genótipo EBDA-MPA 39 para os caracteres PR (G1), NSF e NSR (G2).

Para o caráter FLO, observou-se a formação de dois grupos de genótipos, constituído por G1: EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40 e EBDA-MPA 42. As menores médias foram dos genótipos (G2): EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 43. De acordo com Savy Filho (1999), este caráter está correlacionado positivamente com a maturação dos frutos e com a precocidade. Mehta & Vashi (1998) obtiveram correlação genotípica alta e positiva entre início do florescimento e período de maturação dos frutos.

Estudos realizados com cultivares de mamona por Bahia et al. (2008), verificaram forte correlação positiva entre o florescimento e a maioria dos caracteres de produção, a exemplo do peso de racemo ( $r=0,84$ ), peso de frutos por racemo ( $r=0,86$ ) e peso de sementes por racemo ( $r=0,86$ ), evidenciando que as plantas que mais demoraram a florescer foram também as mais produtivas.

Para o caráter época de colheita do primeiro racemo, houve diferença significativa entre os genótipos, possibilitando a formação de dois grupos de genótipos. As maiores médias para o caráter época de colheita do primeiro racemo foram obtidas pelos genótipos do grupo (G1): EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43, enquanto as menores médias foram apresentadas pelos genótipos (G2): EBDA-MPA11 (149,9), EBDA-MPA 17 (146,29), EBDA-MPA 26 (155,05) e EBDA-MPA34 (151,77).

Considerando os doze caracteres distintos, é possível discriminar os genótipos que apresentaram comportamentos superiores em cada caráter. Assim sendo, para o caráter NREP (EBDA-MPA 11, 18, 31, 34 e 42); o caráter NRC (EBDA-MPA 11, 18, 31, 34, 36, 41 e 42); o caráter CER (EBDA-MPA 11, 34, 36, 37 e 42); o caráter CR (EBDA-MPA 18, 34, 36, 37, 38, 39, 42 e 43); o caráter CRSE (EBDA-MPA 18, 26, 31, 34, 36, 38, 39, 42 e 43); o caráter EP (EBDA-MPA 17, 26, 34, 35 e 41); o caráter FLO (EBDA-MPA 11, 17, 34, 36, e 41); o caráter TOS (EBDA-MPA 41e 42); o caráter PR (EBDA-MPA 34, 37, 38, 39 e 41); o

caráter PFR (EBDA-MPA 34, 37, 38, 39 e 41); o caráter PSR (EBDA-MPA 34, 37, 38, 39 e 43) e para o caráter NSR (EBDA-MPA 34, 36, 37, 38 e 43). Considerando os genótipos que se destacaram em pelo menos quatro destes caracteres, foi possível distinguir os genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43, estabelecendo-os como promissores para o melhoramento da espécie no ambiente em estudo.

O maior potencial produtivo nos dois anos agrícola de 2009/2010 – 2010/2011 foi alcançado pelo genótipo EBDA-MPA 11, com média de 1093,65 kg.ha<sup>-1</sup>, e o menor valor observado foi para EBDA-MPA 17, com produtividade média de 560,22 kg.ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram alcançados por Brito et al. (2004), que estudando genótipos de mamoneira em ambiente de baixa altitude obtiveram produtividades variando de 654 kg.ha<sup>-1</sup> a 1.210 kg.ha<sup>-1</sup>, com média de 896,3 kg.ha<sup>-1</sup>. Bahia et al. (2008), avaliando quatro cultivares de mamoneira na Região de Cruz das Almas obtiveram produtividade média de 998,62 kg.ha<sup>-1</sup>. Entretanto, Severino et al. (2006), analisando dez genótipos de mamoneira em três localidades sob altitudes de 60 m, 140 m e 280 m, observaram rendimentos variando de 499,7 kg.ha<sup>-1</sup> a 2.583,9 kg.ha<sup>-1</sup>, com média de 1.402,491 kg.ha<sup>-1</sup>.

A produtividade média de 838,27 kg.ha<sup>-1</sup> para os dois anos agrícolas 2009/2010 - 2010/2011, observadas entre os genótipos na região do Recôncavo Baiano, é considerada satisfatória, levando em consideração a média de produtividade obtida nos trabalhos realizados na região do Recôncavo da Bahia e o rendimento médio nos últimos cinco anos no Estado, 650,1 kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2011). Entretanto, novos avanços devem ser atingidos para o aumento no platô de rendimento de sementes em mamoneira.

## CONCLUSÕES

Seleções considerando os caracteres teor de óleo na semente (TOS), número de racemos abortado por planta (NRAP), comprimento do racemo (CR), comprimento efetivo do racemo (CER), peso de frutos por racemo (PFR), peso de sementes por racemo (PSR), altura de caule (AC), estatura de planta (EP) e

crescimento do racemo sem enchimento (CRSE) são promissoras por permitir maior ganho genético devido ao elevado coeficiente de herdabilidade.

O caráter que mais contribuiu para a dissimilaridade foi o teor de óleo (TOS), formando seis grupos de genótipos merecendo destaque os genótipos EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 42.

Existe variabilidade entre os genótipos, com destaque para os genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 como promissores para o melhoramento da espécie no ambiente em estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIORÁFICAS

AMORIM NETO, M. da S. et al. Clima e solo. In: AZEVÊDO, D. M. P. de; Lima, E. F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Algodão, 2001. p. 63-88.

AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N. E. de M.; LIMA, E.F.; BATISTA, F. A S. Efeito da população de plantas no rendimento da mamoneira. Campina Grande: Embrapa – CNPA, 39 p. (**Embrapa – CNPA**. Comunicado técnico, 54) 1997.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (2001) **Agronegócio da mamona no Brasil** Editora, Embrapa, Brasília, 2007. 501p.

BAHIA, H. F. **Avaliação e seleção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2007. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas. 2007.

BAHIA, H.F, SILVA S. A., FERNANDEZ L. G., LEDO C. A. DA S. E MOREIRA R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.357-362, 2008.

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

BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa – CNPA. 4 p., 2003 (Comunicado técnico, 146).

BELTRÃO, N. E. de M; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os Sistemas de Produção Utilizados na Ricinocultura na Região Nordeste, em Especial o semiárido e outros Aspectos Ligados a sua Cadeia**. Campina Grande: Embrapa-CNPA. 5 p., 2004 (Embrapa-CNPA. Comunicado Técnico, 213).

BRITO, F. B.; BELTRÃO, N. E. 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, 2004. 1 CD-ROM.

CARTAXO, W. V.; et. al. **O cultivo da mamona no semi-árido brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 20 p. (Circular técnica, 77).

CARVALHO, B.C.L. **Manual de cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica: Mamona – Brasil**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MamonaSerieHist.xls>. Acesso em: 24 de maio de 2011.

COSTA, M. N. da. **Análise dialéctica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e pi multivariadas e divergência genética em mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 155 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2006.

COSTA, M. N. da; PEREIRA, W. E.; BRUNO, R. de L. A.; ELEUSIO, C. F.; NÓBREGA, M. B. de M.; MILANI, M.; OLIVEIRA, A. P. de . Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1617-1622, 2006.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: Estatística experimental e matrizes. Editora UFV. Viçosa (MG). 2006. 285 p.

D'ANGIOLELLA, G.L.B.; CASTRO NETO, M.T.; COELHO, E.F. Tendências climáticas para os tabuleiros costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Lavras, MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998, v.1, p. 43-45.

EICHOLZ, E. D.; SILVA, S. D. dos A. e; EICHOLZ, M. D.; TATTO, F. R.; STÖHLIRCK, L.; HÄRTER, A. Comportamento agrônômico de variedades de mamona em pelotas/rs. In: Simpósio Estadual de Agroenergia, Reunião Técnica de Agroenergia, 3, 2012. **Anais...** Pelotas, RS. Embrapa Clima Temperado, 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/951382/1>> Acesso em: 06 /03 /2013.

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

FERREIRA, G. B.; MENDOZA, R. V.; SILVA, S. P. da; CRONEMBOLD, P.; MOURÃO Jr., M. Comportamento de Alguns Híbridos e Variedades de Mamona em Santa Cruz de La Sierra, Bolívia. In: II Congresso Brasileiro de Mamona, 1. 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju-SE. 1 CD ROM, 2006.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. de. Melhoramento genético. In: AZEVÊDO, D. M. P. de; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 229-256.

HOOKS, J. A.; WILLIAMS, J. H.; GARDNER, C. O. Estimates of heterosis from a diallel cross of inbred lines of Castor, *Ricinus communis* L. **Crop Science**, v. 11, p. 651-655, 1971.

LIMA, E. F.; SANTOS, J. W. dos. Correlações genóticas, fenotípicas e ambientais entre características agrônômicas da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 2, n. 2, p. 147-150, 1998.

MENESES, C. H. S. G.; BEZERRA, C. S.; TAVARES, A. C.; COUTINHO, T. C.; SILVA, S. C.; MILANI, M.; VIDAL, M. S. Seleção de marcadores do tipo RAPD para caracterização genética *Ricinus communis* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2004, Campina Grande. **Anais....** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

METHA, D. R.; VASHI, P. S. Correlation and path analysis of seed yield and its components in castor. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 32, n. 3, p. 160-164, 1998.

MOREIRA, L. L.; ÁVILA, T. T. de; LEMÕES, J. S. CASAGRANDE, J. G. SILVA, S. D. dos A. Variabilidade de acessos de mamona para peso e teor de óleo das sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008. Salvador. **Anais...** Salvador. 2008. Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.

MYCZKOWSKI, M. L. **Variabilidade genética para o teor de óleo entre progênes autofecundadas de mamona (*Ricinus communis* L.) da cultivar Guarani**. 2003. 33 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu. 2003.

OLIVEIRA, R. S. de. **Avaliação de população segregante (F<sub>3</sub>) de mamoneira em condições do Recôncavo Baiano**. 2011. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. 2011.

PASSOS, A. R.; SILVA, S. A.; SOUZA, C. S.; SOUZA, C. M. M.; FERNANDES, L. S. Parâmetros genéticos de caracteres agronômicos em genótipos de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 7, p. 709-714, 2010.

SAMPAIO FILHO, O. M. **Análise descritiva, agrupamento e análise de trilha de cultivares de mamoneira em dois anos de cultivo em Cruz das Almas – BA**. 2009. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA. 2009.

SAVY FILHO, A. Híbridação em mamona. In: BORÉM, A. (Ed.). **Híbridação artificial de plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 331-356.

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 demamoneira cultivados em altitude Inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agronomica**, v. 37, n.2, p.188-194, 2006.

SILVA, D. A. S.; GOMES, C.B.; UENO, B.; ANTHONISEN, D. G.; GALHARÇA, S. P, BAMMANN, I, ZANATTAZ, G. C. N. (2004). Avaliação de cultivares de mamona em Pelotas - RS, Safra 2003/04. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2, 2004, Campina Grande, **Anais...** Campina Grande, 2004. 1 CDROM.

VENCOVSKY, R. Herança Quantitativa. In:\_\_\_\_\_. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 2 ed., 1987. p.137-214.

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



## **CAPÍTULO 2**

### **SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PROMISSORES DE MAMONEIRA UTILIZANDO MARCADORES SSR E AGRONÔMICOS <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico: Plant Breeding

# SELEÇÃO DE GENÓTIPOS PROMISSORES DE MAMONEIRA UTILIZANDO MARCADORES SSR E AGRONÔMICOS

AUTOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a genotipagem de quinze acessos de *Ricinus communis* por meio de marcadores miscrossatélites - SSR e agronômicos, assim como estimar a diversidade genética usando dados quantitativos e qualitativos. A análise de agrupamento hierárquico foi realizada a partir do método UPGMA *Unweighted Pair-Group Method Averages*, com base na distância das matrizes de Manhattan, índice Nei e Li (1973) e da seleção combinada. Os genótipos mais divergentes foram selecionados considerando cada uma das metodologias, como forma de comparação. 50 iniciadores foram considerados polimórficos e encontrados 279 alelos com média de 5,58 alelos por loco. A heterozigosidade média esperada ( $H_e$  0,68) foi muito maior que a heterozigosidade observada ( $H_o$  0,10), indicando taxa relativamente alta de endogamia nos acessos avaliados, confirmado pelo alto valor médio de F (0,86). Os valores de PIC variaram entre 0,11 a 0,87, sendo o maior valor encontrado para o iniciador RCOM21. Foi detectada variabilidade genética entre os genótipos avaliados. A dissimilaridade genética por meio da seleção combinada (dados agronômicos e moleculares) permitiu a identificação de combinações promissoras esperadas entre os genótipos EBDA-MPA 35 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 11 x EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 17 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 26 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 37 x EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 31 x EBDA-MPA 37 e EBDA-MPA 34 x EBDA-MPA 40.

**Palavras-chave:** variabilidade genética, heterozigosidade, microsatélite.

# SELECTION OF PROMISING CASTOR-BEAN GENOTYPES USING SSR AND AGRONOMIC MARKERS

AUTHOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to evaluate and genotype 15 *Ricinus communis* accessions by microsatellite – SSR and agronomic markers as well as to assay the genetic diversity using quantitative and qualitative data. Cluster analysis was carried out by the UPGMA *Unweighted Pair-Group Method Averages* method by the Manhattan and Nei Li indices distance matrixes and by combined selection. The most diverse genotypes were selected considering each one of the methodologies as comparison. Fifty primers were considered polymorphic with 279 alleles with an average of 5.58 alleles per locus. Average expected heterozygosity ( $H_e$  0.68) was much higher than the observed heterozygosity ( $H_o$  0.10), indicating relative high rate of inbreeding for the accessions assayed confirmed by the high average value of F (0.86). PIC values varied between 0.11 and 0.87 with primer RCOM21 showing the highest value. Genetic variability was found for the genotypes evaluated. The genetic dissimilarity by the combined selection (agronomic and molecular data) showed promising crosses between the following genotypes: EBDA-MPA 35 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 11 x EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 17 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 26 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 37 x EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 31 x EBDA-MPA 37 and EBDA-MPA 34 x EBDA-MPA 40.

**Key-words:** genetic variability, heterozygosity, microsatellites.

## INTRODUÇÃO

A mamona (*Ricinus communis* L.) pertence à família Euphorbiaceae que inclui um grande número de espécies nativas de região tropical. A mamoneira é uma planta de hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e frutos, podendo apresentar cera no caule e pecíolo. A inflorescência é do tipo panícula racemosa e terminal, com as flores dispostas em racemos terminais, sendo que as femininas ocupam a parte superior, enquanto que as masculinas a parte inferior do eixo da inflorescência e as hermafroditas uma posição intermediária. Os frutos, geralmente, apresentam espinhos e as sementes, ricas em óleos graxos ricinoléicos, podem ter diferentes tamanhos, formatos e variabilidade de coloração (LORENZI; MATOS, 2002; SOUSA et al., 2004, SAVY FILHO, 2005, AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

O sistema de reprodução da mamoneira é caracterizado pela ocorrência simultânea da autofecundação e do cruzamento natural, ou seja, é considerado do tipo de reprodução mista (AZEVEDO e BELTRÃO, 2007).

O óleo da mamona é utilizado para vários processos industriais, como na fabricação de desinfetantes, óleos lubrificantes, tintas e corantes, servindo ainda de base para a composição de fungicidas, inseticidas, na fabricação do náilon e da matéria plástica, cujo emprego é importantíssimo na composição de velas e revestimento de embalagens (FIGUEIREDO NETO et al., 2004). É também uma alternativa promissora na produção de biodiesel (SOUSA et al., 2004).

O óleo de rícino é a melhor substância para produzir biodiesel porque é o único que é solúvel a álcool, e requer menos calor que os outros óleos vegetais para a produção de combustível. O aumento da demanda para o óleo de mamona proporcionará o aumento das áreas agrícolas exploradas pela cultura, em especial a região semiárida, pois tolera longos períodos de seca, gerando muitos empregos diretos e indiretos.

Contudo, os avanços da biotecnologia vinculados ao melhoramento clássico tornaram concreta a possibilidade de domesticação e manipulação de genes para produzir gerações com alto teor de óleo, resistentes a pragas e doenças e altamente produtivas (MURPHY, 1999; BAHIA, 2007).

Estas características podem ser identificadas e transferidas em programas de melhoramento via hibridação, ou heterose, decorrente do cruzamento entre genótipos com capacidade combinatória e acentuada divergência genética (COSTA, 2006). Segundo Moreira et al. (1994), a análise da variabilidade genética, que consiste na diferenciação do DNA dos componentes de uma população, pode ser obtida em estudos de germoplasma. Ferreira e Grattapaglia (1998) relatam que, até os anos 60 do século passado, estes estudos eram baseados em caracteres morfológicos. Entretanto, quando comparados às características fenotípicas, os marcadores genéticos ampliaram o número de caracteres e sua abrangência sobre as espécies vegetais.

Os principais objetivos do melhoramento genético da mamoneira consistem na obtenção de cultivares mais produtivas, com porte reduzido, precoces e com elevados teores de óleo. Contudo, para se alcançar estes objetivos torna-se imprescindível identificar genótipos promissores e transferir os caracteres desejados, por meio de técnicas de hibridações, para a obtenção de gerações segregantes que auxiliem os programas de melhoramento. Todavia, a aplicação de técnicas eficientes para o reconhecimento e avaliação de melhores genótipos faz-se necessária, uma vez que permite a obtenção de ganhos genéticos satisfatórios (FREIRE et al., 2001; BAHIA, et. al., 2008).

Conforme Oliveira et al. (1996), o emprego de marcadores moleculares possibilita a detecção da variabilidade genética com maior precisão, pois com o advento das técnicas modernas de biologia molecular, surgiram diversos métodos de detecção de polimorfismo genético diretamente em nível de DNA. O maior interesse na aplicação dos marcadores genéticos no melhoramento vegetal é a esperança de estabelecer ligações entre os marcadores e os genes que controlam determinada característica

Os marcadores genéticos moleculares possuem inúmeras vantagens, destacando-se o fato de não serem influenciados pelo ambiente e serem independentes do estágio da vida da planta, sendo uma poderosa ferramenta dos programas de melhoramento genético (ZIETKIEWICZ et al., 1994). A escolha de uma técnica de marcador molecular depende de sua reprodutibilidade e simplicidade e do objetivo que se deseja alcançar.

Os marcadores moleculares microssatélites ou SSR (*Single Simple Repeat*), que consistem de um a seis nucleotídeos repetidos em *tandem*, presentes nos genomas dos eucarióticos e procariotos, merecem destaque, por possuírem herança codominante, ou seja, ambos os alelos de um indivíduo heterozigoto são visualizados. Ademais, o que distingue este marcador dos demais marcadores é a sua natureza multi-alélica numa população, onde potencialmente todos os alelos de um determinado loco podem ser detectados e discriminados. Possuem alta reprodutibilidade, com grande abundância e ampla distribuição no genoma. O alto grau de polimorfismo se deve ao número de vezes que estas sequências se repetem, gerando polimorfismo pelo tamanho dos fragmentos amplificados por iniciadores específicos para as regiões que flanqueiam estas repetições (FALEIRO, 2007).

Estudos de diversidade genética com marcadores SSR genômico em mamoneira, foram realizados por Bajay et al. (2009), Bajay et al. (2011) e Seo et al., (2011). Já Qiu et al. (2010) realizaram estudos com mamona utilizando marcadores EST-SSR. Os marcadores EST-SSR são assim chamados por serem marcadores microssatélites (SSR) desenvolvidos a partir de sequências EST (*Expressed Sequence Tags*).

A caracterização agrônômica destes genótipos, assim como a estimativa da variabilidade genética por meio de marcadores moleculares são informações úteis na escolha de genitores para cruzamentos entre genótipos divergentes visando explorar a heterose e desenvolver novas variedades melhoradas. Portanto, é de fundamental importância a caracterização do germoplasma. Assim, objetivou-se a avaliar e genotipar quinze acessos de *Ricinus communis* por meio de marcadores microssatélites - SSR e agrônômicos, assim como estimar a diversidade genética usando dados quantitativos e qualitativos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material vegetal**

Foram utilizadas semente de 15 genótipos de mamoneira EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34,

EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43, instalados na área experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO-UFRB), desenvolvidos pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA).

### **Caracterização agronômica**

O trabalho foi desenvolvido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e no Laboratório do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), situados na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, município de Cruz das Almas, Recôncavo Baiano.

O experimento foi realizado em dois anos agrícolas consecutivos, sendo o primeiro ano entre os meses de abril de 2009 a fevereiro de 2010, e o segundo ano, com cultivo nos meses de abril de 2010 a fevereiro de 2011.

A condução do experimento foi realizada em regime de sequeiro e o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e quinze tratamentos, constituídos por 15 genótipos de mamoneira. Cada parcela teve as dimensões 5,0 m x 10,0 m, totalizando uma área de 10,0 m x 77,5 m, com as linhas laterais constituindo as bordaduras, e a área útil abrangendo as dimensões de 5,0 m x 8,0 m. O espaçamento entre fileiras foi de 2,5 m e entre covas de 1,0 m. Foram semeadas quatro sementes por cova e o desbaste foi realizado com auxílio de tesoura de poda aos 25 dias após o plantio, deixando-se uma planta por cova.

Avaliaram-se os caracteres agronômicos: número de racemos emitidos por planta (NREP); diâmetro do caule (DC); comprimento médio de internódio por caule (CMIC); número de racemos colhidos (NRC); comprimento (cm) efetivo de racemos (CER); comprimento (cm) de racemos (CR); peso (g) de racemos (PR); peso (g) de frutos por racemos (PFR); número de frutos por racemos (NFR); peso (g) de sementes por parcela (PSPA). Maior enfoque foi dado aos caracteres: estatura de planta (EP), número de sementes por racemo (NSR) e teor de óleo na semente (TOS).

Os dados referentes aos caracteres PFR, NFR e NSR foram obtidos a partir dos três primeiros racemos de cada planta e em 10 plantas ao acaso,

utilizando balança digital de precisão, quando o mesmo encontrava-se em maturação plena.

Para o caráter TOS (%) utilizou-se quatro amostras de 100 g de sementes autofecundadas de cada genótipo da população em estudo. Este caráter foi analisado no Laboratório Avançado de Tecnologia Química da Embrapa Algodão, em Campina Grande – PB, utilizando a técnica de Ressonância Magnética Nuclear – RMN que é um método não destrutivo em instrumento MQA Oxford 7005 com um eletroímã de 0,47 T. Inicialmente as amostras permaneceram por 24 horas em um ambiente controlado com temperatura a 20° C e umidade de 60%, com a finalidade de otimizar o método da RMN. A aquisição dos espectros foi feita através de uma sonda com um tubo de acrílico em formato cilíndrico, onde as sementes eram alocadas e ao mesmo tempo os resultados eram lidos no computador acoplado ao aparelho.

#### **Extração do DNA genômico**

O DNA genômico foi extraído de folhas jovens, utilizando-se o método CTAB (DOYLE e DOYLE, 1990), com modificações. Foram realizadas coletas de folhas jovens e saudáveis dos 15 genótipos de mamoneira. De cada genótipo, utilizou-se amostra foliar de cinco plantas totalizando 75 amostras. Esse material foi desinfestado em solução de hipoclorito de sódio a 20% e enxaguado com água destilada em abundância.

Na etapa posterior foi utilizado nitrogênio líquido -196°C, para macerar e pulverizar a amostra com aproximadamente 350 mg de tecido vegetal, com ajuda de um almofariz, provocando o rompimento da parede celular, em seguida transferiu-se o macerado para microtubos de 2 mL e adicionaram-se 700 µL do tampão de extração a 65°C (CTAB 2,0%, NaCl 1,4 M, Tris HCl 0,1 M pH8,0, EDTA 20 mM, 2-mercaptoetanol 0,4%, polivinilpirrolidona (PVP) 1,0% e água ultra-pura q.s.p.). As amostras foram homogeneizadas suavemente por inversão durante 5 minutos e incubadas em banho-maria a 65°C por 60 minutos, sendo homogeneizadas a cada 10 minutos. Em seguida, as amostras foram retiradas do banho-maria, adicionaram-se 700 µL da mistura de clorofórmio:álcool isoamílico (24:1). O material foi homogeneizado suavemente e, em seguida, centrifugado por 10 minutos a 10.000 rpm (em centrífuga *micro high speed refrigerated centrifuge*



VS-15000c. FNII). Posteriormente, coletou-se o sobrenadante. Para uma maior purificação do material, foram repetidas as etapas de extração com clorofórmio:álcool/isoamílico. Foram adicionados ao sobrenadante 600  $\mu\text{L}$  de álcool isopropílico gelado, ficando à proporção de 1:1 do volume coletado, com o objetivo de precipitar o DNA.

As amostras foram homogeneizadas suavemente e incubadas a  $-20^{\circ}\text{C}$  por 20 minutos. O precipitado foi centrifugado por 10 minutos a 12.000 rpm. Em seguida, ressuspendeu-se o DNA em 600  $\mu\text{L}$  de tampão TE (Tris-HCl 10 mM, pH 8,0, EDTA 1 mM), adicionando-lhe 200  $\mu\text{L}$  de acetato de amônio a 7,5 M. Para homogeneizar a solução, as amostras foram misturadas suavemente por inversão e incubadas no gelo por 15 minutos. O material foi centrifugado por 15 minutos a 12.000 rpm. O sobrenadante foi transferido para tubos novos de 2 mL, adicionando-lhe 800  $\mu\text{L}$  de etanol absoluto. Logo após, as amostras foram incubadas por uma hora a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, centrifugou-se o material por 10 minutos a 12.000 rpm. O precipitado foi lavado com 500  $\mu\text{L}$  de etanol 70% (v/v) e as amostras, centrifugadas. O precipitado foi seco, ressuspendido em 100  $\mu\text{L}$  de tampão TE contendo 1  $\mu\text{L}$  de RNase (10 mg/mL) e colocado em banho-maria a  $37^{\circ}\text{C}$  durante uma hora. Finalmente, as amostras foram armazenadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### **Quantificação do DNA genômico**

Para a avaliação da integridade e quantificação do DNA extraído, um total de 3  $\mu\text{L}$  do DNA foi adicionado a 5  $\mu\text{L}$  de solução corante (30% de glicerol e 0,25% de azul de bromofenol). Em seguida, as amostras foram aplicadas em gel de agarose a 0,8% corado com brometo de etídeo e submetido à eletroforese por aproximadamente uma hora e vinte minutos a 80 watts. A quantidade de DNA foi avaliada por análise comparativa, do DNA extraído, com um DNA de concentração conhecida (DNA lambda-Invitrogen). A fim de realizar as reações de amplificação, diluíram-se as amostras em tampão TBE 1 X (89 mM Tris-borato, 2 mM EDTA) para ajuste de sua concentração ( $5 \text{ ng}/\mu\text{L}^{-1}$ ) e foi feito um pool de DNA para cada genótipo. O gel foi fotodocumentado pelo sistema de fotodocumentação, modelo DT – CS – 011.C (VILBER LOURMART®).

### **Seleção dos pares de iniciadores**

Para a genotipagem, foram utilizados 53 pares de iniciadores SSR. Desses 53 pares de iniciadores, 11 foram desenvolvidos por Bajay et al. (2009), 12 por Bajay et al. (2010) e 30 desenvolvidos a partir de sequências depositadas em banco de dados de domínio público (GenBank/NCBI) por Machado (2011). As reações de amplificação foram realizadas conforme descrito por Machado (2011).

As reações de amplificação foram preparadas em volume final de 25  $\mu\text{L}$ , contendo: 5  $\mu\text{L}$  de DNA genômico (5 ng/ $\mu\text{L}$ ), 2  $\mu\text{L}$  de tampão da enzima 10 X (100 mM Tris-HCl, pH 8,4 e 500 mM KCl), 0,8  $\mu\text{L}$  de dNTP mix (2,5 mM de cada), 0,6  $\mu\text{L}$  de  $\text{MgCl}_2$  (50 mM), 0,5  $\mu\text{L}$  de cada iniciador (*forward e reverse*, 20 mM) e 0,2  $\mu\text{L}$  de Taq DNA polimerase (5 U/ $\mu\text{L}$  - Invitrogen) e água ultra-pura q.s.p.

As reações foram submetidas a uma desnaturação inicial de 1 minuto a 94 °C + 35 ciclos (1 min a 94 °C + 1 min com a temperatura de anelamento específica para cada par de iniciador + 1min a 72 °C) + uma extensão final de 72° por 10 min em termociclador *Biocycler MJ96+/MJ96G (Biosystems)*.

Os pares de iniciadores que amplificaram os locos SSRs foram identificados por meio da eletroforese em gel de agarose a 3%, corado com brometo de etídeo (0,5 mg.mL<sup>-1</sup>). Para a condução de corrente, usou-se o tampão TBE 1 X. Para cada reação, foram adicionados 5  $\mu\text{L}$  de tampão de amostra (0,25% de azul de bromofenol e 60% de glicerol). A corrida durou aproximadamente 3 horas a 80 watts O DNA foi visualizado por meio de luz UV. O gel foi fotodocumentado por meio do sistema de fotodocumentação, modelo DT – CS – 011.C (VILBER LOURMART®).

### **Identificação de locos polimórficos em gel de poliacrilamida**

Após a seleção dos melhores primers em gel de agarose, procedeu-se à identificação de locos polimórficos em géis de poliacrilamida. Trinta por cento do volume de formamida foram misturados aos produtos amplificados. A separação dos fragmentos foi através de eletroforese em gel desnaturante de poliacrilamida (7%), contendo 5,6 M de ureia em tampão TBE 1 X (Litt et al., 1993). A eletroforese foi conduzida em uma cuba vertical com capacidade para 80 amostras em gel de 0,4 mm de espessura. Antes da aplicação das amostras, submeteu-se o gel a uma pré-corrida a 60 watts de potência por 40 min. A

eletroforese das amostras foi realizada a 70 watts de potência por 2 horas. O gel foi corado com nitrato de prata, seguindo-se quatro passos: 1- fixação do gel com uma solução de etanol 10% e ácido acético glacial 1% com duração de 10 minutos; 2- fixação do gel com uma solução de ácido nítrico a 1% por 5 minutos; 3- coloração do gel por uma solução de nitrato de prata (0,2%) acrescido de formaldeído 37 % por 30 minutos; 4- revelação do gel com uma solução de carbonato de sódio 2% até a visualização das bandas, aproximadamente 5 minutos (CRESTE et al., 2001). Para confirmação do tamanho esperado dos fragmentos, utilizou-se o padrão de peso molecular de 100 pb (invtrogen). Para fins de genotipagem, os dados de SSR foram lidos medindo o tamanho dos fragmentos com base no peso molecular de 100 pb.

### **Análise dos dados**

Com os dados moleculares, foram obtidas as estimativas das frequências alélicas, número de alelos por loco, heterozigosidade esperada ( $H_e$ ), heterozigosidade observada ( $H_o$ ), conteúdo informativo de polimorfismo (PIC - *Polymorphic information content*) e coeficiente médio de endogamia ( $F$ ) com o auxílio do programa PowerMarker versão 3.25 (LIU; MUSE, 2005), bem como, a matriz de dissimilaridade genética usando o índice de Nei e Li (1973).

Para os caracteres agronômicos realizou-se a análise de variância utilizando o software Genes, aplicando o modelo  $Y_{ijk} = m + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$ , considerando o modelo fixo para ano e aleatório para tratamento (genótipos). Posteriormente, estes dados foram analisados com base na distância de Manhattan para verificar a variabilidade existente entre os genótipos, utilizando o software estatístico R (*R Development Core Team*, 2006).

A distância de Manhattan é dada pela equação

$$d_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k \left| \frac{X_{ik} - X_{jk}}{\max_k - \min_k} \right|$$

, onde  $X_{ik}$  e  $X_{jk}$  são valores na variável  $k$  nos genótipos  $i$  e  $j$ ;  $\max_k$  e  $\min_k$  referem-se à amplitude da variável  $k$ , e  $k$  é o número de variáveis.

A seleção combinada foi calculada a partir da soma das matrizes dos dados agronômicos (caracteres quantitativos) com os dados moleculares-SSR (tamanho dos fragmentos com base no peso molecular 100 pb).

A análise de agrupamento hierárquico foi realizada usando o método UPGMA *Unweighted Pair-Group Method Averages* (SNEATH e SOKAL, 1973), com base na distância das matrizes de Manhattan, índice Nei e Li (1973) e da seleção combinada. O dendrograma foi construído, por meio do software STATISTICA (STATISTICA, 2002). Os genótipos mais divergentes foram selecionados com base em cada uma das metodologias, como forma de comparação. A correlação cofenética entre a matriz de distância e a matriz de agrupamento, foi calculada utilizando o programa Genes (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível verificar que as temperaturas de anelamento oscilaram entre 60°C a 64°C, em função do par de iniciadores SSRs específicos utilizados.

Todos os 53 pares de iniciadores SSR testados geraram fragmentos com bom padrão de amplificação e tamanhos esperados. Destes, 50 foram polimórficos (94,33%) para os genótipos avaliados. O número de alelos obtidos foi 279, com média de 5,58 alelos por loco, dos quais vinte e sete alelos (8,27%) apresentaram frequência inferior a 4%, sendo considerados, alelos raros. A presença destes alelos pode ser importante na contribuição da variabilidade genética da espécie, porém, são sensíveis a perdas, em função da seleção de plantas para manutenção da coleção, sobretudo em função do sistema reprodutivo (autógama). Foram obtidos 168 alelos comuns (60,21%), com frequência (4% < alelo comum < 20%) e 84 alelos frequentes (30,10%), com frequência (>20%). O iniciador RCOM21 foi o que apresentou o maior número de alelos (16). Quatro locos tiveram apenas dois alelos (RCOM02, RCOM12, RCOM15 e RCOM30) e o loco que apresentou maior amplitude alélica foi o RCOM08 (237-365), contendo seis alelos (Tabela 1).

As oscilações nas frequências alélicas, perdas e fixação de alelos, podem surgir devido à ação da deriva genética ou da seleção. No caso de marcadores neutros como os SSRs, essas oscilações se desenvolvem por meio de processos aleatórios (BAJAY, 2009). Dessa maneira, a análise das frequências alélicas é de

**Tabela 1.** Composição alélica (motivo), número de alelos por loco (NA), variação tamanho de pb, heterozigosidade esperada ( $H_e$ ), heterozigosidade observada ( $H_o$ ), coeficiente de endogamia (F) e conteúdo informativo de polimorfismo (PIC) em 50 locos polimórficos selecionados para *Ricinus communis* L. avaliados em 15 indivíduos. Cruz das Almas - BA, 2013.

Locos	Sequência 5'-3'	Motivo	T <sup>o</sup>	Amplitude/ segmentos	NA	H <sub>e</sub>	H <sub>o</sub>	F	PIC
RCO 02	F: CTAGCTTTGGGGCACAGTC R:GGAAAATAGGTGCGTATGAAAC	(AC) <sub>12</sub>	60	100- 104	4	0,57	0,00	1	0,53
RCO 03	F: GAGTGAGCCCATTATGCTG R:TCAGAAATACCTCTAGGCGACA	(GA) <sub>22</sub>	60	202-214	4	0,73	0,00	1	0,68
RCO 05	F: AGCCCAGAAATTGGAAAAGA R: CAAACCCAAGCAAACCTCA	(TG) <sub>6</sub> (GA) <sub>22</sub> (GAA) <sub>4</sub>	60	198-210	5	0,70	1,00	-0,38	0,65
RCO 06	F: GGGTGAAAATGAAGAGATTGG R: ATAACCCGTGAAGCATGGAC	(TG) <sub>11</sub>	60	204-215	8	0,86	0,00	1	0,84
Rco 08	F: CGTGTGTCTGTGTGCATGTC R: CCTCAACCCTTTGCTGTTTC	(TG) <sub>10</sub>	60	206-225	8	0,86	0,00	1	0,84
Rco 09	F: CCAACTCCCTTGTCTGCAA R: GTGAATGGCAAGCAGCAAT	(AC) <sub>11</sub>	60	104-108	5	0,72	0,92	-0,23	0,67
Rco 11	F: GCGTGGACTAACTTCAAGCA R: CCCATTAGCATCGAGAAAG	(TC) <sub>10</sub> (GT) <sub>6</sub>	60	105-212	4	0,67	0,00	1	0,62
Rco 12	F: AAGACTGCACCTCCTCCTA R: TGCTGGAACAAACCCTGATA	(TG) <sub>8</sub> (GA) <sub>6</sub>	62	182-191	7	0,78	0,91	-0,12	0,75
Rco 13	F: GGTGCTTCCAGAAATTCAGTT R: GGAGGGGAAAGACAGGATTC	(GA) <sub>23</sub>	62	207-220	6	0,78	0,00	1	0,75
Rco 15	F: CACGCACGTAAAGCAAAC R: GCGAAGAAACCAAATGGAG	(AG) <sub>18</sub>	60	96-104	7	0,76	0,00	1	0,73
Rco 18	F: AGGGGGATAAGCGTGATATG R: CCGTTATGAAAAGGAAAGCA	(CA) <sub>17</sub>	60	96-102	7	0,80	0,00	1	0,78

**Tabela 1.** (Continuação)

Locos	Sequência 5'-3'	Motivo	T <sup>o</sup>	Amplitude/ segmentos	NA	H <sub>e</sub>	H <sub>o</sub>	F	PIC
Rco 20	F: CCAAAAGGAATGTGGGACTC R: TGTGGAGAGGATGAAGAGGAA	(TC) <sub>23</sub>	60	290-317	6	0,60	0,00	1	0,57
Rco 22	F: ATCCGCCGACAATAGCAG R: GCAACACTCTCTTCCCTGAA	(AAAC) <sub>3</sub> (AC) <sub>9</sub> (TC) <sub>5</sub>	62	96-103	7	0,8	0,00	1	0,77
Rco 23	F: CATGGATGTAGAGGGTCGAT R: CAGCCAAGCCAAAGATTTTC	(GA) <sub>15</sub> (AG) <sub>8</sub>	62	211-245	5	0,72	0,00	1	0,67
Rco 26	F: TTGCTTGTCAAAGGGGAGTT R: TCATTTTGAGGGAGAAACCA	(CT) <sub>19</sub>	60	222-230	4	0,61	0,00	1	0,56
Rco 29	F: GGAGAAAAGAAAGGGAGAAGG R: GCCAAAAGCACACTTAATTTGA	(GA) <sub>7</sub>	60	100-109	6	0,59	0,00	1	0,56
Rco 30	F: TGAAACTTTGGAGCTTGGAGA R: GGTCCACACATTCATACACA	(AG) <sub>19</sub>	60	200-225	4	0,72	0,00	1	0,67
Rco 31	F: ACAATGCGTGTGTCTGTGTG R: CCTCAACCCTTTGCTGTTTC	(TC) <sub>12</sub> (TCTA) <sub>4</sub> (AC) <sub>10</sub>	60	230-240	4	0,71	0,00	1	0,65
Rco 33	F: ACATACATGCAGGGAGACCA R: TCTGCTTTAATGGCTGATCG	(TCT) <sub>11</sub>	62	213-226	5	0,63	0,00	1	0,59
Rco 34	F: TCGGTTAAGGGTATGGGTTG R: CACTTCATTTTCGCAGACC	(GT) <sub>11</sub>	60	206-222	8	0,82	0,00	1	0,80
Rco 35	F: GGAAGAATTGGGTTGGAAGT R: AACAAACACAGGTGCATCAT	(AG) <sub>16</sub>	60	206-218	4	0,69	0,00	1	0,63
Rco 40	F: AACTGGATAAAGGGGTATTTGG R: GCTTTTTGGTAGCAGGTTTGA	(TC) <sub>5</sub> (CT) <sub>7</sub>	60	84-90	4	0,74	0,00	1	0,69
Rco 41	F: CATGTTGTTTTTGGCAGCTC R: CGTTCACACTCATCAATCCA	(CT) <sub>17</sub> (CA) <sub>11</sub>	60	88-96	6	0,76	0,07	0,91	0,73
RcoM01	F: GACGGGATGAAAGAGGATA R: TGGCTGCTGTTGTTACTCTA	(TA) <sub>18</sub>	63	236-245	5	0,72	0,00	1	0,67
RcoM02	F: ATGTCTGCTCTTGGTCTGTC R: ATGGTATGGTTTTGATGAGG	(CT) <sub>14</sub>	64	108-204	2	0,42	0,07	0,85	0,33
RcoM03	F: ATGACCCCTTTGATGTGCTC R: GGCAGGTTTTGGACTCGTTA	(TA) <sub>18</sub> e (AATAAA) <sub>2</sub>	62	201-208	4	0,53	0,00	1	0,48
RcoM06	F: GTTCCAACCTCCAAACAGAC R: GCTCTTACCTACTCCTCCCC	(AAAAGA) <sub>3</sub>	64	196-199	3	0,5	0,00	1	0,42

**Tabela 1.** (Continuação)

Locos	Sequência 5'-3'	Motivo	T <sup>o</sup>	Amplitude/ segmentos	NA	H <sub>e</sub>	H <sub>o</sub>	F	PIC
RcoM07	F: CGGGTGAGAAGCAAGAGAAG R: TACAAGCCAAATAGTGCCCC	(TTAATT) <sub>3</sub>	63	213-225	9	0,81	0,00	1	0,79
RcoM08	F: GCTATCCACATTGGTTCCCT R: AAGTTTTGGTGATGGCTGCT	(GAA) <sub>5</sub>	63	237-365	6	0,72	0,00	1	0,69
RcoM09	F: GGCATTTTGGGAACCTTGTGT R: AATGGTCTAATCCCCGCTCT	(AT) <sub>8</sub>	62	107-110	3	0,48	0,00	1	0,41
RcoM10	F: GGGCGGGCTCTGTAAAGTA R: TTACCCAAACACCCTCTCCA	(TA) <sub>15</sub>	62	259-324	6	0,58	0,07	0,87	0,55
RcoM11	F: AACATCCCCTCCACTCACAG R: CCTGACCCTCCTGATTGTTC	(CAA) <sub>6</sub>	63	252-270	5	0,74	0,00	1	0,69
RcoM12	F: GATTGGGGAGTGCGATAGA R: CCAGCAATATACACCATGACAA	(TAT) <sub>7</sub> (TTA) <sub>11</sub>	62	95-96	2	0,12	0,00	1	0,11
RcoM13	F: TCAGATGCGATTGAGAGTCCT R: CCTTTGATGGCTTATTGCGT	(TAT) <sub>8</sub>	62	80-82	3	0,60	0,00	1	0,52
RcoM14	F: GATGAAAAGGAAATGGAGTGG R: AGTGAGGGTTGTATGGGGAG	(TAT) <sub>16</sub>	62	85-87	4	0,68	0,00	1	0,62
RcoM15	F: ATGGAGGTCTTGTGAGGTGC R: AGCCCCTTCCTTGTAGTTTTG	(GAA) <sub>5</sub>	62	105-106	2	0,12	0,00	1	0,11
RcoM16	F:AGGGGTATCCTTATGCTCCAAC R: CCCAAACTCAAGACATTCATCA	(AAGA) <sub>7</sub>	62	213-224	7	0,81	0,00	1	0,79
RcoM17	F: GAAGATTCACAACACCCCATAA R: CAGCAGAAGAAAGAAAAGGCA	(GAA) <sub>8</sub> (GA) <sub>13</sub>	63	197-213	8	0,64	0,33	0,50	0,61
RcoM19	F: TCATTCACTTCACTTCTTGTCC R:TCAAAGATTGGTTAGAGGTCAG	(CT) <sub>18</sub>	60	234-241	6	0,78	0,00	1	0,75
RcoM20	F:GCCGACGCATAAGGTAAGAG R: TCTCAACAAACACACCCACG	(GAA) <sub>13</sub>	64	91-97	7	0,83	0,12	0,86	0,81
RcoM21	F: CGGAACGACGACAAGAAAG R:CGTTATGGAAGGGAAAAGAAAG	(AAG) <sub>12</sub>	63	201-252	16	0,88	1,00	-0,10	0,87
RcoM22	F: TTCACCCGCTATTCTCAACC R: CTCAACGACTTCCCTCCAAA	(ACT) <sub>5</sub>	62	113-118	7	0,79	0,00	1	0,76
RcoM23	F: CCTTTTGGAGGGTCCTTAGC R: CGCATCCTTTCATTCTTCTT	(AG) <sub>18</sub>	63	214-221	6	0,73	0,28	0,65	0,70

**Tabela 1.** Continuação

Locos	Sequência 5'-3'	Motivo	T <sup>o</sup>	Amplitude/ segmentos	NA	H <sub>e</sub>	H <sub>o</sub>	F	PIC
RcoM24	F: ACTTCATTGCCCTTGGACAC R: TTAGGGAGATTGAGGACTGATG	(AT) <sub>10</sub> (TG) <sub>7</sub>	62	111-125	9	0,84	0,06	0,92	0,82
RcoM25	F: TCACTAACACAACAAGACGGA R: GAACGCAAAAGATTGGTCA	(TAT) <sub>12</sub>	62	165-210	7	0,64	0,06	0,90	0,61
RcoM26	F: TGTAAGAGTTGAGGGGTGGAA R: GGAAGAAGTGACAGATGGTGC	(AT) <sub>7</sub>	63	201-214	7	0,74	0,11	0,8	0,72
RcoM27	F: TCAAGTGACAAAGGACACATCT R: GTGACAGAATCAGCCTAAACC	(AG) <sub>20</sub>	63	251-330	8	0,82	0,07	0,91	0,80
RcoM28	F: TTGGGTGTTATCCTCATTCC R: GGAGAAGAAGAAAGAAAAGGTG	(GAA) <sub>6</sub> (AGA) <sub>5</sub> (AAG) <sub>6</sub>	63	201-208	3	0,65	0,00	1	0,57
RcoM29	F: AACAAAACCTCGCTCACCCAT R: AAGCGTCCAAAAGCAAAGAA	(AG) <sub>19</sub>	63	226-239	4	0,69	0,00	1	0,63
RcoM30	F: TCCAAAATATAAGCCCTGCC R: TGGTCTGTTCTAAGCAATCCC	(CT) <sub>17</sub> (TA) <sub>25</sub>	63	436-439	2	0,44	0,00	1	0,34
Média					5,58	0,68	0,10	0,86	0,64



grande importância, pois pode refletir melhor os efeitos aleatórios do que a maioria dos parâmetros utilizados no estudo de genética de populações, uma vez que tais parâmetros não refletem diretamente frequências alélicas eventualmente muito baixas (OLIVEIRA et al., 2002 apud BAJAY, 2009).

Segundo BAJAY (2009) de 41 locos de SSR analisados em 76 acessos de mamona pertencentes ao Banco de Germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (BAG-EMBRAPA) e 35 acessos da UNESP de Botucatu, 26 foram polimórficos (63,4%) e a partir destes, foi observado um total de 111 alelos (4,27 alelos/loco).

Machado (2011), ao genotipar os parentais (BRS Nordestina e EBDA MPA-17) e 72 indivíduos da população  $F_{2:3}$  de mamona, utilizando 27 marcadores SSR, verificou que apenas 11 foram polimórficos (49,7%).

Qui et al. (2010) analisaram 379 locos EST-SSRs, em 24 genótipos de mamona coletados em diferentes países e identificaram 118 locos polimórficos (31,13%), e um total de 350 alelos foram identificados a partir desses locos, variando de 2 a 6 alelos por locos, com média de 2,97.

Na Tabela 1 verifica-se que o conteúdo de informação de polimorfismo (PIC) variou de 0,11 para os iniciadores RCOM12 e RCOM15, sendo considerados pouco informativos, a 0,87 para o iniciador RCOM21, o qual foi o mais polimórfico e considerado altamente informativo. Enquanto que os locos RCOM2 RCOM3, RCOM6, RCOM9, e RCOM30 apresentaram o valor de PIC no intervalo de 0,25 a 0,50, portanto, foram considerados moderadamente informativos, pois de acordo a classificação de Botstein et al. (1980), os valores de PIC são agrupados em três níveis: altamente informativo ( $PIC > 0,5$ ); moderadamente informativo ( $0,25 < PIC < 0,5$ ) e pouco informativo ( $PIC < 0,25$ ). Além disso, o PIC fornece uma estimativa do poder discriminatório do loco, levando-se em conta não apenas o número de alelos que são expressos, mas também as frequências relativas destes alelos. Portanto, verifica-se que a maioria dos locos foi altamente informativa, uma vez que, no presente estudo, verificou-se uma média de 0,64 para o valor de PIC. Bajay (2009), ao utilizar 26 marcadores SSR polimórficos em três populações de *Ricinus communis* L., encontrou valores médios de PIC de ordem de 0,4348, inferiores ao observado neste estudo, considerando-se os locos moderadamente informativos.

Verificou-se que para a maioria dos locos de microssatélites selecionados, a heterozigosidade observada ( $H_o$ ) foi menor que a esperada ( $H_e$ ), excetuando os locos RCO05, RCO09, RCO12 e RCOM21 (1, 0,92, 0,91 e 1,0) respectivamente, o que levou aos índices de coeficiente de endogamia ( $F$ ) negativos, sugerindo alta heterozigosidade (Tabela 1). A heterozigosidade média esperada  $H_e$  (0,68) foi muito maior que a heterozigosidade observada  $H_o$  (0,10), indicando taxa relativamente alta de endogamia nos acessos avaliados, confirmado por meio do alto valor médio de  $F$  (0,86). Isso pode ser explicado devido à mamona ser uma espécie com sistema reprodutivo misto, com predominância de autogamia, conseqüentemente levando às sucessivas autofecundações. A média para  $H_o$  foi similar (0,092) à encontrada por Bajay et al. (2011) ao analisar 11 locos polimórficos de microssatélites em 76 acessos de mamona do banco de germoplasma do Instituto Agronômico de Campinas.

Seo et al. (2011) analisaram 72 acessos de mamoneira de diferentes localidades, sendo 68 acessos coreanos, 2 de Taiwan, 1 de Israel e 1 da Rússia, por meio de 28 locos de SSRs e detectaram valor médio de PIC de 0,26 e valores médios de  $H_o$  e  $H_e$  de 0,11 e 0,31 respectivamente, verificaram também, baixa divergência entre os acessos analisados.

Valores altos de  $F$  observados em todos os locos favorecem a interpretação de que os genótipos analisados estão submetidos a forte endogamia, provavelmente devido ao próprio processo de replicação dos acessos ao longo das gerações.

Foster et al. (2010) avaliaram a genética de populações de *R. communis* em uma coleção mundial de germoplasma utilizando 48 locos SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism*) e constataram baixos níveis de diversidade genética para esta espécie.

A análise utilizando o critério de Singh (1981) para estimar a contribuição relativa de cada caráter na expressão da diversidade genética, indicou que esses caracteres foram os que mais contribuíram para a diversidade genética entre os genótipos de mamoneira. Merece destaque para o caráter teor de óleo (47,80%), comprimento efetivo de racemos (12,82%), número de sementes por racemos (12,13%) e peso de racemos (6,05%). Os demais caracteres apresentaram valores irrelevantes para expressar a variação genética nestes 15 genótipos (Tabela 2). Costa et al. (2006), estudando divergência genética de nove

cultivares, por meio de estatística multivariada para seis caracteres agrônômicos, concluíram que as características de maior importância para a divergência genética foram, início do florescimento, altura da planta, teor de óleo das sementes e comprimento efetivo do racemo primário.

**Tabela 2.** Importância relativa de 13 caracteres agrônômicos para estudo da diversidade genética entre 15 genótipos de mamoneira, baseado na distância de Mahalanobis - Critério de Singh (1981). Cruz das Almas-BA, 2013.

Variáveis	S.j	S.j (%)
NREP	641,68	2,52
EP	312,44	1,23
DC	762,68	2,99
CMIC	292,78	1,15
NRC	461,14	1,81
CER	3270,11	12,82
CR	1101,43	4,32
PR	1541,78	6,05
PFR	953,94	3,74
NFR	255,68	1,00
NSR	3094,26	12,13
PSPA	623,90	2,45
TOS	12187,32	47,80

$S_j$  contribuição da variável  $x$  para o valor da distância de Mahalanobis entre os genótipos  $i$  e  $i'$ ; NREP: número de racemos emitidos por planta; EP: estatura de plantas; DC: diâmetro do caule; CMIC: comprimento médio de internódio por caule; NRC: número de racemos colhidos; CER: comprimento efetivo de racemos; CR: comprimento de racemos; PR: peso de racemos; PFR: peso de frutos por racemos; NFR: número de frutos por racemos; NSR: número de sementes por racemo; PSPA: peso de sementes por parcela; TOS: teor de óleo na semente.

A estimativa da variabilidade genética entre indivíduos é um ponto decisivo para o agrupamento de genótipos e análise da diversidade genética entre e dentro de populações (KOSMAN e LEONARD, 2005). Nesse contexto, a caracterização e avaliação das diferentes variedades disponíveis comercialmente e de populações naturais, quanto ao seu potencial de uso, são consideradas essenciais no estabelecimento de diferenças ou semelhanças, imprescindíveis para os programas de melhoramento da espécie (FIGUEIREDO NETO et al., 2004).

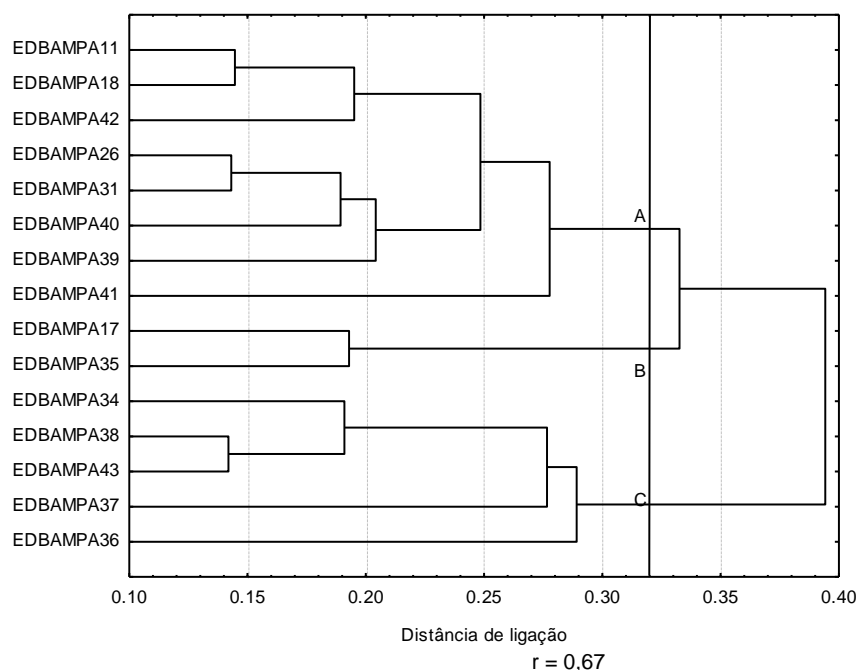
Inicialmente, a análise foi obtida baseada na matriz de distância, ou seja, das matrizes resultantes dos dados agrônômicos e moleculares, e da seleção combinada, com o fim de verificar se as estimativas apresentam as mesmas

tendências. Três dendrogramas foram construídos, a partir do método de agrupamento hierárquico UPGMA, para visualizar a distância genética entre os genótipos (Figuras 1, 1 e 1). O ponto de fusão foi definido de acordo com os critérios propostos por Mingoti (2005). O coeficiente de correlação cofenética (CCC) obtido para dados moleculares foi o máximo (0,84  $p < 0,0001$ , 10.000 permutações) em relação aos dados quantitativos (0,67  $p < 0,0001$ , 10.000 permutações) e a análise conjunta (0,76  $p < 0,0001$ , 10.000 permutações), entretanto, foram considerados altos e adequados, já que valores de  $r \geq 0,56$  são considerados ideais, o que reflete boa concordância com os valores de similaridade genética (VAZ PATTO et al., 2004).

A dissimilaridade genética média entre todos os genótipos para dados quantitativos foi de 0,33, variando de 0,14 entre os genótipos EBDA-MPA 11 e EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 26 e EBDA-MPA 31 e EBDA-MPA 38 e EBDA-MPA 43 a 0,69 entre os genótipos EBDA-MPA 35 e EBDA-MPA-37. Já para os dados moleculares, a média encontrada foi 0,63, com variação de 0,29 entre os genótipos EBDA-MPA 37 e EBDA-MPA 38 a 0,93 entre os genótipos EBDA-MPA 11 e EBDA-MPA 35. No entanto, baseado na seleção conjunta, a média obtida foi de 0,48, com o mínimo de 0,24 para os genótipos EBDA-MPA 26 e EBDA-MPA 31 e o máximo de 0,74 para os genótipos EBDA-MPA 35 e EBDA-MPA 37, demonstrando variabilidade entre estes genótipos, possíveis de obter cruzamentos entre eles, pois quanto maior a distância genética entre os acessos, maior a probabilidade de que em cruzamentos seja obtida alta variabilidade.

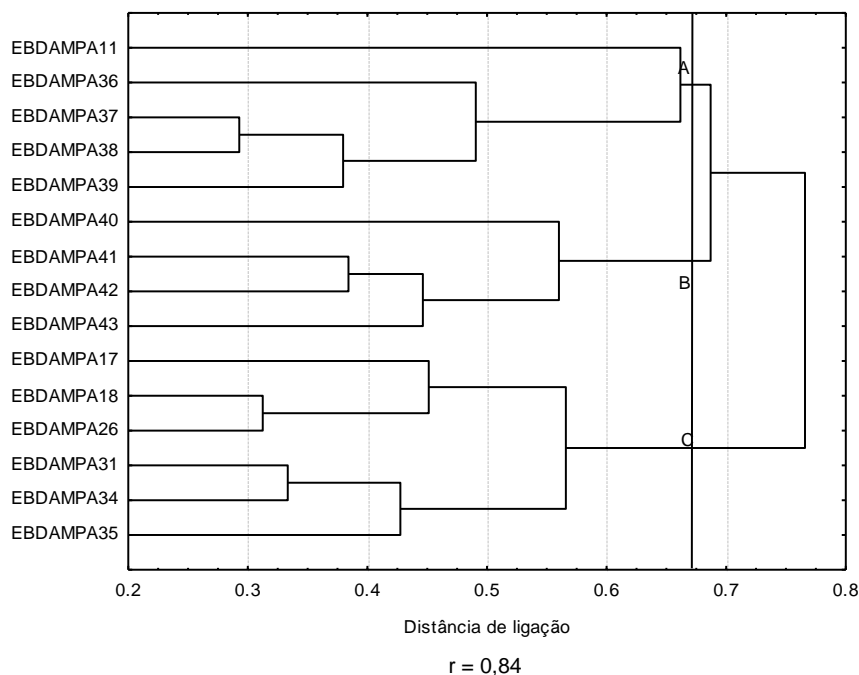
Por meio do dendrograma da divergência genética dos genótipos de mamoneira, com base nos dados quantitativos (Figura 1), foi possível observar a formação de três agrupamentos principais: Grupo A: EDBA-MPA 11, EDBA-MPA 18, EDBA-MPA 42, EDBA-MPA 26, EDBA-MPA 31, EDBA-MPA 40, EDBA-MPA 39 e EDBA-MPA 41; Grupo B: EDBA-MPA 17 e EDBA-MPA 35; e Grupo C: EDBA-MPA 34, EDBA-MPA 38, EDBA-MPA 43, EDBA-MPA 37 e EDBA-MPA 36. Cerqueira (2008), estudando divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada verificou a formação de quatro grupos, sendo que o grupo 1 foi representado por duas cultivares e os grupos 2, 3 e 4, por apenas uma, em cada grupo. Barbosa et al. (2012) avaliaram dissimilaridade genética por meio da caracterização morfoagronômica em 19 acessos de mamoneira do Banco Ativo de Germoplasma (BAG mamona) da

Embrapa Algodão e observaram a formação de 4 grupos, sendo que o Grupo I foi constituído por 14 acessos, o Grupo II e III, por 2 genótipos cada e o Grupo IV constituído por apenas 1 genótipo.



**Figura 1:** Dendrograma construído pelas distâncias de Manhattan e pelo método de agrupamento UPGMA, obtido para os 13 caracteres agrônômicos e 15 genótipos de mamoneira, incluindo o valor cofenético, representado pela letra “r”. Cruz das Almas, BA, 2013.

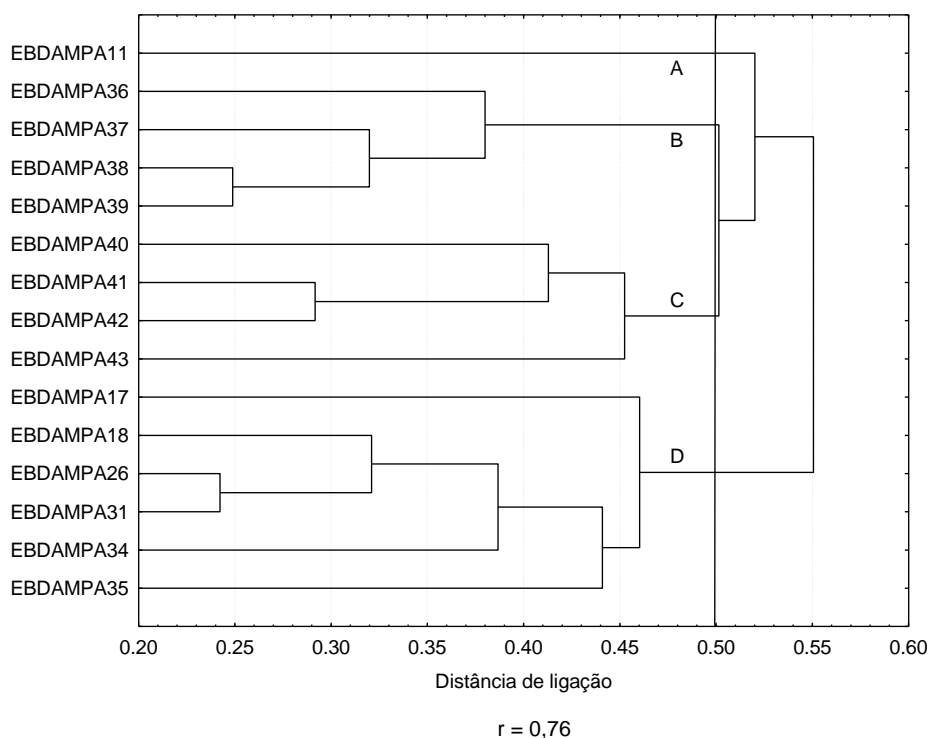
O dendrograma obtido a partir da dissimilaridade dos fragmentos gerados nas reações de amplificação possibilitou agrupar os genótipos da seguinte forma: GA: EDDBA-MPA 11, EDDBA-MPA 36, EDDBA-MPA 37, EDDBA-MPA 38 e EDDBA-MPA 39; GB: EDDBA-MPA 40, EDDBA-MPA 41, EDDBA-MPA 42 e EDDBA-MPA 43; e GC: EDDBA-MPA 17, EDDBA-MPA 18, EDDBA-MPA 26, EDDBA-MPA 31, EDDBA-MPA 34 e EDDBA-MPA 35 (Figura 2). O coeficiente de correlação cofenética do dendrograma ( $r=0,84$ ) revelou um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a sua matriz original, possibilitando a realização de inferências por meio da avaliação visual da Figura 2. Neste tipo de representação gráfica, a eficiência com que a matriz original dos dados de distância é representada na figura implica diretamente na possibilidade de sua utilização.



**Figura 2:** Dendrograma mostrando as relações genéticas entre os 15 genótipos de mamoneira baseadas em 50 locos de microssatélites (SSR) gerados pelo método de agrupamento UPGMA, a partir do coeficiente de dissimilaridade de Nei e Li (1973), incluindo o valor cofenético, representado pela letra “r”. Cruz das Almas, BA, 2013.

Detectou-se divergência genética entre os genótipos de mamoneira com base na técnica de SSR, confirmando os resultados obtidos por Machado (2011), que utilizou marcadores RAPD em genótipos de mamona e por meio do índice de Jaccard, utilizando-se o método de agrupamento UPGMA, possibilitou a formação de cinco grupos e identificou como mais distante os genótipos EBDA-MPA 11 e a EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 11 e a EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 11 e a EBDA-MPA 36 e EBDA-MPA 35 e EBDA-MPA 42 (0,28).

Com relação ao dendrograma da Figura 3 é possível verificar que na seleção combinada formaram-se quatro grupos, constituídos por: GA: EDBA-MPA 11; GB: EDBA-MPA 36, EDBA-MPA 37, EDBA-MPA 38 e EDBA-MPA 39; GC; EDBA-MPA 40, EDBA-MPA 41 e EDBA-MPA 42; e GD: EDBA-MPA 17, EDBA-MPA 18, EDBA-MPA 26, EDBA-MPA 31, EDBA-MPA 34 e EDBA-MPA 35, mostrando que há dissimilaridade genética entre as cultivares analisadas. A detecção de variabilidade genética entre essas cultivares é importante para a tomada de decisão na escolha de genitores a serem hibridados dentro do programa de melhoramento genético da espécie.



**Figura 3:** Dendrograma construído pela soma das distâncias de Manhattan e Nei e Li (1973), e pelo método de agrupamento UPGMA, baseada nos caracteres agrônômicos e 50 locos de SSRs em 15 genótipos de mamoneira. Incluindo o valor cofenético, representado pela letra “r”. Cruz das Almas, BA, 2013.

A correlação entre matrizes de distância de dados agrônômicos x moleculares foi negativa (-0,20) e não significativamente correlacionada pelo teste de Mantel (1967). Entretanto, as correlações de dados moleculares x seleção combinada e dados agrônômicos x seleção combinada foram negativas e significativas (-0,09 e -0,18 respectivamente) a 1% de probabilidade. Aguiar et al. (2011), estudando a divergência genética em populações de cagaita *Eugenia dysenterica* DC, via caracteres agrônômicos e marcadores moleculares, encontrou correlação negativa e não significativa para RAPD x SSR, e dados agrônômicos x SSR.

A baixa associação entre dados morfológicos e moleculares pode ter por base a parcial e insuficiente representação do genoma quando são utilizados dados morfológicos (SOUZA e SORRELLS, 1991). Essa baixa correlação também pode ser explicada pela ausência de associação entre os locos que controlam os caracteres agrônômicos avaliados e os alelos identificados por meio de marcadores SSR, uma vez que a correlação será tão maior quanto maior for esta associação.

Reis et al. (2012), avaliaram a seleção recorrente em progenies de *Passiflora edulis* por meio de dados fenotípicos e marcadores SSR e verificaram correlações entre as matrizes de distâncias positivas e significativas para dados agronômicos x seleção combinada e molecular x seleção combinada (0,56 e 0,81, respectivamente), já os dados agronômicos x molecular mostraram não significativamente correlacionada (-0,02). Duarte et al (1999), estudaram a divergência genética em feijoeiro e verificaram uma correlação de 0,89 entre distâncias genéticas de dados fenotípicos e marcadores RAPD, enquanto que Pereira (2011) encontrou uma correlação de -0,15 na análise de 31 diploides de bananeira, utilizando dados fenotípicos e marcadores SSR.

Vários fatores podem levar a correlações negativas ou não significativas entre a diversidade molecular e quantitativa, a exemplo de: o genoma de uma espécie não é suficientemente coberto com marcas moleculares; os marcadores genéticos são considerados seletivamente neutros, e os poligenes determinantes de um caráter quantitativo estão, em geral, sob efeito de seleção; erros nas estimativas podem ocorrer devido a amostragem insuficiente (AGUIAR et al., 2011).

Na presente pesquisa, o locos dos marcadores microssatélites foram insuficientes para cobrir de forma adequada o genoma da espécie. Isso pode ser um dos fatores que levaram às estimativas de associações negativas entre as medidas de divergência molecular e a variação quantitativa. ademais, os resultados obtidos podem ser explicados pelas características de cada um dos genótipos estudados, pelo tipo de característica agronômica e o número de iniciadores utilizados na análise de polimorfismo.

Comparando-se os agrupamentos formados pelas diferentes matrizes (Figuras 1, 2 e 3), percebe-se maior poder discriminatório na análise conjunta, uma vez que foram formados quatro grupos, contra três nas análises individuais.

A média encontrada de  $H_e$  (0,68) e o número médio de alelos por loco (5,58), encontrado no presente estudo, foram maiores do que a  $H_e$  média (0,188) e o número médio de alelos por loco (3,1), descrito por Allan et al. (2008), que analisou a diversidade de 41 acessos do banco de germoplasma de 35 países, utilizando nove locos SSR.



É de fundamental importância a identificação de genótipos mais divergentes, com potencial de rendimento para garantir maior ganho genético sem perda da variabilidade.

Nesta pesquisa, os resultados foram alentadores no sentido de mostrar a possibilidade de predição da diversidade genética de caracteres quantitativos a partir de dados moleculares desde que se trabalhe com suficiente precisão, tanto em relação à amostragem genética quanto em relação aos erros experimentais no ensaio de avaliação dos materiais.

## CONCLUSÕES

Os marcadores microssatélites são eficientes para revelar a existência da variabilidade genética entre os 15 genótipos de *Ricinus communis* L., por sua relevância estratégica na geração de informações genéticas a serem utilizadas em suporte a programas de melhoramento genético da mamoneira.

Os genótipos analisados apresentaram alta homozigose, sugerindo uma forte endogamia, que provavelmente é resultado da autofecundação ou cruzamento entre indivíduos aparentados.

Existe variabilidade genética entre os genótipos.

Baseada na análise de dissimilaridade genética, por meio da seleção combinada (dados agronômicos e moleculares), combinações promissoras poderão ser esperada entre os genótipos EBDA-MPA 35 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 11 x EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 17 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 26 x EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 37 x EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 31 x EBDA-MPA 37 e EBDA-MPA 34 x EBDA-MPA 40.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. V. de.; MOURA, N. F.; MOURA, M. F.; ZUCCHI, M. I.; VENCOVSKY, R.; CHAVES, L. J. Relação entre a variabilidade genética de caracteres quantitativos e marcadores moleculares em subpopulações de cagaiteira

(*Eugenia dysenterica* DC). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP. v. 33, n. 1, p. 157-169, 2011.

ALLAN, G.; WILLIAMS, A.; RABINOWICZ, P. D.; CHAN, A. P.; RAVEL J.; KEIM P. Worldwide genotyping of castor bean germoplasm (*Ricinus communis* L.) using AFLP and SSRs. **Genetical research Crop Evolution**. Gatersleben. v. 55. p. 365-378, 2008.

AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. de M. (2001) **Agronegócio da mamona no Brasil** Editora, Embrapa, Brasília, 2007. 501 p.

BARBOSA, M. A., CARVALHO, T. S.; CARNEIRO, J. F.; RAMOS, L. C.; MILANI, M. Dissimilaridade genética por marcadores morfoagronômicos de acessos do banco ativo de germoplasma de mamona da Embrapa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 5., Guarapari. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. 1 CD ROM.

BAHIA, H. F. **Avaliação e seleção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2007. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas. 2007.

BAHIA, H.F.; SILVA S. A.; FERNANDEZ L. G.; LEDO C. A. da S.; MOREIRA R. F. C. Divergência genética entre cinco cultivares de mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.357-362, mar. 2008.

BAJAY, M. M. **Desenvolvimento de marcadores microssatélite e caracterização do banco de germoplasma de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, São Paulo. 2009.

BAJAY, M. M.; PINHEIRO, J. B.; NOBREGA, M. B. M.; ZUCCHI, M. I. Development and characterization of microsatellite markers for castor (*Ricinus communis* L.), an important oleaginous species for biodiesel production. **Conservation Genetic Resource**, v.1, p. 237 – 239. 2009.

BAJAY, M. M.; ZUCCHI, M. I.; MEDEIROS, M. B de.; KIIHL, T. A. M.; ZANOTTO, M. D.; PINHEIRO, J. B. Caracterização da diversidade do germoplasma de

mamona (*Ricinus communis* L.) utilizando marcadores microsatélites. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. 1 CD.

BAJAY, M. M.; ZUCCHI, M. I.; Kiihl, T. A. M.; BATISTA, C. E. A; MONTEIRO, M. PINHEIRO, J. B. Development of a novel set of microsatellite markers for castor bean, *Ricinus communis* (euphorbiaceae). **American Journal of Botany**: e1– e3. 2011.

BOTSTEIN, D.; WHITE, R. L.; SKOLNIEK, M.; DAVIS, R.V. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. **American Journal of Human Genetics**, v.32, p. 314-331, 1980.

CERQUEIRA, L. S. **Variabilidade genética e teor de óleo em mamoneira visando ao melhoramento para região de baixa altitude**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. 2008.

COSTA, M. N. da; PEREIRA, W. E.; BRUNO, R. de L. A.; ELEUSIO, C. F.; NÓBREGA, M. B. de M.; MILANI, M.; OLIVEIRA, A. P. de. Divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira por meio de estatística multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1617-1622, 2006.

COSTA, M. N. da. **Análise dialéctica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e pi multivariadas e divergência genética em mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. 2006. 155 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 2006.

CRESTE, S.; TULMANN NETO, A.; FIGUEIRA, A. Detection of single sequence repeat polymorphisms in denaturing polyacrylamide sequencing gels by silver staining. **Plant Molecular Biology Reporter**, 19: 299-306, 2001.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L.; HORTORIUM, L. H. B. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v.12, n.1, p. 13-15, 1990.

DUARTE, J. M.; SANTOS, J. B.; MELO, L. C. Genetic divergence among common bean cultivars from different races based on RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology** **22**: 419-426, 1999.

FALEIRO, F. G. **Marcadores genético-moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 102 p.

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

FIGUEIREDO Neto, A.; ALMEIDA, F. de A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; NÓBREGA, M. B. M.; CARNEIRO, R. M.; PEDROZA, J. P. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) Baseada nas características das sementes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004.

FOSTER, J. T.; ALLAN, G. J.; CHAN, A. P.; RABINOWICZ, P. D.; RAVEL, J.; JACKSON, P.J.; KEIM, P. Single nucleotide polymorphisms for assessing genetic diversity in castor bean (*Ricinus communis* L.). **BMC Plant Biology**, 10:13, 2010. <http://www.biomedcentral.com>.

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

KOSMAN, E.; LEONARD, J. Similarity coefficients for molecular markers in studies of genetic relationships between individuals for haploid, diploid, and polyploid species. **Molecular Ecology**, v.14, p. 415 – 424, 2005.

LITT, M.; HAUGE, X.; SHARMA, V. Shadow bands seen when typing polymorphic dinucleotide repeats: some causes and cures. **BioTechniques** v.15, p. 280-284, 1993.

LIU, K.; MUSE, S.V. PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis. **Bioinformatics**, v.21, p. 2128-2129, 2005.

LORENZI, H; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Ed. Nova Odessa, São Paulo, Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

MACHADO, E. L. **Genotipagem, teor de óleo, otimização do método gravimétrico e desenvolvimento de marcadores microssatélite em *Ricinus communis* L.** 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2011.

MANTEL, N (1967) The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research** **27**: 209-220 p.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005. 295p.

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

MURPHY, D. J. The future of new and genetically modified oil crops. In: JANICK, J. **Perspectives on new crops and new uses**. Alexandria: ASHS Press, 1999. p. 216-219.

NEI, M.; and LI, W.H. Linkage disequilibrium in subdivided populations. **Genetics**. 75:213-219, 1973.

OLIVEIRA, A.C.; RICHTER, T.; BENNETZEN, J. L. Regional and racial specificities in sorghum germplasm assessed with DNA markers. **Genome**. Canada, v.39, p.579-587, 1996.

PEREIRA, V. M. **Variabilidade genética utilizando marcadores ssr e comportamento agrônômico de diploides melhorados de bananeira**. 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas. 2011.

QIU, L.; YANG, C.; TIAN, B. YANG, J.; LIU, A. Exploiting EST databases for the development and characterization of EST-SSR markers in castor bean (*Ricinus communis* L.). **BMC Plant Biology**, 10:278, 2010 Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com>>. Acesso em 5 de nov. 2012.

REIS, R. V. dos.; VIANA, A. P.; OLIVEIRA, E. J. de.; SILVA, M. G. de M. Phenotypic and molecular selection of yellow passion fruit progenies in the second cycle of recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. v. 12, p. 17-24, 2012.

SAVY-FILHO, A. **Mamona**: Tecnologia agrícola. Campinas: EMOPI, 2005. 105 p.

SEO, K.- I.; LEE, G. A.; KYUNG-HO, M. A.; HYUN D. Y.; PARK, Y. J.; JUNG, J. W.; LEE, S. Y.; GWAG, J. G.; KIM, C.; LEE, M. C. Isolation and characterization of 28 polymorphic SSR loci from castor bean (*Ricinus communis* L.). **Journal of Crop Science e Biotecnologia**, n. 14, v. 2, 97-103, 2011.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. The Indian **Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.41, n.1, p.237-245, 1981.

SNEATH, P. H. A. e SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: Freeman, 1973. 573 p.

SOUSA, R. F.; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. N.; FERNANDES, M. F.; SANTOS, M. J. Aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura da mamona (*Ricinus communis*). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, 1º semestre, v. 4, n. 001, 2004.

SOUZA, E.; SORRELLS, M. E. Relationships among 70 North American oat germplasms. II. Cluster analysis using qualitative characters. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.605-612, 1991.

STATISTICA. **Statistica for Windows v. 6.0: Computer Program Manual**. Editora StatSoft Inc. Tulsa, UK (CD-Rom), 2002.

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

ZIETKIEWICZ, E.; RAFALSKI, A.; LABUDA, D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) – anchored polymerase chain reaction amplification. **Genomics**, San Diego, v. 20, p. 176 – 183, 1994.

## **CAPÍTULO 3**

### **MORFOLOGIA E VIABILIDADE DE GRÃOS DE PÓLEN EM MAMONEIRA<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico: Crop Breeding and Applied Biotechnology.

# MORFOLOGIA E VIABILIDADE DE GRÃOS DE PÓLEN EM MAMONEIRA

AUTOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**RESUMO** - A mamoneira possui enorme potencial para a produção de biodiesel e pouco se conhece sobre os aspectos reprodutivos desta cultura, incluindo a viabilidade do pólen e a morfologia polínica. Assim, objetivou-se caracterizar a morfologia polínica e investigar a viabilidade polínica em quinze genótipos de mamoneira. As descrições morfopolínicas foram feitas a partir da acetólise láctica e microscopia eletrônica de varredura. A viabilidade do pólen foi estimada por meio da germinação *in vitro* e análise histoquímica (carmim acético a 2% e 2,3,5 cloreto de trifeniltetrazólio 1%). Para a germinação *in vitro*, os grãos de pólen foram inoculados em dez tipos de meio de cultura, constituídos de diferentes concentrações de sacarose, ácido bórico, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e nitrato de potássio e solidificado com 0,8 % de ágar com pH ajustado a 6,8 a 7,0. Para avaliar a germinação e comprimento do tubo polínico, em cada repetição, foram mensurados aleatoriamente 100 grãos de pólen e 40 tubos polínicos de cada genótipo, respectivamente. Os genótipos apresentaram grão de pólen de tamanho médio, isopolares, simetria radial, âmbito subcircular, 3-colporados, endoaberturas lalongadas, exina microrreticulada e forma oblato-esferoidal e prolato-esferoidal. O corante carmim acético superestimou a viabilidade de pólen. Os meios M5 (150 g de sacarose, 0,1 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0,3 g de Ca(NO<sub>3</sub>).4H<sub>2</sub>O, 0,214 g de Mg(SO<sub>4</sub>).7H<sub>2</sub>O e 0,1 g de KNO<sub>3</sub>) e M8 (200 g de sacarose, 0,1 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0,3 g de Ca(NO<sub>3</sub>).4H<sub>2</sub>O, 0,214 g de Mg(SO<sub>4</sub>).7H<sub>2</sub>O e 0,1 g de KNO<sub>3</sub>) foram os mais eficientes na germinabilidade dos grãos de pólen dos genótipos analisados. Os genótipos estudados podem ser utilizados como parental masculino em programas de melhoramento já que apresentam altos índices de viabilidade.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis*; germinação *in vitro*, corantes, tubo polínico.



# MORPHOLOGY AND POLLEN GRAIN VIABILITY IN CASTOR-BEANS

AUTHOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**ABSTRACT** – Castor-beans (*Ricinus communis* L.) has great potential in biodiesel production and little is known about its reproductive aspects, including pollen grain viability and patterns of pollinic morphology. The objectives of the present work were to characterize the pollinic morphology and investigate pollen viability of fifteen castor-bean genotypes. The morphopollinic descriptions were carried out by lactic acetolysis and scanning electron microscopy. Pollen grain viability was estimated by *in vitro* germination and histochemical analysis (2% acetic carmin and 1% 2,3,5, tri phenol tetrazol chloride). For the *in vitro* germination, the pollen grains were inoculated in ten types of culture media containing different concentrations of sucrose, boric acid, calcium nitrate, magnesium sulphate and potassium nitrate and solidified with 0.8% agar and pH adjusted to 6.8 and 7.0. To evaluate germination and length of the pollen tube, 100 pollen grains and 40 pollen tubes, respectively, were randomly measured from each genotype. The genotypes presented medium size, isopolar, radially simetric, subcircular, 3-colporated, long endo-opening, microreticulated exin, spheroid-oblate shaped and spheroid-prolate shaped pollen grains. The carmin acetic dye overestimated the viability of the pollen grains. The M5 (150 g of sucrose, 0.1 g of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0.3 g of Ca(NO<sub>3</sub>).4H<sub>2</sub>O, 0.214 g of Mg(SO<sub>4</sub>).7H<sub>2</sub>O and 0.1 g of KNO<sub>3</sub>) and M8 (200 g of sucrose, 0.1 g of H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0.3 g of Ca(NO<sub>3</sub>).4H<sub>2</sub>O, 0.214 g of Mg(SO<sub>4</sub>).7H<sub>2</sub>O and 0.1 g of KNO<sub>3</sub>) media were the most efficient as to the germination capacity of the pollen grains from the genotypes assayed. The genotypes in study may be used as male parents in breeding programs since they presented high indices of viability.

**Key-words:** *Ricinus communis*; *in vitro* germination, dyes, pollen tube.

## INTRODUÇÃO

Com a crescente busca de fontes de energias renováveis e menos poluentes para produção de óleo destinado ao biodiesel, a mamoneira (*Ricinus communis* L.) está sendo considerada como uma boa opção para agricultores de diversas regiões do país em razão, principalmente, do alto rendimento energético, relativo à rusticidade e tolerância à seca, sendo adaptável a condições edafoclimáticas muito variáveis (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2009). Além das vantagens econômicas, a produção de biodiesel em larga escala é um importante instrumento de diversificação da matriz produtiva e de geração de renda no meio rural (SAVY-FILHO, 2005).

Para minimizar a dificuldade de produção em escala industrial é imprescindível o desenvolvimento de materiais genéticos que possuem, por exemplo, o porte adequado para facilitar a colheita e a uniformização na maturação, visando a utilização de alta tecnologia que possibilite a produção dessa oleaginosa em maior escala (OLIVEIRA e ZANOTTO 2008).

A busca por novas variedades mais produtivas inclui técnicas de cruzamentos entre plantas que, muitas vezes, diferem na sazonalidade e, para tanto, o armazenamento, transporte e manutenção de pólen com alta viabilidade são de grande valia como subsídio aos programas de melhoramento genético (VARGAS et al., 2009).

A determinação da viabilidade do pólen pode ser feita por métodos diretos, como a indução da germinação *in vitro* (KOZAI et al., 2008; MORTAZAVI et al., 2010; IMANI et al., 2011; SINIMBU-NETO et al., 2011) e *in vivo* (FAKHIM et al., 2011; DANE e EKICI, 2011) ou métodos indiretos baseados em parâmetros citológicos, como a coloração (MUNHOZ et al., 2008; MARTINS et al., 2010). Entretanto, a germinação *in vitro* de pólen é o método mais utilizado em ensaios de viabilidade do pólen em programas de melhoramento genético (SATISH e RAVIKUMAR, 2010).

Os testes colorimétricos são bastante empregados no monitoramento da viabilidade, pois consistem em um procedimento simples e rápido, comparado aos métodos diretos (GALLETTA, 1983). Dentre os corantes mais utilizados, destacam-se o carmim acético, azul de anilina, azul de algodão, iodeto de potássio (STANLEY e LINSKENS, 1974; SHARMA e SHARMA, 1994) e 2,3,5

cloreto de trifeniltetrazólio (SHIVANNA e RANGASWAMY, 1992), os quais promovem diferenças na coloração dos grãos de pólen, fornecendo resultados de forma rápida e com baixo custo. Na literatura não há uma descrição de um teste de viabilidade universal utilizando um corante específico.

A coloração, embora seja um procedimento simples e barato, superestima a viabilidade do pólen, já que grãos de pólen inviáveis podem ser corados devido à presença de enzimas, amido, ou outras substâncias (OLIVEIRA et al., 2001). Ademais, não fornece informações sobre a capacidade germinativa do pólen, o que pode ser obtido por meio de testes de germinação *in vitro*. Esses testes têm sido empregados principalmente quando é necessário armazenar pólen em função da realização de cruzamentos controlados entre parentais com diferenças nos períodos de florescimento ou que se encontram em regiões distantes.

A germinação *in vitro* é o método mais utilizado em ensaios de viabilidade do pólen em programas de melhoramento genético, pois simula as condições do estilo-estigma, induzindo a germinação do tubo polínico (MARCELLÁN e CAMADRO, 1996). Cada espécie requer um protocolo específico de meio de cultura para a obtenção de boa germinação. O meio básico utilizado em ensaios *in vitro* é constituído de sacarose e de ácido bórico, podendo variar ainda a combinação de outras substâncias.

A maioria dos trabalhos na literatura vem apontando, a sacarose como ingrediente estimulador necessário à germinação do pólen, além de ser considerada como fonte de energia para o crescimento do tubo polínico (BALOCH et al. 2001; SALLES et al. 2006). Mesmo em meios com concentrações adequadas desse carboidrato e/ou complementados com alguns elementos estimulantes, nem sempre é possível obter a maximização da germinação do pólen maduro. A adição de boro estimula o crescimento do tubo polínico e diminui a probabilidade destes se romperem (FRANZON e RASEIRA, 2006), pois seu mecanismo de ação consiste em interagir com o açúcar e formar um complexo ionizável açúcar-borato, que reage mais rapidamente com as membranas celulares (FRANZON et al., 2005).

A germinação *in vitro* do pólen foi amplamente estudada em diversas espécies (SHIVANNA e JOHRI, 1985; SHIVANNA e RANGASWAMY, 1992), destacando-se entre elas, espécies oleaginosas como: mamona, algodão, soja, canola, dendê, girassol, babaçu, amendoim. Devido a não coincidência de

floração, o que ocorre na mamona, é preciso, muitas vezes, armazenar o pólen mantendo a viabilidade (SOUSA et al., 2004).

A germinação *in vitro* é considerada uma medida de fertilidade masculina bastante empregada no monitoramento de pólen armazenado, de modo a garantir a fecundação, tornando possíveis cruzamentos entre genótipos superiores que apresentam floração em épocas distintas (DAFNI, 1992; KEARNS e INOUE, 1993).

Portanto, o objetivo do trabalho foi caracterizar a morfologia polínica e investigar a viabilidade polínica em quinze genótipos de mamoneira, a fim de gerar informações que possam auxiliar a seleção de genitores masculinos altamente promissores para posterior utilização em programas de melhoramento, tendo em vista a produção de sementes para a extração de óleos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Cultura de Tecidos da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, Bahia e no Núcleo de Apoio à Pesquisa em Microscopia Eletrônica Aplicada a Agricultura da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo (NAP/MEPA – ESALQ/USP). Como material vegetal, utilizou-se grãos de pólen oriundos de flores masculinas coletadas na antese em quinze genótipos de mamoneira (Figura 1), instalados na área experimental do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO-UFRB), desenvolvidos pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA).

### **Morfologia polínica**

Para caracterização morfológica, os grãos de pólen foram fixados em solução de Karnovsky modificada [glutaraldeído (2 %), paraformaldeído (2 %),  $\text{CaCl}_2$  (0,001 M), tampão cacodilato de sódio (0,05 M), em pH 7,2 por 48 horas, desidratados em série etílica crescente e em seguida as amostras foram secas em HMDS (hexametildisilazano). As amostras foram montadas sobre suportes metálicos e metalizadas com ouro. As imagens foram obtidas ao microscópio eletrônico de varredura de pressão variável LEO 435 VP (Carl Zeiss, Germany).



**Figura 1.** Aspecto geral da inflorescência de genótipos de mamoneira: A) EBDA-MPA 35; B) EBDA-MPA 38; C) EBDA-MPA 43; D) EBDA-MPA 39; E) EBDA-MPA 41; F) EBDA-MPA 31; G) EBDA-MPA 37; H) EBDA-MPA 11; I) EBDA-MPA 26; J) EBDA-MPA 17; L) EBDA-MPA 36; M) EBDA-MPA 18; N) EBDA-MPA 34; O) EBDA-MPA 42; P) EBDA-MPA 40.

As medidas dos grãos de pólen e exina foram realizadas em grãos submetidos à acetólise láctica fraca (ACLAC 40), conforme Raynal e Raynal (1979). Foram medidos aleatoriamente o diâmetro polar e equatorial de 25 grãos de pólen e as imagens obtidas no fotomicroscópio Olympus DM1000 acoplado uma câmara Sony e Software Image Pro-plus, v. 3.0.

A terminologia adotada nas descrições polínicas está de acordo com Punt et al. (2007) e Hesse et al. (2009).

### **Germinação in vitro e comprimento do tubo polínico**

Os grãos de pólen foram distribuídos com auxílio de um pincel sobre a superfície da placa de Petri contendo 35 mL dos diferentes meios de cultura descritos na Tabela 1. Todos os meios foram solidificados com 0,8% de ágar e pH ajustado em 6,8 a 7,0.

**Tabela 1.** Composição dos meios de cultura utilizados para avaliação da germinação de grãos de pólen *in vitro* de mamoneira (*Ricinus communis* L.) .

Meio	Composição (g L <sup>-1</sup> )				
	Sacarose	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ca(NO <sub>3</sub> ).4H <sub>2</sub> O	Mg(SO <sub>4</sub> ).7H <sub>2</sub> O	KNO <sub>3</sub>
M1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M2	0,0	0,1	0,3	0,214	0,1
M3	0,0	0,2	0,4	0,314	0,2
M4	0,0	0,3	0,5	0,414	0,3
M5	150	0,1	0,3	0,214	0,1
M6	150	0,2	0,4	0,314	0,2
M7	150	0,3	0,5	0,414	0,3
M8	200	0,1	0,3	0,214	0,1
M9	200	0,2	0,4	0,314	0,2
M10	200	0,3	0,5	0,414	0,3

Utilizou-se para cada placa de Petri uma amostra composta de pólen oriundo de três flores por racemo em trinta plantas de cada genótipo. Vale salientar que o pólen foi coletado obedecendo-se o horário natural de abertura floral. Após a inoculação do pólen, as placas foram mantidas em condições controladas de temperatura ( $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ), no escuro, durante 24 horas. Logo após, realizou-se a contagem dos grãos de pólen germinados e a medição do comprimento do tubo polínico mediante observação em um estereomicroscópio binocular.

Para a percentagem de germinação foram contabilizados aleatoriamente 100 grãos da placa, enquanto que para o comprimento do tubo polínico foram mensurados aleatoriamente cinco tubos em cada placa de Petri, totalizando 40 tubos polínicos de cada genótipo. O comprimento foi medido em micrômetro e posteriormente, transformado em milímetro. Foram considerados germinados os grãos de pólen que possuíam tubo polínico com tamanho igual ou superior ao diâmetro do próprio pólen (TUINSTRA e WEDEL, 2000).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial genótipos x meios de cultura, com oito repetições, sendo cada repetição representada por uma placa de Petri. Os dados de porcentagem foram transformados para  $\text{arc sen}(\sqrt{x/100})$  e submetidos à análise de variância utilizando

o teste de Scott-Knott ( $p < 0,01$ ). As análises foram realizadas pelo programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2002).

### **Testes histoquímicos**

A análise histoquímica do pólen foi realizada por meio da coloração com 2,3,5-cloreto de trifeniltetrazólio (TTC) e carmim acético 2 % (Kearns e Inouye, 1993). Uma amostra de pólen, retirada de três flores por genótipo, foi distribuída sobre uma lâmina de vidro e em seguida colocou-se uma gota do corante específico, fechando-se o conjunto com uma lamínula. As observações das quantidades de pólen viáveis e inviáveis por genótipo foram analisadas duas horas após a preparação das lâminas no caso do corante TTC, pois o mesmo requer um lapso de tempo para que ocorra a reação enzimática. Para o carmim acético, as análises foram realizadas logo após a coloração.

A fim de se obter uma amostragem ao acaso dos grãos de pólen corados, foi utilizado o método de varredura da lâmina em um microscópio óptico com lente objetiva de 10x, sendo contabilizados 100 grãos de pólen/lâmina/genótipo com três repetições cada, perfazendo um total de 300 grãos de pólen.

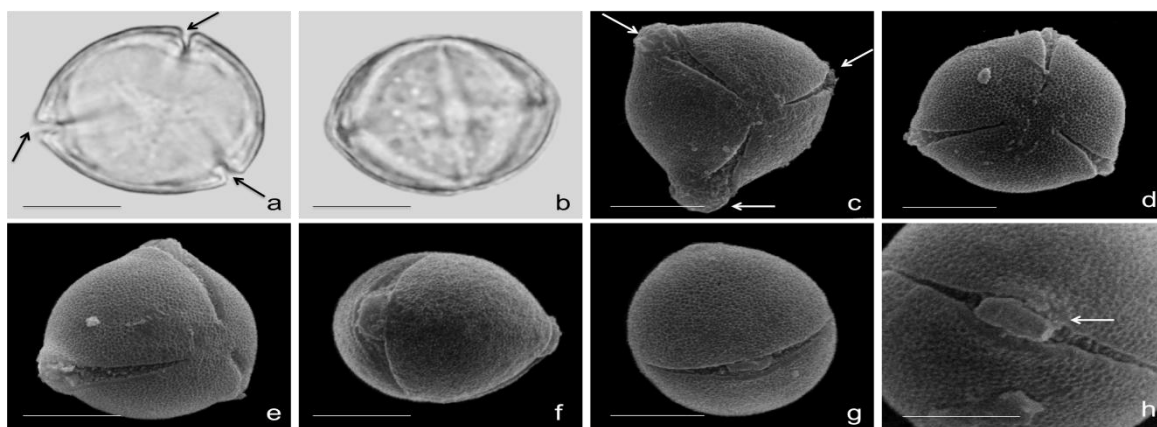
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 15 x 2 (genótipos x corante) com três repetições cada. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,01$ ) com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2002).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Morfologia polínica**

Na Tabela 2 encontram-se os dados morfométricos empregados na determinação do formato e tamanho dos grãos de pólen.

Todos os genótipos apresentaram grão de pólen de tamanho médio, isopolares, simetria radial, âmbito circular (Figuras 2 a, b), 3-colporados, com colpo estreito, margem ausente, opérculo ausente, endoaberturas lalongadas e exina microrreticulada (Figura 2 c-h), com espessura variando de  $1,25 \pm 0,36 \mu\text{m}$  no genótipo EBDA-MPA 35 a  $2,35 \pm 0,75 \mu\text{m}$  no genótipo EBDA-MPA 36 (Tabela



**Figura 2.** Morfologia e detalhes do colpo de grãos de pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.): a) grão de pólen acetolizado em vista polar no genótipo EBDA-MPA 38 sob microscopia de luz (ML) evidenciando os três colpos (seta); b) grão de pólen acetolizado em vista equatorial no genótipo EBDA-MPA 40 sob microscopia de luz (ML); c-g) vista polar e equatorial em diferentes genótipos sob microscopia eletrônica de varredura (MEV) evidenciando os três colpos (seta); h) detalhe do colpo no genótipo EBDA-MPA 31 sob MEV (seta). c) EBDAMPA11; d) EBDA-MPA 17; e) EBDA-MPA 18; f) EBDA-MPA 26; g) EBDA-MPA 31. Barras: a-g = 10  $\mu$ m, h = 5  $\mu$ m.

**Tabela 2.** Caracterização morfométrica e morfológica de grãos de pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em vista equatorial.

Genótipos	Diâmetro polar (DP)	Diâmetro equatorial (DE)	Exina $\mu$ m	DP/DE <sup>1</sup>	Forma
	$\mu$ m	$\mu$ m			
	$\bar{x} \pm S$				
EBDAMPA11	28,70 $\pm$ 1,60	27,56 $\pm$ 1,83	2,26 $\pm$ 0,65	1,04	prolato-esferoidal
EBDAMPA17	23,71 $\pm$ 6,02	26,54 $\pm$ 5,99	2,23 $\pm$ 0,97	0,89	oblato-esferoidal
EBDAMPA18	29,91 $\pm$ 2,00	30,69 $\pm$ 2,31	1,60 $\pm$ 0,38	0,97	oblato-esferoidal
EBDAMPA26	30,26 $\pm$ 1,62	31,03 $\pm$ 2,05	1,89 $\pm$ 0,62	0,97	oblato-esferoidal
EBDAMPA31	31,73 $\pm$ 1,96	31,20 $\pm$ 2,12	2,11 $\pm$ 0,67	1,02	prolato-esferoidal
EBDAMPA34	31,96 $\pm$ 2,05	32,17 $\pm$ 2,01	1,32 $\pm$ 0,38	0,99	oblato-esferoidal
EBDAMPA35	30,58 $\pm$ 1,80	30,63 $\pm$ 1,91	1,25 $\pm$ 0,36	0,99	oblato-esferoidal
EBDAMPA36	25,96 $\pm$ 1,90	29,47 $\pm$ 1,45	2,35 $\pm$ 0,75	0,88	oblato-esferoidal
EBDAMPA37	30,20 $\pm$ 1,72	30,57 $\pm$ 1,66	1,34 $\pm$ 0,36	0,98	oblato-esferoidal
EBDAMPA38	26,96 $\pm$ 2,18	29,72 $\pm$ 1,79	2,24 $\pm$ 0,65	0,90	oblato-esferoidal
EBDAMPA39	26,70 $\pm$ 2,29	30,10 $\pm$ 2,51	2,30 $\pm$ 0,71	0,88	oblato-esferoidal
EBDAMPA40	30,95 $\pm$ 1,59	31,70 $\pm$ 1,81	1,90 $\pm$ 0,58	0,97	oblato-esferoidal
EBDAMPA41	29,40 $\pm$ 2,07	29,91 $\pm$ 1,62	1,43 $\pm$ 0,45	0,98	oblato-esferoidal
EBDAMPA42	31,76 $\pm$ 2,07	31,42 $\pm$ 1,83	1,53 $\pm$ 0,41	1,01	prolato-esferoidal
EBDAMPA43	30,37 $\pm$ 1,86	33,26 $\pm$ 2,18	1,37 $\pm$ 0,35	0,91	oblato-esferoidal

<sup>1</sup> Razão do diâmetro polar sobre o diâmetro equatorial em vista equatorial. Os resultados correspondem à média de 25 repetições  $\pm$  desvio padrão.



2). O fato de todos os genótipos apresentarem similaridade com relação às características polínicas corrobora com os dados da literatura de que na mesma espécie é esperado que se tenha morfologia semelhante (CRACRAFT, 2000).

Com a razão do eixo polar sobre o diâmetro equatorial (DP/DE) variando de 0,88 - 0,99  $\mu\text{m}$ , os grãos de pólen dos genótipos avaliados foram classificados como oblato-esferoidal e os genótipos que apresentaram tamanho maior que 1,01 – 1,04  $\mu\text{m}$  como prolato-esferoidal, a exemplo dos genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 31 e EBDA-MPA 42 (Tabela 2).

As características dos grãos de pólen, por serem mais conservadas e pouco sujeitas a alterações ambientais, quando comparadas a outras características, consistem em uma ferramenta importante para estudos taxonômicos nas mais variadas espécies (BENZING, 2006).

### **Germinação *in vitro* de pólen**

Os dados obtidos nos testes *in vitro* indicaram efeito significativo para os fatores estudados (genótipos e meio de cultura), bem como a interação entre eles sobre a germinação de pólen de mamoneira.

Considerando o efeito do meio de cultura na germinação do pólen de mamoneira, observou-se no meio M1 a formação de dois grandes grupos. O primeiro representado pelos genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 39 e EBDA-MPA 42 com faixa de variação de 3,12 – a 5,17% de grãos de pólen germinados. O segundo, constituído pelos demais genótipos que não manifestaram germinação (Tabela 3), (Figura 3 a). Este resultado pode ser explicado pela constituição deste meio de cultura que contém apenas água e ágar, ficando evidente que o pólen de mamoneira requer outros elementos químicos para emissão do tubo polínico. Por outro lado, as maiores taxas de germinação de pólen foram verificadas nos meios M5 e M8, que apresentaram a mesma constituição química (menores concentrações das substâncias utilizadas), à exceção da sacarose. No meio M5 que continha 150  $\text{g.L}^{-1}$  de sacarose houve a formação de 7 grupos distintos, constituído de cinco genótipos que apresentaram germinação acima de 70%, merecendo destaque EBDA-MPA 42, com 90,37% de grãos germinados (Figura 3 b).

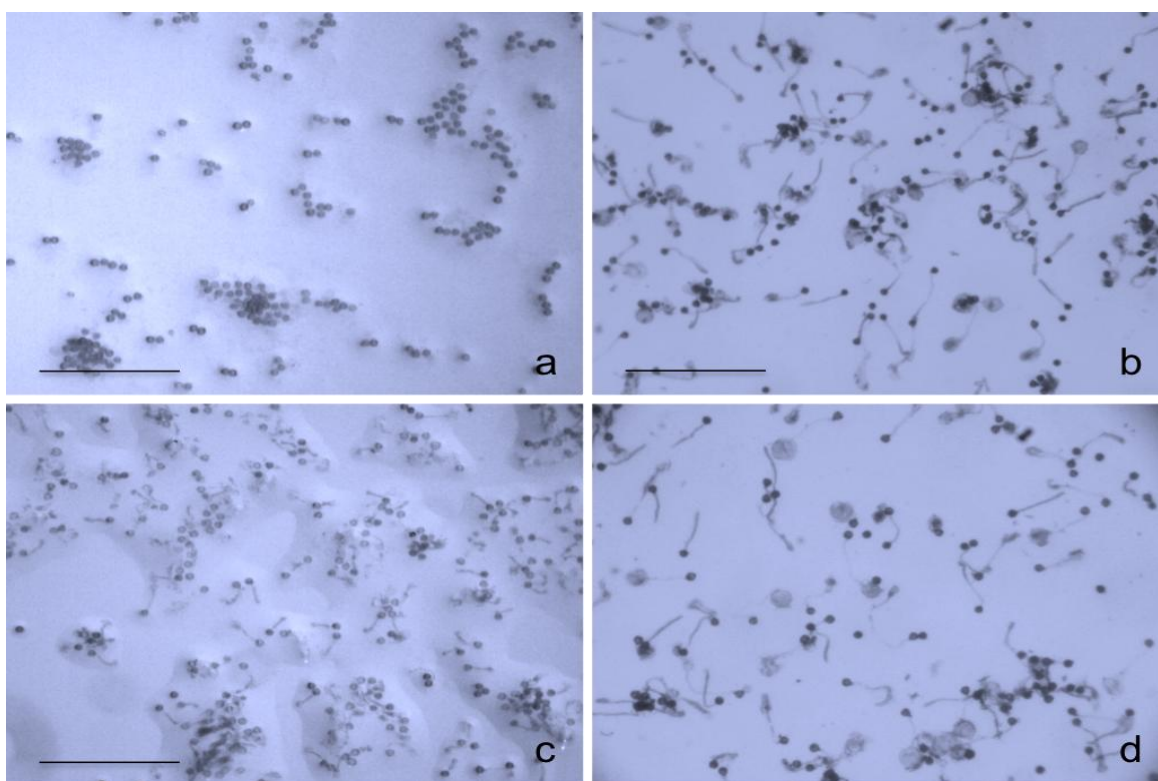
**Tabela 3.** Porcentagem de germinação *in vitro* de grãos de pólen de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em diferentes meios de cultura.

Genótipos	Meios de Cultura									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
EBDAMPA11	3,62 aG	16,50 aE	9,75 aF	14,75 aE	59,25 eC	82,00 aB	92,62 aA	55,00 cC	40,87 dD	41,00 cD
EBDAMPA17	0,00 bE	3,75 cD	2,62 cD	2,12 cD	29,87 gB	15,87 gC	18,37 gC	31,87 dB	43,12 dA	51,50 bA
EBDAMPA18	0,00 bD	5,00 cC	6,75 bC	5,25 bC	24,75 gB	29,37 fB	32,50 fB	51,87 cA	53,00 cA	26,75 dB
EBDAMPA26	0,00 bH	7,50 cF	5,25 bE	5,87 bE	48,87 fC	44,75 eD	38,37 fD	79,12 bA	68,25 bB	57,87 bC
EBDAMPA31	3,12 aE	10,25 bD	12,50 aD	6,62 bE	50,87 fB	63,75 cA	55,25 dB	50,12 cB	43,50 dC	53,12 bB
EBDAMPA34	0,00 bE	0,00 dE	0,00 dE	0,00 dE	44,75 fD	70,00 bC	82,00 bB	92,37 aA	62,37 cC	77,00 aB
EBDAMPA35	0,00 bD	6,87 cC	6,00 bC	5,37 bC	64,87 dB	80,37 aA	78,25 bA	78,50 bA	58,37 cB	78,50 aA
EBDAMPA36	3,75 aE	18,62 aD	16,87 aD	17,75 aD	86,25 bA	73,00 bB	78,62 bB	91,12 aA	79,37 aB	49,25 bC
EBDAMPA37	0,00 bF	7,00 cE	10,50 aE	5,25 bE	62,62 dB	18,75 gD	43,37 eC	77,37 bA	40,75 dC	25,00 dD
EBDAMPA38	0,00 bF	7,62 cE	9,00 aE	4,87 bE	51,37 fC	38,00 eD	38,50 fD	84,12 bA	71,00 bB	55,12 bC
EBDAMPA39	3,25 aE	11,87 bD	12,75 aD	11,50 aD	81,25 bA	55,62 dB	34,75 fC	58,50 cB	55,62 cB	58,62 bB
EBDAMPA40	0,00 bF	11,37 bD	9,62 aD	4,00 bE	74,62 cB	63,62 cC	56,00 dC	80,62 bA	70,50 bB	80,87 aA
EBDAMPA41	0,00 bE	0,00 dE	0,00 dE	0,00 dE	72,62 cA	56,37 dB	31,37 fD	46,37 cC	52,37 cB	55,12 bB
EBDAMPA42	5,37 aG	12,37 bF	5,62 bG	8,37 bG	90,37 aA	80,75 aB	69,50 cC	27,00 dE	59,12 cD	79,50 aB
EBDAMPA43	0,00 bF	0,00 dF	0,00 dF	0,00 dF	69,62 cA	67,37 cA	45,25 eB	28,75 dC	13,62 eE	22,00 dD
CV (%)	15,26									

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,01$ ).

M1 (0,0 g de sacarose, 0,0 g de  $H_3BO_3$ , 0,0 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,0 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,0 g de  $KNO_3$ ); M2 (0,0 g de sacarose, 0,1 g de  $H_3BO_3$ , 0,3 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,214 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,1 g de  $KNO_3$ ); M3 (0,0 g de sacarose, 0,2 g de  $H_3BO_3$ , 0,4 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,314 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,2g de  $KNO_3$ ); M4 (0,0 g de sacarose, 0,3 g de  $H_3BO_3$ , 0,5 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,414 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,3 g de  $KNO_3$ ); M5 (150 g de sacarose, 0,1 g de  $H_3BO_3$ , 0,3 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,214 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,1 g de  $KNO_3$ ); M6 (150 g de sacarose, 0,2 g de  $H_3BO_3$ , 0,4 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,314 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,2g de  $KNO_3$ ); M7 (150 g de sacarose, 0,3 g de  $H_3BO_3$ , 0,5 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,414 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,3 g de  $KNO_3$ ); M8 (200 g de sacarose, 0,1 g de  $H_3BO_3$ , 0,3 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,214 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,1 g de  $KNO_3$ ); M9 (200 g de sacarose, 0,2 g de  $H_3BO_3$ , 0,4 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,314 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,2g de  $KNO_3$ ); M10 (200 g de sacarose, 0,3 g de  $H_3BO_3$ , 0,5 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,414 g de  $Mg(SO_4) \cdot 7H_2O$  e 0,3 g de  $KNO_3$ ).

Já o meio M8 com 200 g.L<sup>-1</sup> de sacarose, foi delimitado por quatro grupos, sendo representado por sete genótipos com percentuais de germinação acima de 70%, destacando-se os genótipos EBDA-MPA 34 (92,37%) e EBDA-MPA 36 (91,12%), que pertencem ao mesmo grupo (Figura 3c). Contudo, os genótipos EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 36 e EBDA-MPA 40 não diferem dos meios M9, M6, M5 e M10, respectivamente.



**Figura 3.** Porcentagem de germinação e comprimento do tubo polínico em mamoneira (*Ricinus communis* L.). a) Genótipo EBDA-MPA 17 em meio de cultura M1, evidenciando ausência de germinação. b) Genótipo EBDA-MPA 42 em meio de cultura M5 evidenciando alta porcentagem de germinação. c) Genótipo EBDA-MPA 34 em meio de cultura M8 evidenciando alta porcentagem de germinação. d) Genótipo EBDA-MPA 17 em meio de cultura M5 evidenciando maior comprimento do tubo polínico. Barras: 0,5 mm.

Diferentes meios de cultura para a germinação *in vitro* de grãos de pólen têm sido relatados para um grande número de espécies, com considerável variação entre e dentro de espécies (PFAHLER et al., 1997). Vários autores têm reportado na literatura a utilização de carboidratos e substâncias estimulantes da germinação (micronutrientes e hormônios) como os principais componentes do meio de cultura. Muitas substâncias orgânicas e inorgânicas como sacarose, ácido bórico, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, e sulfato de magnésio exercem

efeito na germinação *in vitro* do pólen (PARTON et al., 2002; KOPP et al., 2002; MOUTINHO et al., 2001; BHATTACHARYA e MANDAL, 2000; SILVA et al., 1999; GALLETTA, 1983).

No presente estudo, houve resposta diferenciada dos genótipos em relação aos meios de cultura, sendo que o genótipo EBDA-MPA 11 apresentou maior porcentagem de germinação do grão de pólen quando cultivado no meio M7, com 92,62% de polens germinados. Para o genótipo EBDA-MPA 17 verificou-se uma baixa porcentagem de germinação na maioria dos meios de cultura testados, à exceção dos meios M9 e M10, com 43,12 e 51,50% de germinação, respectivamente. Este resultado pode ser explicado pelo fato desses meios apresentarem maior concentração de sacarose combinado com as maiores concentrações de elementos químicos testados no meio.

A adição de sacarose como fonte de carboidratos visa suprir as necessidades metabólicas dos explantes, participando na geração de energia ou como fonte de esqueletos carbônicos para os processos biossintéticos implicados na diferenciação celular. Maior porcentagem de germinação com a elevação da concentração de sacarose pode ser explicada pela maior disponibilidade de energia na forma de carboidrato. Resultados semelhantes foram obtidos com outras espécies no ajuste de diferentes componentes do meio de cultura, que observaram um acréscimo na porcentagem de germinação de grãos de pólen com o aumento da concentração de sacarose (XIE et al. 2004; CHAGAS et al. 2010).

A maioria dos autores afirma que o efeito da adição de sacarose na germinação de grãos de pólen deve estar relacionado ao equilíbrio osmótico da solução, além do maior fornecimento de energia necessária para o crescimento do tubo polínico (GALLETTA, 1983; STANLEY e LINSKENS, 1974). Kobayashi et al. (1991), avaliando a germinação de grãos de pólen *in vitro* de um híbrido de citros (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) obtiveram melhores resultados em meio de cultura contendo 200 g.L<sup>-1</sup> de sacarose. Por outro lado, Butt et al. (1993) obtiveram maior percentual de grãos de pólen germinados em meio de cultura contendo 150 g.L<sup>-1</sup> de glicose para várias espécies de citros. Derin e Eti (2001) observaram que maiores taxas para germinação de romã (*Punica granatum*) foram obtidas em meio de cultura contendo 10 g.L<sup>-1</sup> de sacarose. Dantas et al.

(2005), procurando identificar a viabilidade do pólen e o desenvolvimento do tubo polínico em macieira, concluíram que a sacarose em concentrações entre 15% e 25% pode ser empregada com sucesso para a germinação *in vitro* de grãos de pólen.

Quanto ao comprimento do tubo polínico, também houve diferença significativa ( $p > 0,0001$ ) para as fontes de variação genótipos e meios de cultura, bem como para a interação entre eles (Tabela 5). Em relação ao efeito dos meios de cultura para os genótipos estudados, observa-se na Tabela 4 que o meio M1 foi o que apresentou os resultados mais baixos para o comprimento do tubo polínico, sendo que a maioria dos genótipos não apresentou pólen germinado. Pode-se verificar também que os genótipos EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 41 e EBDA-MPA 43 só apresentaram resultados a partir do meio M5, mostrando que a ausência de sacarose inibiu completamente a germinação, ou seja, a sacarose é fator limitante para que haja emissão do tubo polínico para esses genótipos. A maioria dos trabalhos na literatura vem apontando, por sua vez, a sacarose como ingrediente estimulador necessário à germinação do pólen além de ser considerado como fonte de energia para o crescimento do tubo polínico (BALLOCH et al. 2001; SALLES et al. 2006).

De forma análoga à germinação de pólen *in vitro*, observou-se maior crescimento do tubo polínico em meio de cultura M5 (Figura 3 d) para a maioria dos genótipos estudados, à exceção do genótipo EBDA-MPA 26, que apresentou tubo polínico mais longo (0,236), no meio M7 e EBDA-MPA 18 nos meios M6 (0,182 mm), M9 (0,174 mm) e M10 (0,185 mm), os quais pertencem ao mesmo grupo (Tabela 4). O crescimento do tubo polínico é considerado fundamental para o pegamento de frutos, por conseguinte, para o desenvolvimento das sementes que, na mamona, é a parte de interesse comercial (SILVA et al., 2000).

**Tabela 4.** Comprimento do tubo polínico (mm) em genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em diferentes meios de cultura.

Genótipo	Meios de Cultura									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
EDBAMPA11	0,068 bE	0,121 bC	0,114 aD	0,109 bD	0,192 bA	0,155 cB	0,143 cB	0,130 cC	0,132 eC	0,125 dC
EDBAMPA17	0,000 cF	0,098 cE	0,103 bE	0,101 bE	0,237 aA	0,189 bB	0,170 bC	0,169 aC	0,196 aB	0,172 aC
EDBAMPA18	0,000 cE	0,100 cD	0,094 bD	0,095 cD	0,165 dB	0,182 bA	0,163 bB	0,156 bB	0,174 bA	0,185 aA
EDBAMPA26	0,000 cF	0,121 bD	0,124 aD	0,102 bE	0,213 bB	0,221 aB	0,236 aA	0,186 aC	0,184 bC	0,182 aC
EDBAMPA31	0,076 bD	0,117 bB	0,093 bC	0,092 cC	0,146 eA	0,137 dA	0,118 dB	0,146 bA	0,122 eB	0,128 dB
EDBAMPA34	0,000 cE	0,000 dE	0,000 cE	0,000 dE	0,118 fA	0,093 fB	0,101 eA	0,107 eA	0,069 hC	0,090 fB
EDBAMPA35	0,000 cF	0,125 bD	0,094 bE	0,121 aD	0,198 bA	0,159 cB	0,104 eE	0,137 cC	0,114 fD	0,154 bB
EDBAMPA36	0,078 bG	0,108 cF	0,089 bG	0,082 cG	0,198 bA	0,198 bA	0,177 bB	0,180 aB	0,160 cC	0,144 cD
EDBAMPA37	0,000 cF	0,132 aD	0,101 bE	0,087 cE	0,196 bA	0,168 cB	0,148 cC	0,179 aB	0,176 bB	0,158 bC
EDBAMPA38	0,000 cF	0,123 bD	0,128 aD	0,109 bE	0,204 bA	0,169 cD	0,155 cC	0,158 bC	0,174 bD	0,134 dD
EDBAMPA39	0,067 bE	0,100 cD	0,096 bD	0,117 aC	0,181 cA	0,153 cB	0,115 dC	0,116 dC	0,108 fC	0,108 eC
EDBAMPA40	0,000 cF	0,145 aC	0,089 bE	0,080 cE	0,185 cA	0,123 eD	0,115 dD	0,131 cC	0,143 dC	0,140 cC
EDBAMPA41	0,000 cD	0,000 dD	0,000 cD	0,000 dD	0,168 dA	0,145 dB	0,171 bA	0,144 bB	0,163 cA	0,121 dC
EDBAMPA42	0,089 aD	0,101 cC	0,079 bD	0,122 aB	0,183 cA	0,129 eB	0,119 dB	0,094 fC	0,111 fB	0,118 dB
EDBAMPA43	0,000 cD	0,000 dD	0,000 cD	0,000 dD	0,106 fA	0,086 fB	0,069 fC	0,086 fB	0,090 gB	0,090 fB
CV (%)	28,12									

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,01$ ).

M1 (0,0 g de sacarose, 0,0 g de  $H_3BO_3$ , 0,0 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,0 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,0 g de  $KNO_3$ ); M2 (0,0 g de sacarose, 0,1 g de  $H_3BO_3$ , 0,3 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,214 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,1 g de  $KNO_3$ ); M3 (0,0 g de sacarose, 0,2 g de  $H_3BO_3$ , 0,4 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,314 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,2g de  $KNO_3$ ); M4 (0,0 g de sacarose, 0,3 g de  $H_3BO_3$ , 0,5 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,414 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,3 g de  $KNO_3$ ); M5 (150 g de sacarose, 0,1 g de  $H_3BO_3$ , 0,3 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,214 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,1 g de  $KNO_3$ ); M6 (150 g de sacarose, 0,2 g de  $H_3BO_3$ , 0,4 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,314 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,2g de  $KNO_3$ ); M7 (150 g de sacarose, 0,3 g de  $H_3BO_3$ , 0,5 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,414 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,3 g de  $KNO_3$ ); M8 (200 g de sacarose, 0,1 g de  $H_3BO_3$ , 0,3 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,214 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,1 g de  $KNO_3$ ); M9 (200 g de sacarose, 0,2 g de  $H_3BO_3$ , 0,4 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,314 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,2g de  $KNO_3$ ); M10 (200 g de sacarose, 0,3 g de  $H_3BO_3$ , 0,5 g de  $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$ , 0,414 g de  $Mg(SO_4)_7 \cdot 7H_2O$  e 0,3 g de  $KNO_3$ ).

De acordo com Scorza e Sherman (1995) um bom pólen deve apresentar 50 a 80% de grãos germinados com tubo bem desenvolvido. Neste estudo, a maioria dos genótipos pode ser utilizada como genitor masculino em programas de melhoramento ou conservação em bancos de germoplasma, com restrição para o genótipo EBDA-MPA 17 que apresentou baixa germinabilidade de pólen, com variação de 0 a 51% de grãos de pólen germinados (Tabela 3). Tal comportamento pode ser explicado por vários fatores, como origem genética do material, as condições ambientais e o meio de germinação.

A germinação *in vitro*, embora forneça um sistema experimental controlado, não reproduz completamente o crescimento do tubo polínico *in vivo*, podendo ocorrer interações entre a composição de meio de cultura e os diferentes materiais vegetais. Entretanto, de acordo com Soares et al. (2008) a técnica de germinação *in vitro* apresenta resultados mais próximos aos que, provavelmente, ocorrem *in vivo* e, por isso, a importância de tê-la bem ajustada para cada espécie em estudo.

### **Testes histoquímicos**

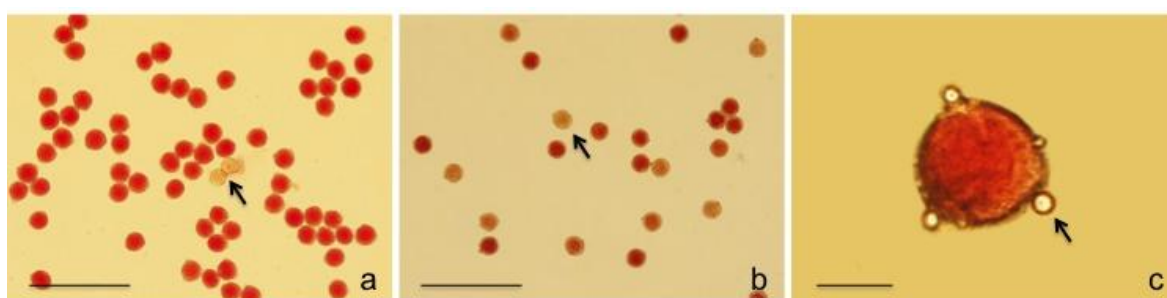
Os resultados da análise de variância revelaram diferenças significativas entre os fatores estudados, bem como a sua interação, embora as maiores amplitudes de variação realmente foram encontradas comparando-se os dois corantes (Tabela 5). A análise da viabilidade com carmim acético permitiu a formação de três grupos, sendo o primeiro constituído por onze genótipos: EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 que apresentaram viabilidade alta (acima de 96%). O segundo grupo compreendido pelos genótipos EBDA-MPA 26, EBDA-MPA 35 e EBDA-MPA 40 com 91,67%, 95% e 93,67% respectivamente. Já o terceiro e último grupo composto por apenas um genótipo, EBDA-MPA 18, com 64,66% de pólenes viáveis. Vale ressaltar que o corante carmim acético indica a integridade da cromatina e os pólenes na presença dessa substância ficaram corados de vermelho intenso, enquanto os inviáveis apresentaram-se transparentes (Figura 4 a). Os resultados encontrados no presente estudo corroboram aos obtidos por Vargas et al. (2009) que ao analisarem a viabilidade polínica em quatro cultivares

de mamoneira com uso do corante carmim acético e reportaram valores superiores a 86% de grão de pólen viáveis.

**Tabela 5.** Viabilidade de pólen de genótipos de mamona *Ricinus communis* L. pelo método colorimétrico.

Genótipos	Viabilidade (%)	
	Carmim	TTC
EBDAMPA11	98,67 aA	95,67 bB
EBDAMPA17	98,00 aA	60,00 eB
EBDAMPA18	64,67 cA	58,33 eA
EBDAMPA26	91,67 bB	99,00 aA
EBDAMPA31	96,67 aA	97,67 bA
EBDAMPA34	97,67 aA	77,67 dB
EBDAMPA35	95,00 bB	99,33 aA
EBDAMPA36	97,00 aA	87,00 cB
EBDAMPA37	96,33 aA	93,00 cA
EBDAMPA38	97,00 aA	73,00 dB
EBDAMPA39	97,00 aA	88,00 cB
EBDAMPA40	93,67 bA	95,00 bA
EBDAMPA41	98,33 aA	71,67 dB
EBDAMPA42	98,00 aA	98,33 aA
EBDAMPA43	99,33 aA	87,00 cB
Média	94,60	85,37
CV	3,09	

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na coluna e maiúscula na linha fazem parte do mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,01$ ).



**Figura 4.** Testes histoquímicos em grãos de pólen de mamoneira no genótipo EBDA-MPA 11. a) Aspecto do pólen corado com carmim acético, viáveis e inviáveis (seta). b) Grãos de pólen após coloração com TTC viáveis e inviáveis (seta). c) Presença de *pollenkitt* (seta) em grão de pólen viável corado com carmim acético. Barras: a, b = 200  $\mu\text{m}$ ; c = 20  $\mu\text{m}$ .

A viabilidade polínica do genótipo EBDA-MPA 17 utilizando carmim acético (98%) foi superestimada em comparação ao TTC, sendo este o que



apresentou a viabilidade (60%) mais próxima ao cultivo *in vitro* no melhor meio (M10), para este genótipo (51,50%). Já o genótipo EBDA-MPA 18, apresentou resultados de viabilidade com os corantes; semelhantes aos obtidos com o cultivo *in vitro* nos melhores meios, M8 (51,87%) e M9 (53,00%).

A viabilidade testada com o TTC permitiu a formação de cinco grupos de genótipos com variação de 58,33 a 99,00% (Tabela 5). Os grãos de pólen corados de vermelho claro foram considerados viáveis, enquanto os inviáveis apresentaram tonalidade acinzentada (Figura 4 b).

Observou-se a presença de liberação de exudato na exina (superfície externa) dos grãos de pólen de mamoneira, que provavelmente trata-se de uma substância lipofílica chamada *pollenkitt* (Figura 4 c), muito comum em Euphorbiaceae (Vargas et al., 2009) que, dentre outras funções, atua como protetora, minimizando a desidratação do grão de pólen e, conseqüentemente, a perda de viabilidade nesta espécie, adesão dos grãos ao estigma, atração de polinizadores pela coloração e volatilização de compostos, dentre outros (Souza et al., 2004).

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que os genótipos apresentaram comportamentos diferentes entre os corantes, sendo que a viabilidade foi superestimada com o uso do carmim acético, visto que a maioria dos genótipos apresentaram valores superiores a 90%. Segundo Souza et al. (2002) a viabilidade polínica é considerada alta para valores acima de 70%, sendo que esses percentuais não causariam danos em trabalhos de melhoramento da espécie.

Resultados semelhantes foram observados por Munhoz et al. (2008) na cultura do mamão, onde o carmim acético superestimou a viabilidade polínica quando comparado ao TTC 25%. Koshy e Jee (2001) verificaram que o corante carmim acético superestimou a viabilidade em *Bambusa vulgaris* em 50% quando comparado ao TTC. Resultados de pesquisa mostram que os corantes carmim acético e a solução de Alexander, por refletirem somente a integridade de estruturas celulares, (núcleo e membrana plasmática) (BÁEZ et al., 2002; PLINE et al., 2002), podem resultar em falso positivo.

Nesta pesquisa ficou evidente que a avaliação de fertilidade pelo uso do corante TTC foi mais confiável para estimar a viabilidade polínica, pois os resultados foram próximos aos obtidos *in vitro*. Esse corante reflete a atividade de

enzimas desidrogenases envolvidas na atividade respiratória de tecidos vivos. A atividade enzimática do grão de pólen é associada à sua capacidade de germinação (DERIN e ETI, 2001). Quando o TTC reage com o hidrogênio produzido pela respiração celular dá ao pólen uma coloração vermelha (HOEKSTRA e BRUINSMA, 1975). Diversos autores argumentam que o teste do TTC é uma estimativa confiável da viabilidade polínica, estando próxima àquela fornecida pelos testes de germinação *in vitro* (BOLAT e PIRLAK, 1999; HUANG et al. 2004). Além disso, o TTC é muito utilizado por ser um método relativamente rápido.

As porcentagens de germinação e de viabilidade do pólen estão diretamente relacionadas (BOLAT e PIRLAK, 1999; SCORZA e SHERMAN, 1995). Entretanto, há observações de que o método do corante superestima a porcentagem de germinação do pólen, enquanto o teste *in vitro* a subestima (GALLETTA, 1983; TECHIO, 2002). Einhardt et al. (2006), após comparação de métodos para testar a viabilidade de pólen de pessegueiro, concluíram que a utilização da germinação *in vitro* fornece resultados satisfatórios em relação à germinação *in vivo*, e a coloração por carmim propiônico superestima a porcentagem de polens viáveis.

Entretanto, por meio do teste de germinabilidade polínica é possível acompanhar de forma realista o estado dos gametas masculinos quanto ao tempo de crescimento e quantidade de grãos de pólen potencialmente viáveis. De acordo com Mendes (1994), a técnica de germinação *in vitro* é aquela que apresenta resultados mais próximos aos que, provavelmente, ocorrem *in vivo*. Para Souza et al. (2002) a eficiência na fertilização está relacionada tanto à viabilidade quanto à germinação polínica e é crucial para o sucesso no melhoramento genético.

## CONCLUSÕES

Os genótipos apresentam semelhança na morfologia polínica, diferindo apenas na forma, classificando-os como oblato-esferoidal e prolato-esferoidal.

Os meios M5 e M8 são os mais eficientes na germinabilidade dos grãos de pólen dos genótipos analisados.

O meio de cultivo M5 favorece o desenvolvimento do tubo polínico nos genótipos EBDA-MPA 17, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 35, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 40, EBDA-MPA 42, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 31, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 43.

Os meios M1, M2, M3, M4, utilizados para avaliação da germinação *in vitro* de pólen de mamona, não são adequados, por apresentar baixo percentual de germinação para todos os genótipos, contrapondo-se à estimativa de viabilidade por meio dos corantes, que excedeu 90%.

Os grãos de pólen de mamona apresentaram alto percentual de viabilidade polínica na antese com os corantes carmim acético e 2,3,5, Cloreto de Trifeniltretazólio (TTC), ocorrendo variações neste percentual em relação aos genótipos estudados.

O corante 2,3,5, Cloreto de Trifeniltretazólio (TTC) pode ser utilizado com eficiência para estimar a viabilidade de pólen de mamoneira.

Todos os genótipos estudados podem ser utilizados como parental masculino em programas de melhoramento já que apresentam altos índices de viabilidade de pólen.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAÉZ, P., RIVEROS, M., LEHNEBACH, C. Viability and longevity of pollen of *Nothofagus* species in south Chile. *New Zealand Journal of Botany*, v. 40, p. 671-678, 2002.

BALLOCH, M. J.; A. R.; LAKHO, H.; BHUTTO; M. Y. SOLANGI. Impact of sucrose concentrations on *in vitro* pollen germination of Okra, *Hibiscus esculentus*. *Pakistan Journal Biologic Science*, v. 4, p. 402-403, 2001.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Direcionamento dos resíduos e coprodutos da fabricação do biodiesel a partir de mamona e pinhão manso. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v.18, n.4, p.613-619, 2009.

BENZING, D.H. *Bromeliaceae: profile an adaptive radiation*. Cambridge: Cambridge University, 2006. 690p.

BHATTACHARYA, A.; MANDAL, S. Pollination biology in *Bombax ceiba* Linn. **Current Science**, v. 79, n.12, p. 1706-1712, 2000.

BOLAT, Y.; PIRLAK, L. An investigation on pollen viability, germination and tube growth in some stone fruits. **Turkish Journal of Agriculture Forestry**, v. 23, p. 383-388, 1999.

BUTT, S. J.; YUSUF, A.; ALI, S.; KHAN, M. A. In-vitro studies on viability and germination of pollen in various citrus species. **Pakistan-Journal-of-Scientific-and-Industrial-Research**, Rawalpindi, v. 36, n. 10, p. 432-434, 1993.

CHAGAS, E. A.; PIO, R.; CHAGAS, P. C.; PASQUAL, M.; BETTIOL NETO, J. E. Composição de meio de cultura e condições ambientais para germinação de grãos de pólen de porta-enxertos de pereira. **Ciência Rural**, v. 40, p. 231-236, 2010.

CRACRAFT, J. Species concepts in theoretical and applied biology: a systematic debate with consequences. In: WHEELER, Q. D. & MEIER, R. (Eds.) **Species Concepts and Phylogenetic Theory**, Columbia University Press, New York, 2000. p. 3-14.

DAFNI, A. Pollination ecology: a practical approach (**the practical approach series**). New York: University Press, 1992. 250 p.

DANE, F.; EKICI, N. Pollen tube growth of *Paeonia tenuifolia* L. (Paeoniaceae) *in vitro* and *in vivo*. **Bangladesh Journal of Botany**, v. 40, p. 93-95, 2011.

DANTAS, A. C. M.; PEIXOTO, M. L.; NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. Viabilidade do pólen e desenvolvimento do tubo polínico em macieira (*Malus spp.*) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v.27, n.3, p. 356-359, 2005.

DERIN, K.; ETI, S. Determination of pollen quality, quantity and effect of cross pollination on the fruit set and quality in the pomegranate. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 25:169-173. 2001.

EINHARDT, P. M.; CORREA, E. R.; RASEIRA, M. do C. B. Comparação entre métodos para testar a viabilidade de pólen de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 5-7, 2006.

FAKHIM, R. S.; HAJILOU, J.; ZAARE, N. F. Pollen germination and pistil performance in several Iranian peach cultivars. **International Journal of Agriscience**, v 1, p. 71-77, 2011.

FERREIRA, D. F. Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. **SISVAR Versão 4.3**. Lavras: UFLA, 2002.

FRANZÓN, R. C.; CORRÊA, E. R.; RASEIRA, M. C. B. *In vitro* pollen germination of feijoa (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). **Crop Breeding and Applied Biotechnology** v. 5, p. 229-233, 2005.

FRANZÓN, R. C.; RASEIRA, M. C. B. Germinação *in vitro* e armazenamento do pólen de *Eugenia involucrata* DC (MYRTACEAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.18-20, 2006.

GALLETTA, G. J. Pollen and seed management. In: MOORE, J.N.; JANICK, J. (Ed.). **Methods in fruits breeding, Indiana**: Purdue University press., 1983. p. 23-47 .

HESSE, M.; HALBRITTER, H.; ZETTER, R.; WEBER, M.; BUCHNER, R.; FROSCH-RADIVO, A.; ULRICH, S. **Pollen terminology**. An illustrated handbook. Vienna: Springer, 2009. 264p.

HOEKSTRA, F.A.; BRUINSMA, J. Respiration and vitality of binucleate and trinucleate pollen. **Plant Physiology** 34:221-225,1975.

HUANG, Z.; ZHU, J.; MUX, LIN, J. Pollen dispersion, pollen viability and pistil receptivity in *Leymus chinensis*. **Annals of Botany**, v. 93, p. 295-301, 2004.

IMANI, A.; KAZEM, B.; SAEED, P.; SEIYED, H. M. Storage of apple pollen and *in vitro* germination. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 624-629, 2011.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. **Techniques for pollinations biologists**. Niwot. Colorado: University Press of Colorado, 1993. 579 p.

KOBAYASHI, S.; OIYAMA, I.; YOSHINAGA, K.; OHGAWARA, T.; ISHII, S. Fertility in an intergeneric somatic hybrid plant of Rutaceae. **HortScience**, Hiroshima, v. 26, n. 2, p. 207, 1991.

KOPP, R. F.; MAYNARD, C. A.; NIELLA, P. R.; SMART, L. B.; ABRAHAMSON, L. P. Collection and storage of pollen from salix (Salicaceae). **American Journal of Botany**, v. 89, n. 2, p. 248-252, 2002.

KOSHY, K. C.; JEE, G. Studies on the absence of seed set in *Bambusa vulgaris*. **Current Science**, v. 81, p. 375-378, 2001.

KOZAI, N.; KATAOKA, I.; CHUSRI, O.; YONEMOTO, Y.; OGATA, T. Improvement of artificial medium for passionfruit pollen germination. **Acta Horticulturae**, v. 787, 2008.

MARCELLÁN, O.N.; CAMADRO, E.L. The viability of asparagus pollen after storage at low temperatures. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.67, p.101-104, 1996.

MARTINS, K. C.; PEREIRA, T. N. S.; SOUZA, S. A. M.; COSTA, F. R. Meiose e viabilidade polínica em acessos de *Capsicum annum* e *Capsicum baccatum*. **Ciência Rural**, v.40, p.1746-1751, 2010.

MENDES, M. DA S. **Viabilidade do grão de pólen de *Solanum spp.*** Pelotas: UFPel, 1994. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitomelhoramento) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 1994.

MORTAZAVI, S. M. H.; ARZANI, K.; MOIENI, A. Optimizing Storage and *In vitro* Germination of Date Palm (*Phoenix dactylifera*) Pollen. **Journal of Agriculture, Science and Technology**, v. 12, p. 181-189, 2010.

MOUTINHO A, CAMACHO L, HALEY A, SALOME PAIS M, TREWAVAS A, MALHO R. Antisense perturbation of protein function in living pollen tubes. **Sex Plant Reprod**, v. 14, p. 101-104, 2001.

MUNHOZ, M.; LUZ, C. F. P.; MEISSNER FILHO, P. E.; BARTH, O. M. REINERT, F. Viabilidade polínica de *Carica papaya* L.: uma comparação metodológica. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 209-214, 2008.

OLIVEIRA, M. S. P.; MAUÉS, M. M.; KALUME, M. A. A. Viabilidade de pólen *in vivo* e *in vitro* em genótipos de açaizeiro. **Acta Botânica Brasilica**, São Carlos, v.15, n.1, p.63-67, 2001.

OLIVEIRA, I. J. & ZANOTTO, M. D. Eficiência da seleção recorrente para redução da estatura de plantas em mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1107-1112, 2008.

PARTON, E.; VERVAEKE, I.; DELEN, R. et al. Viability and storage of bromeliad pollen. **Euphytica. Belgium**, v.125, n.2, p.155-161, 2002.

PFAHLER, P. L.; PEREIRA, M. J.; BARNETT, R. D. Genetic variation for *in vitro* sesame pollen germination and tube growth. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 95, p. 1218-1222, 1997.

PLINE, W. A.; EDMISTEN, K. L.; OLIVER, T.; WILCUT, J. W.; WELLS, R.; ALLEN, N. S. Use of digital image analysis, viability stains, and germination assays to estimate conventional and glyphosate-resistant cotton pollen viability. **Crop Science**, v. 42, p. 2193-2200, 2002.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE, THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v. 143, p. 1-81, 2007.

RAYNAL, A.; RAYNAL, J. Une technique de préparation des grains de pollen fragiles. **Adansonia**, v.2, n.11, p.77-79, 1979.

SALLES, L. A.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; JUNQUEIRA, K. P.; SILVA, A. B. Sacarose e pH na germinação *in vitro* de grãos de pólen de citros. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 30, p. 170-174, 2006.

SATISH, D.; RAVIKUMAR, R. L. Standardization of *in vitro* pollen germination media in selected varieties of cotton and tomato. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, p. 317-319, 2010.

SAVY-FILHO, A. **Mamona**: Tecnologia agrícola. Campinas: EMOPI, 2005, 105 p.

SCORZA, R.; SHERMAN, W. B. PEACHES. In: JANIK J.; MOORE, J.N. (Ed.). **Fruit breeding**. New York: John & Sons, p.325-440, 1995.

SHARMA, A. K.; SHARMA, A. **Chromosome techniques**. Switzerland: Harwood Academic Publishers, 1994. 367 p.

SHIVANNA, K. R.; JOHRI, B. M. **The angiosperm pollen: structure and function**. New Dehli: Wiley Eastern, 1985. 374 p.

SHIVANNA, K. R.; RANGASWAMY, N. S. **Pollen biology**. A laboratory manual. Berlin/New York: Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1992, 119 p.

SILVA, M. M.; BRUCKNER, C. H.; PIKANÇO, M.; CRUZ, C. D. Fatores que afetam a germinação do grão de pólen do maracujá: meios de cultura e tipos de agrotóxicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 347-352, 1999.

SILVA, A.C.T.F.; LEITE, I.C.; BRAZ, L.T. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.2, p.156-165, 2000.

SINIMBU NETO, F. A.; MARTINS A. B. G.; BARBOSA, J. C. Viabilidade *in vitro* de grãos de pólen de bacurizeiro - Clusiaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 593-600, 2011.

SOARES, T. L.; SILVA, S. O.; COSTA, M. A. P. C.; SANTOS-SEREJO, J. A.; SOUZA, A. S.; LINO, L. S. M.; SOUZA, E. H.; JESUS, O. N. *In vitro* germination and viability of pollen grains of banana diploids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 111-118, 2008.

SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; MARTINS, E. R. Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 1209-1217, 2002.

SOUZA, M. M.; PEREIRA, T. N. S.; VIANA, A. P.; SILVA, L. C.; SUDRÉ, C. P. Pollen viability and fertility in wild and cultivated *Passiflora* species (Passifloraceae). **Beitrag zur Biologie der Pflanzen**, v. 73, p. 1-18, 2004.

SOUSA, R. F.; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. N.; FERNANDES, M. F.; SANTOS, M. J. Aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura



da mamona (*Ricinus communis*). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, 1º semestre, v. 4, n. 001, 2004.

STANLEY, R. G.; LINSKENS, H. F. **Pollen: biology, biochemistry, management**. New York: Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1974. 307p.

TECHIO, V. H. **Meiose e análise genômica em *Pennisetum* spp.** 2002. 104 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2002.

TUINSTRA, M. R.; WEDEL, J. Estimation of pollen viability in grain sorghum. **Crop Science**, v. 40, p. 968–970, 2000.

VARGAS, D. P.; SOUZA, S. A. M.; ANJOS e SILVA, S.D.; BOBROWSKI, V.L. Análise dos grãos de pólen de diferentes cultivares de manona *Ricinus communis* L., Euphorbiaceae: conservação e viabilidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.76, n.1, p.115-120, 2009.

XIE, S.; LUO, X.; WU, Y.; LOVATT, C. J. (2004) Pollen viability of Asian pear and effect of PGR, B and sucrose on germination and pollen tube development. **Journal of Fruit Science** 21: 289-294.

## **CAPÍTULO 4**

### **GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONEIRA SOB ESTRESSE SALINO<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup> Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico: Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

# GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DA MAMONEIRA SOB ESTRESSE SALINO.

AUTOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO-ORIENTADORA: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a influência da salinidade na germinação de sementes e no crescimento inicial de plântulas de mamoneira. Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 7 x 4, sendo sete genótipos de mamoneira (IAC 226, IAC 80, IAC 2028, IAC Guarani, BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11) e quatro níveis de salinidade (CEs 0,0; 2,5; 4,5 e 6,5 dS m<sup>-1</sup>), obtida pela dissolução de KCl, com quatro repetições. Avaliou-se a emergência a partir do terceiro dia, mediante contagem do número de plântulas emergidas, finalizando ao décimo quinto dia após semeadura, tendo como critério a emergência do epicótilo na superfície do recipiente e o índice de velocidade de emergência de plântulas. Para avaliação do efeito salino foram analisados os caracteres: altura da planta, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da planta, razão parte aérea/raiz e área foliar. As avaliações foram realizadas até os 40 dias após o plantio. Os dados foram submetidos à análise de variância, com estudo de teste de média e regressão polinomial. O incremento da condutividade elétrica da solução causa redução na porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência da mamoneira, altura da planta, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da planta, razão parte aérea/raiz e área foliar. Os genótipos IAC 226, IAC 2028, IAC 80 e IAC Guarani, apresentaram menos tolerantes à salinidade na condutividade elétrica da solução CEs 2,5 dSm<sup>-1</sup>, para comprimento da raiz principal e massa seca da raiz. O genótipo que apresentou maior tolerância ao incremento da condutividade elétrica da solução foi o BRS Nordestina e o de menor tolerância foi o EBDA-MPA 11.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L., condutividade elétrica, tolerância.

# SEED GEMINATION, PLANTLET VIGOR AND INITIAL DEVELOPMENT OF CASTOR-BEAN UNDER SALT STRESS

AUTHOR: Maria Selma Alves Silva Diamantino

ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Sc. Maria Angélica Pereira de Carvalho Costa

CO- ADVISER: Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to evaluate the influence of salinity in the germination of seeds and initial growth of plantlets from castor-bean genotypes. The experiment was carried out in randomized complete blocks in 7 x 4 factorial scheme with seven plants and four concentrations of potassium chloride (CEs 0.0; 2.5; 4.5 and 6.5 dS m<sup>-1</sup>) and four replicates. The evaluations were carried out up to 40 days after plating. For evaluating the saline effect, the following characteristics were analyzed: plant height, stem diameter, length of principal root, dry matter of aerial part, plant dry matter, aerial part/root ratio and leaf area. Plant emergence was evaluated from the third day by counting the number of plants emerged, finalizing at the fifteenth day after sowing; with the epicotyl emergence at the surface of the pot and the speed of plantlet emergence index used as criteria. Data were submitted to analysis of variance with average tests and polynomial regression. The increment of the electric conductivity of the solution decreases the percentage of emergence, speed of emergence index, plant height, stem diameter, length of principal root, root dry matter, aerial part dry matter, plant dry matter, aerial part/root ratio and leaf area of castor-beans. Electric conductivity of the solution equal or greater than 4.5 dSm<sup>-1</sup> were most detrimental to the development of the genotypes. The IAC 226, IAC 2028, IAC 80 and Guarani genotypes were less sensitive to electric conductivity of the solution at 2.5 dSm<sup>-1</sup>, for length of principal root and root dry matter. BRS-Nordestina presented highest tolerance to the increment of the electric conductivity of the solution and EBDA MPA 11 the lowest tolerance.

**Key-words:** *Ricinus communis* L., electric conductivity, salinity, tolerance.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.), espécie da família Euphorbiaceae, é uma planta cuja dispersão e adaptação às diferentes regiões do mundo, dificulta a identificação de sua origem, sendo encontrada vegetando bem em países tropicais, subtropicais e até mesmo em países de clima temperado, sendo muito variável no hábito e na aparência (GRIEVE, 2011). Apresenta potencial de exploração econômica no nordeste brasileiro, devido às suas características de xerofilismo e heliofilismo. Sua importância para a região se baseia, também, no fato de ser fixadora de mão-de-obra e geradora de emprego, uma alternativa para a agricultura de áreas semiáridas (AZEVEDO; LIMA, 2001),

O óleo extraído das sementes desta euforbiácea, óleo de rícino, possui uma enorme versatilidade química no ramo industrial, podendo ser utilizado em rotas de síntese para uma grande quantidade de produtos, com aplicação na área de cosméticos, lubrificantes, polímeros, entre outros. Pode também ser substituído do petróleo na síntese de produtos, como no caso do biodiesel, que substitui o diesel mineral (CHIERICE; CLARO NETO, 2001).

A salinidade é um dos principais fatores que reduzem a produtividade das culturas no mundo. No Brasil, além da região nordeste, há solos salinos no Rio Grande do Sul e no Pantanal Mato-grossense (RIBEIRO; BARROS; SANTOS, 2009). Segundo os mesmos autores, os solos salinos ocupam cerca de 160.000 km<sup>2</sup>. A maior parte dessa área situa-se no Estado da Bahia (44% do total), seguido pelo Ceará, com 26% do total. O problema da salinidade ocorre com mais frequência nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste brasileiro, favorecido naturalmente pelas baixas precipitações, altas taxas de evaporação, e acelerado pela presença de sais na água de irrigação (DJILIANOV et al., 2003).

A disponibilidade mundial de água doce para irrigação está diminuindo em razão da crescente competição com o desenvolvimento urbano e industrial, de forma que o uso de água de qualidade inferior para irrigação torna-se um desafio. Para a utilização dessas águas de qualidade inferior na agricultura, deve-se utilizar um manejo racional, por meio de alternativas economicamente viáveis, de modo que a cultura desenvolva a produtividade esperada, boa qualidade dos produtos e com mínimos riscos pelo efeito de salinização dos solos (MEDEIROS et al., 2007).

A tolerância à salinidade é variável entre espécies e, mesmo em uma espécie, entre estádios de desenvolvimento. Em cada fase a tolerância é controlada por mais de um gene e altamente influenciada por fatores ambientais (FLOWERS, 2004; FLOWERS; FLOWERS, 2005). Entretanto, os efeitos dependem, ainda, de outros fatores, como cultivar, estágio fenológico, tipo de sais, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (TESTER; DAVÉNPORT, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A mamoneira apresenta diferentes respostas à salinidade, diferindo inclusive entre genótipos dentro da espécie (RAGHAVIAH et al., 2006). Essa variabilidade genética permite a seleção de cultivares mais tolerantes, capazes de atingir rendimentos economicamente viáveis, em condições de salinidade elevada. Na fase inicial de desenvolvimento, as plantas são mais sensíveis à salinidade (AYERS; WESTCOT, 1991).

Em geral, a germinação, desenvolvimento e crescimento inicial das plântulas são os estádios críticos da produção das plantas sob condições salinas, sendo necessário um conhecimento e uma análise do comportamento, seja entre espécies, ou entre cultivares de uma mesma espécie, visando um estande satisfatório de plantas em áreas salinizadas.

O uso de águas salinas na irrigação para a produção vegetal é um desafio que vem sendo superado com sucesso em diversas partes do mundo, graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação (RHOADES; KANDIAH; MASHALI, 2000).

Embora se desenvolva bem em ambientes de solos secos e mal drenados, a mamoneira tem o seu rendimento afetado quando submetida a estresses salinos. De acordo com Souza et al. (2010), a salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas, o que denota a importância de estudo do comportamento de genótipos dessa espécie aos diferentes níveis de sais no ambiente em que se encontram, uma vez que com o advento das mudanças climáticas, impõe a esta uma maior adaptação aos seus efeitos. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade sobre a germinação de sementes, porcentagem de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas e o crescimento inicial de plântulas de genótipos de mamona.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), município de Cruz das Almas, BA.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 7 x 4, com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por cinco plantas e a unidade experimental representada por cinco sacos de polietileno contendo uma planta cada. Os tratamentos resultaram da combinação de sete genótipos de mamona: IAC 226, IAC 80, IAC 2028, IAC Guarani, BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11, com quatro diferentes níveis de salinidade  $\text{dS m}^{-1}$  da solução (0,0; 2,5; 4,5 e 6,5  $\text{dS m}^{-1}$ ), que foram obtidos pela dissolução do cloreto de potássio (KCl) em água proveniente da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A (EMBASA) . A quantidade de KCl utilizada no preparo das soluções foi determinada de forma a se obter a condutividade elétrica da respectiva concentração salina.

Como substrato, foi utilizado 1000g de terra vegetal (substrato comercial da Vivato Slim) em saco plástico com capacidade para 1000g. Para o plantio, utilizaram-se sementes de mamona do Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA). A semeadura de cada genótipo foi realizada colocando-se três sementes por recipiente, distribuídas em triângulo, com profundidade de aproximadamente dois centímetros. Antes da semeadura, as sementes foram embebidas em água deionizada por 18 horas. O substrato contendo as sementes foi umedecido com as respectivas soluções salinas até o início da emergência das plântulas, e posteriormente com água, ambas, de modo a manter o teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo. Após dez dias, realizou-se o desbaste, deixando apenas a plântula mais vigorosa por recipiente.

Diariamente, avaliou-se a emergência da plântula, a partir do terceiro dia após semeadura (DAS) até o décimo quinto dia, mediante contagem do número de plântulas emergidas, tendo como critério a emergência do epicótilo na superfície do recipiente. Para a aferição do índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE), realizaram-se contagens diárias de emergência, e os cálculos foram feitos utilizando-se a Equação 1, descrita abaixo, em que os valores de  $\Sigma$

correspondem ao número de plantas germinadas na primeira, segunda, terceira contagens e nas subseqüentes, até a última, enquanto os valores de N correspondem ao número de dias da semeadura até a primeira, segunda e última contagens, de acordo com a metodologia contida em Brasil (2009).

$$\text{IVE (plântulas dia}^{-1}\text{)} = \frac{\sum 1}{N_1} + \frac{\sum 2}{N_2} + \dots + \frac{\sum =}{N =} \quad (1)$$

Para avaliação do efeito salino, aos 40 dias após a emergência da plântula, foram analisadas as seguintes variáveis: a) altura da planta (AL), determinada com auxílio de régua graduada em cm, medindo-se do colo da planta até a base da última folha emitida; b) diâmetro do caule (DC), determinado com o uso de paquímetro digital no terço médio do caule (mm); c) comprimento da raiz principal, determinado com auxílio de régua graduada em cm; d) massa seca da raiz (g); e) massa seca da parte aérea (g); f) massa seca da planta (g); g) razão parte aérea raiz, determinada pelo quociente entre massa seca da parte aérea e massa seca de raiz e h) área foliar (dm<sup>2</sup>), determinada segundo a metodologia proposta por Severino et al. (2005) utilizando-se a equação abaixo:

$S = 0,2439 \times (P + T)^{2,0898}$ , sendo S a área foliar, P o comprimento da nervura principal da folha e T a média do comprimento das nervuras laterais.

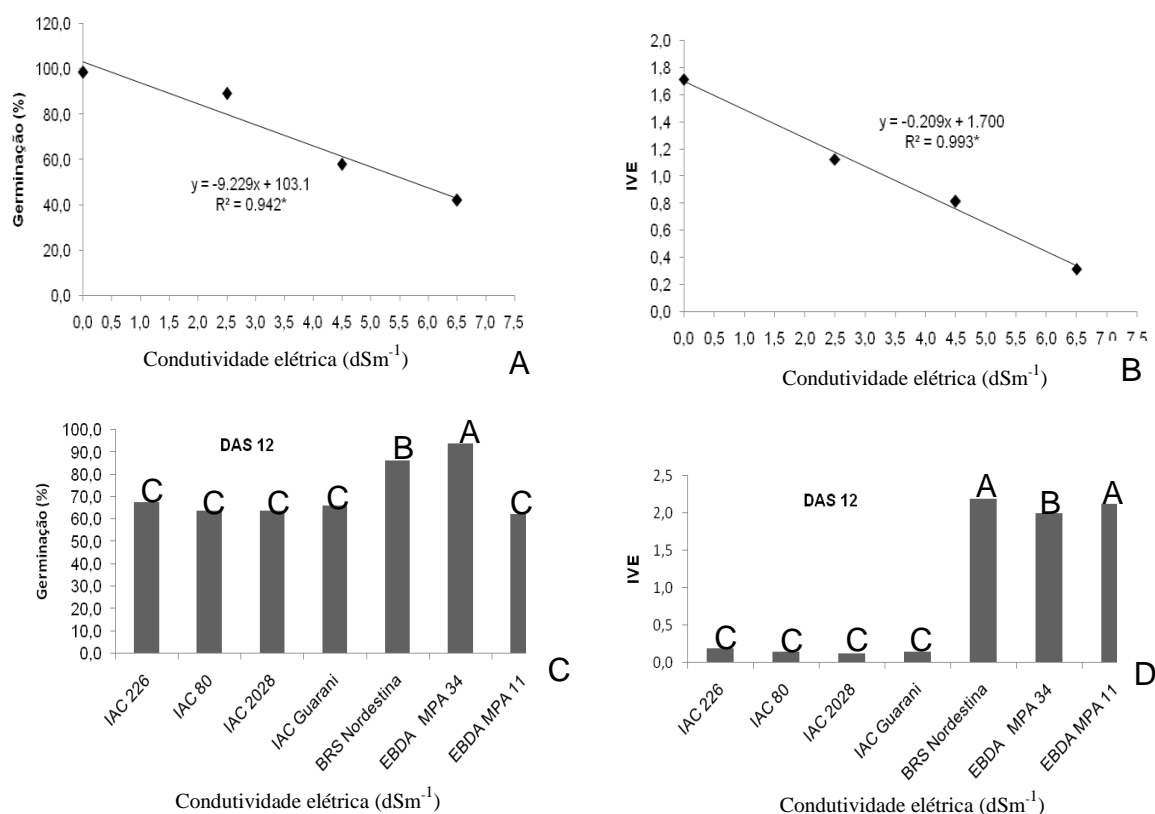
Para determinação da matéria seca da parte aérea e das raízes, as plantas foram coletadas das unidades experimentais, lavadas e separadas em raízes e parte aérea. Esse material vegetal foi acondicionado em sacos de papel, previamente identificados e colocados em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingir massa constante, quando determinou-se a biomassa seca das diferentes partes das plantas utilizando balança digital de precisão (0,01 g).

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, com estudo de teste de média e regressão polinomial. As médias foram comparadas pelo Teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de probabilidade, para os genótipos e o Teste de Tukey para o estudo do efeito das concentrações salinas na solução. Os dados de massa seca e de porcentagem de germinação foram transformados para  $\sqrt{x} + 1$  e  $\text{arc sen} (\sqrt{x/100})$  respectivamente, antes da análise estatística. Utilizou-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2002) para análise dos dados.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da salinidade da solução de KCl teve efeito significativo no processo germinativo das sementes de mamona; avaliado pela germinação e pelo índice de velocidade de emergência de plântulas. Verificou-se uma correlação negativa entre as concentrações crescentes do sal nas soluções, com redução de 60,91% na porcentagem de germinação e 84,96% no índice de velocidade de emergência, para cada aumento de 1,0 unidade da CE. Verificou-se que a menor porcentagem de germinação ocorreu nas soluções salinas com maior salinidade (4,5 e 6,5 dSm<sup>-1</sup>) (Figuras 1A e 1B), o que provavelmente afetou o processo de embebição e a hidrólise das substâncias de reserva das sementes. Potenciais osmóticos muito negativos atrasam e diminuem a germinação. Resultados semelhantes foram obtidos por Rhoades et al. (2000); Mendes et al. (2010); Silva et al. (2011) em mamona, SOUZA et al. (2010) com pinhão manso e DANTAS et al. (2011) em cártamo, *Carthamus tinctorius* L.



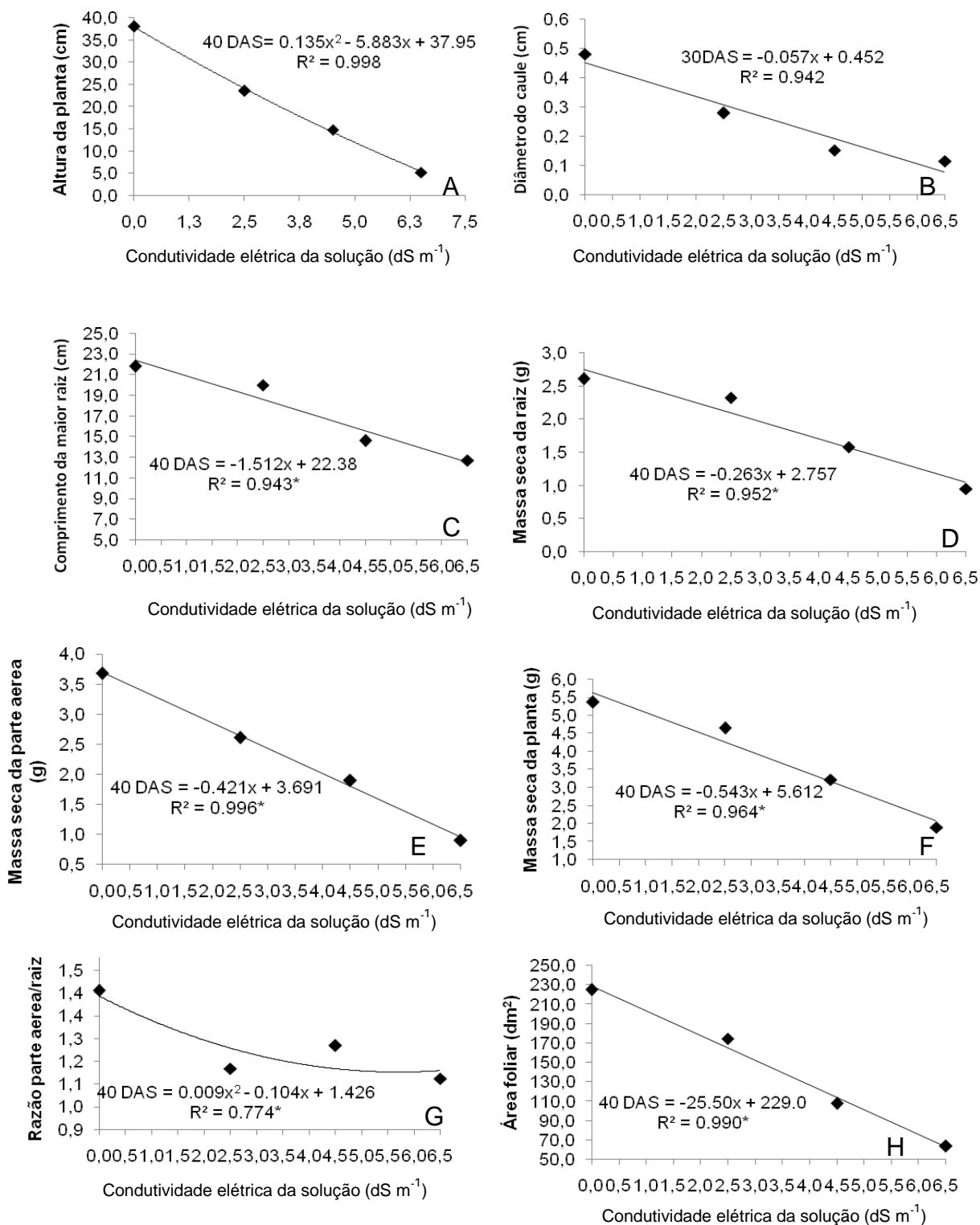
**Figura 1.** Porcentagem de germinação (A e C) e Índice de velocidade de emergência de plântulas (B e D) de genótipos de mamoneira, submetidos ao estresse salino com diferentes níveis de salinidade.\*Significativo em nível de 5% de probabilidade. Colunas seguidas das mesmas letras maiúsculas pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os genótipos IAC 226, IAC 80, IAC 2028, IAC Guarani e EBDA-MPA 11 apresentaram menor porcentagem de germinação, formando apenas um grupo. Quanto ao índice de velocidade de emergência, as maiores médias foram observadas para os genótipos BRS Nordestina e EBDA-MPA11, formando um grupo, seguido do genótipo EBDA-MPA 34. Este grupo 1 apresentou uma maior porcentagem de germinação (Figuras 1A e 1C), denotando que os genótipos comportaram-se de maneira diferentes nos diferentes níveis de salinidade estudados.

Além do efeito da salinidade na germinação e IVE, houve efeito significativo dos níveis de salinidade da solução sobre a altura da planta, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, relação parte aérea/raiz e área foliar (Figura 2). Constata-se comportamento linear decrescente, com decréscimos relativos entre as plantas submetidas a CEs de  $0,0 \text{ dSm}^{-1}$  com as de  $6,5 \text{ dS m}^{-1}$ , de 6,71 %, para altura, por incremento unitário da CEs (Figura 2A) implicando em redução de 87,23% (32,56 cm).

O decréscimo relativo entre as plantas de CEs de  $0,0 \text{ dSm}^{-1}$  com as de  $6,5 \text{ dS m}^{-1}$ , foi de 6,30 %, (Figura 2B) para o diâmetro do caule, 6,99% para comprimento da raiz (Figura 2C), 10,02%, para massa seca da raiz (Figura 2D), 12,09% para massa seca da parte aérea (Figura 2E), 10,67% para massa seca da planta (Figura 2F), e 11,79% para área foliar (Figura 2H), por incremento unitário da CEs, ou seja, redução 81,96% (0,37 mm); 43,94% ( 22,38cm), 62,01% (1,71g), 74,13 (2,73g), 66,09 (3,53g) e 70,75 ( $153 \text{ dm}^{-2}$ ), respectivamente, o que denota a sensibilidade da mamoneira à salinidade, nas concentrações estudadas.

Para o parâmetro razão parte aérea/raiz, conforme modelo de regressão, resposta quadrática (Figura 2G), quanto maior a concentração salina, menor a massa seca da raiz, elevando, portanto, a relação entre parte aérea e raiz, o que denota comprometimento do desenvolvimento do sistema radicular.



**Figura 2.** Efeito das concentrações de cloreto de potássio na altura da planta (cm) (A), diâmetro do caule (mm) (B), comprimento da maior raiz (cm) (C), massa seca da parte aérea (g), (D) e raiz (E), massa seca da planta (g) (F), relação parte aérea e raiz (G) e área foliar (dm<sup>2</sup>) (H) de genótipos de mamoneira, após quarenta dias da emergência, submetidos a diferentes níveis de salinidade. \*Significativo em nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram relatados para 'BRS Energia', CE 0,4 a 4,4 dS m<sup>-1</sup> (SOARES et al., 2012), 'BRS-149 Nordeste', CE 0,7, 1,7, 2,7, 3,7 e 4,7 dS m<sup>-1</sup> (CAVALCANTI et al. 2004) e girassol, CE 0,5 a 4,9 dS m<sup>-1</sup> (NOBRE et al., 2010), quando verificaram redução da massa seca da parte aérea em função do aumento da CEs, com decréscimos de 12,69%, 6,0% e 5,6 a 5,7%, respectivamente. Lima et al. (2012) verificaram que o estresse salino a partir de 0,4 dS m<sup>-1</sup> afetou de forma linear e negativa a cultivar BRS Energia em relação à taxa de crescimento absoluto, altura de planta, área foliar, número de folhas, fitomassa seca das folhas e parte aérea, número de frutos e sementes, massa de sementes, massa seca do racemo secundário e o índice de colheita, sendo a massa de sementes a variável mais sensível.

O aumento da concentração de sais determina redução no potencial hídrico e conseqüentemente uma menor capacidade de absorção de água pelas sementes, resultando em baixa capacidade germinativa e desenvolvimento das plântulas (ZHANG et al. (2010); NAWAZ et al. (2010); SOUZA et al. (2010)). Lacerda et al. (2009) verificaram significativas reduções na taxa de crescimento relativo, fitomassa da parte aérea, área foliar e razão de área foliar, para a mamoneira Paraguaçu, sob condição de baixa disponibilidade de água.

A salinidade da água é um dos principais fatores que tem limitado o crescimento e a produtividade de plantas e esta limitação acontece devido à redução da disponibilidade de água para as plantas em razão do abaixamento no potencial osmótico da solução do solo e, assim, a planta tende a despender mais energia para absorver água e nutrientes (LEONARDO et al., 2003). Hsiao (1973) indicou que o crescimento das plantas é controlado pela divisão celular, seguido de sua expansão. Uma quantidade de água insuficiente mantendo células das zonas de crescimento em condições de flacidez, reduz o coeficiente de divisão celular e, mais ainda, a expansão de todas as células, impedindo assim, o crescimento vegetativo das plantas.

Para Flowers (2004), além do efeito osmótico, provocado pela salinidade, a ocorrência de toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em função do acúmulo em excesso de determinados íons nos tecidos vegetais, podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além do que, plantas sob esta condição, tendem a fechar os estômatos para reduzir as perdas de água por

transpiração, resultando em uma menor taxa fotossintética, e contribuindo para redução do crescimento das espécies.

A análise de variância considerando o comportamento dos genótipos nas diferentes concentrações salinas, apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no nível salino e para os genótipos, pelo teste de agrupamento Scott-Knott para as variáveis (Tabela 1). Analisando a variável altura de planta, verificou-se que para a condutividade elétrica  $0,00 \text{ dS m}^{-1}$  ocorreu a formação de quatro grupos. Estes dados mostram que os dois primeiros grupos incluem os genótipos de porte alto, EBDA-MPA 11 e EBDA-MPA 34 com média de 59,70 e 43,65 cm, respectivamente, e o terceiro e quarto incluem os genótipos, de porte médio a baixo, exceto o IAC 80, o qual é considerado um genótipo de porte alto (MENDES et al., 2010). Observou-se ainda que à medida que se aumentou a concentração salina da solução, ocorreu decréscimo relativo entre a CEs  $0,0 \text{ dS m}^{-1}$  e a CEs de  $6,5 \text{ dS m}^{-1}$ , embora o genótipo IAC 226 tenha se comportado de forma semelhante entre a CEs  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  e  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Na CEs  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  verificou-se a formação de três grupos. O grupo 1 foi constituído pelos genótipos EBDA-MPA 11 e BRS Nordestina, que apresentam as maiores alturas, com média de 32,25 cm e 32,50 cm, respectivamente, seguido do genótipo EBDA-MPA 34, com média de 25,20 cm, o qual formou o segundo grupo. Apesar da superioridade dos genótipos mencionados anteriormente, o EBDA-MPA 11 e EBDA-MPA 34 foram mais sensíveis à influência da salinidade comparado ao BRS Nordestina, pois tiveram um comprometimento no crescimento de 27,45cm e 18,45 cm, respectivamente, comparado à solução CEs  $0,00 \text{ dS m}^{-1}$ , enquanto que o genótipo BRS Nordestina, apresentou o menor comprometimento, 6,88 cm. Para os genótipos que constituíram o terceiro grupo, a altura das plantas variou de 17,27 cm a 19,33 cm (Tabela 1).

Para a CE  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ , ocorreu a formação de quatro grupos. O genótipo BRS Nordestina apresentou maior média, 23,04 cm, superior aos demais, revelando menor sensibilidade a esta concentração da solução, ao passo que a EBDA-MPA 11 foi a mais sensível. Os maiores valores para altura de planta na CE  $6,5 \text{ dS m}^{-1}$  foram indicados pelo Grupo 01 nos genótipos BRS Nordestina (8,35 cm), IAC 2028 (7,0 cm) e IAC 80 (6,10 cm), seguido pelo Grupo 02, formado pelos genótipos IAC 226, IAC Guarani, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11,

apresentando médias de 4,68 cm, 4,85 cm, 2,90 cm e 2,50 cm, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Comportamento dos genótipos de mamoneira em relação a diferentes concentrações salinas, aos 40 dias após emergência, em relação às variáveis altura da planta, diâmetro do caule e comprimento da raiz principal. Cruz das Almas, BA, 2013.

Genótipos	Altura da planta (cm)				
	Condutividade elétrica da solução dS m <sup>-1</sup>				
	0,0	2,5	4,5	6,5	MÉDIA
IAC 226	32,95dA	18,26cB	17,22bB	4,68bD	18,35c
IAC 80	32,20dA	19,33cB	17,65bC	6,10aD	18,82c
IAC 2028	30,40dA	17,27cB	11,90cC	7,00aD	16,64c
IAC Guarani	28,4dA	20,25cB	13,30cC	4,85bD	16,70c
BRS Nordestina	39,35cA	32,50aB	23,04aC	8,35aD	25,81a
EBDA-MPA 34	43,65bA	25,20bB	16,00bC	2,90bD	21,94b
EBDA-MPA 11	59,70aA	32,25aB	4,45dC	2,50bC	24,73a
Média	38,09 A	23,57B	14,79C	5,24D	
CV (%)	12,99				
Genótipos	Diâmetro do caule (cm)				
	Condutividade elétrica da solução dS m <sup>-1</sup>				
	0,0	2,5	4,5	6,5	MÉDIA
IAC 226	0,37bA	0,25aB	0,16aC	0,11aC	0,22b
IAC 80	0,33bA	0,23aB	0,16aC	0,15aC	0,22b
IAC 2028	0,38bA	0,26aB	0,18aC	0,11aC	0,23b
IAC Guarani	0,35bA	0,22aB	0,13aC	0,09aC	0,20b
BRS Nordestina	0,68aA	0,35aB	0,12aC	0,11aC	0,31a
EBDA-MPA 34	0,66aA	0,33aB	0,19aC	0,12aC	0,32a
EBDA-MPA 11	0,62aA	0,32aB	0,15aC	0,13aC	0,30a
Média	0,48A	0,28B	0,15C	0,12C	
CV (%)	22,25				
Genótipos	Comprimento da raiz principal (cm)				
	Condutividade elétrica da solução dS m <sup>-1</sup>				
	0,0	2,5	4,5	6,5	MÉDIA
IAC 226	19,34dA	19,10bA	13,69cCB	12,22aB	16,09c
IAC 80	19,33dA	19,06bA	14,08cB	12,55aB	16,25c
IAC 2028	19,23dA	19,11bA	13,90cB	12,82aB	16,26c
IAC Guarani	20,45dA	19,20bA	13,00cB	12,60aB	16,31c
BRS Nordestina	26,70aA	21,56aB	16,83aC	13,38aD	19,62a
EBDA-MPA 34	24,71bA	20,90aB	15,49bC	12,85aD	18,49b
EBDA-MPA 11	23,05cA	20,93aB	15,24bC	12,40aD	17,90b
Média	21,83A	19,98B	14,60C	12,69D	
CV (%)	5,60				

Para cada variável, médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de agrupamento Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Em relação à variável diâmetro do caule, verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para o nível salino CEs e genótipo (G), aos 40 dias após emergência. Na

ausência do sal, houve a formação de dois grupos, sendo as maiores médias de diâmetro de caule observadas no Grupo 01, constituído pelos genótipos BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11. Não foi verificado efeito significativo para a interação (CEs x G) cujos resultados indicam que o efeito da salinidade da água ocorreu de maneira semelhante para os genótipos avaliados (Tabela 1). Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2008), no desenvolvimento das cultivares BRS Paraguaçu e BRS Energia em condições de estresse salino.

Analisando o comprimento da raiz principal, na ausência da solução salina, (Tabela 1), verificou-se que o genótipo BRS Nordestina apresentou a maior média (26,70 cm), mostrando-se superior aos demais, seguido dos genótipos EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11, com médias de 24,71 cm e 23,05 cm, respectivamente. Os demais genótipos comportaram-se de maneira semelhante, formando o quarto grupo. Na CEs 2,5 dS m<sup>-1</sup>, verificou-se a formação de dois grupos. Os genótipos, BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11 apresentaram as maiores médias de comprimento da raiz principal (21,56 cm), (20,90 cm), e (20,93 cm), respectivamente. O BRS Nordestina apresentou a maior média na concentração CE 4,5 dS m<sup>-1</sup>. Para a solução CEs 6,5 dS m<sup>-1</sup> os genótipos comportaram-se de maneira semelhante, formando apenas um grupo (Tabela 1).

Na Tabela 1 também pode ser verificado que os genótipos IAC 226, IAC 80, IAC 2028 e IAC Guarani apresentaram as menores médias para comprimento da maior raiz nas CEs 2,5 dSm<sup>-1</sup> e 4,5 dSm<sup>-1</sup>, não havendo diferença estatística entre elas. Com relação aos demais genótipos, a cada incremento na condutividade elétrica da solução, observa-se um decréscimo relativo, com diferença estatística entre todos os níveis de condutividade elétrica.

Para o caráter massa seca da raiz (Tabela 2), observa-se que os genótipos BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11 apresentaram as maiores médias e se mantiveram em um mesmo grupo, seguido do Grupo 2, formado pelos demais genótipos, na ausência do sal. Na condutividade elétrica de 2,5 dS m<sup>-1</sup> as maiores médias foram observadas no Grupo 1, constituído pelos genótipos BRS Nordestina, EDDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11. Os genótipos IAC 226, IAC 80 e IAC 2028 formaram o segundo grupo, com média de 2,27g. O genótipo IAC Guarani, apresentou a menor média, 1,78 g, produzindo 78% a

menos que a testemunha. Para CEs  $4,5 \text{ dSm}^{-1}$  e CEs  $6,5 \text{ dSm}^{-1}$  houve a formação de 3 e 4 grupos respectivamente, sendo as menores médias observadas no genótipo EBDA-MPA 11.

**Tabela 2.** Comportamento dos genótipos de mamoneira em relação a diferentes concentrações salinas, aos 40 dias após emergência, em relação às variáveis: massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e massa seca da planta. Cruz das Almas, BA, 2013.

Genótipos	Massa seca da raiz (g)				
	Condutividade elétrica da solução $\text{dSm}^{-1}$				
	0,0	2,5	4,5	6,5	MÉDIA
IAC 226	2,36bA	2,27bA	1,52bB	1,03cC	1,80c
IAC 80	2,37bA	2,27bA	1,81aB	1,65aC	2,25b
IAC 2028	2,47bA	2,27bA	2,09aB	1,20bC	2,01a
IAC Guarani	2,26bA	1,78cB	1,35bC	0,85cD	1,56d
BRS Nordestina	2,91aA	2,53aB	2,05aC	0,80cD	2,07b
EBDA-MPA 34	2,95aA	2,58aB	1,67bC	0,73cD	1,89c
EBDA-MPA 11	3,08aA	2,58aB	0,60cC	0,39dC	1,66d
Média	2,63A	2,33B	1,59C	0,95D	
CV (%)	11,88				
Genótipos	Massa seca da parte aérea (g)				
	Condutividade elétrica da solução $\text{dSm}^{-1}$				
	0,0	2,5	4,5	6,5	MÉDIA
IAC 226	3,25cA	2,00bB	1,75bB	0,75aC	1,94b
IAC 80	3,00cA	2,00bB	1,50bC	0,75aD	1,81b
IAC 2028	3,00cA	2,00bB	1,75bB	1,00aC	1,94b
IAC Guarani	3,25cA	2,00bB	1,25cC	1,00aC	1,88b
BRS Nordestina	4,25bA	4,00aA	3,00aB	1,00aC	3,06a
EBDA-MPA 34	4,00bA	4,00aA	3,00aB	1,50aC	3,13a
EBDA-MPA 11	5,00aA	2,25bB	1,00cC	0,25bD	2,13b
Média	3,68A	2,61B	1,89C	0,89D	
CV (%)	16,32				
Genótipos	Massa seca da planta (g)				
	Condutividade elétrica da solução $\text{dSm}^{-1}$				
	0,0	2,5	4,5	6,5	MÉDIA
IAC 226	4,75bA	4,50bA	3,00bB	2,25bC	3,63b
IAC 80	5,00bA	4,50bA	4,00aB	3,25aC	4,19a
IAC 2028	5,25bA	4,50bA	4,00aB	2,25bC	5,25a
IAC Guarani	4,50bA	3,75cB	2,75bC	1,50cD	3,12c
BRS Nordestina	6,00aA	5,00aB	4,25aC	1,75cD	4,25a
EBDA-MPA 34	6,00aA	5,00aB	3,25bC	1,25cD	3,88a
EBDA-MPA 11	6,00aA	5,25aB	1,25cC	1,00cC	3,37b
Média	5,35A	4,64B	3,21C	1,89D	
CV (%)	12,80				

Para cada variável, médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de agrupamento Skott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.



Houve redução na quantidade de massa seca de raiz à medida que elevou-se a salinidade (Tabela 2), sendo observado decréscimo crescente para os genótipos IAC Guarani, BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA11, a cada incremento na condutividade elétrica da solução. Quanto aos genótipos IAC 226, IAC 80 e IAC 2028 a sensibilidade à salinidade ocorreu a partir da CEs 4,5  $\text{dSm}^{-1}$ .

A massa seca da parte aérea (Tabela 2), obtida para o tratamento cujas plantas foram conduzidas na ausência do sal, foi superior para o genótipo EBDA-MPA 11 (5,0 g), formando o Grupo 1, seguido dos genótipos BRS Nordestina e EBDA-MPA 34, que apresentaram as maiores médias nas concentrações salinas de CEs 2,5  $\text{dS m}^{-1}$  a CEs 4,5  $\text{dS m}^{-1}$ , revelando que estes genótipos foram menos afetados pelo sal. Na CEs 6,5  $\text{dSm}^{-1}$ , exceto para os genótipos IAC Guarani e EBDA-MPA 11, os demais genótipos apresentaram as maiores médias, formando um grupo. Com o aumento dos níveis da CEs houve decréscimo na massa seca da parte aérea em todos os genótipos, embora os genótipos IAC Guarani e EBDA-MPA 11 foram os mais comprometidos nas CEs 4,5  $\text{dSm}^{-1}$  e 6,5  $\text{dSm}^{-1}$ .

Com relação à massa seca da planta, na ausência do sal e na concentração salina de CEs de 2,5  $\text{dS m}^{-1}$ , os genótipos BRS Nordestina, EBDA-MPA34 e EBDA-MPA 11 formaram um único grupo, com médias superiores aos demais genótipos. Entretanto, na concentração salina de CEs de 4,5  $\text{dS m}^{-1}$  os genótipos EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11 apresentaram maior sensibilidade, com redução da massa seca da planta de 1,75 g e 4,0 g, respectivamente, e o BRS Nordestina menor sensibilidade, com redução de apenas 0,75g. Para todos os genótipos verificou-se redução da massa seca da planta com o incremento do nível salino, sendo o efeito mais acentuado para o genótipo EBDA MPA 11 (Tabela 2).

Na Tabela 3 verifica-se o efeito da salinidade para a razão parte aérea/raiz e área foliar. Observa-se que para relação parte aérea/raiz, na concentração da solução salina de 2,5  $\text{dSm}^{-1}$ , houve a formação de um grupo, indicando que para esta concentração salina os genótipos comportaram-se de maneira similar. Na CEs de 4,5  $\text{dSm}^{-1}$  houve a formação de dois grupos, sendo o Grupo 1 formado apenas pelo genótipo EBDA-MPA 34, que apresentou maior relação parte aérea/raiz, constatando-se menor comprometimento no desenvolvimento da parte aérea em relação ao sistema radicular. Na CEs 6,5  $\text{dSm}^{-1}$ , as maiores

relações parte área/raiz foram verificadas nos genótipos BRS Nordestina, EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11, com maior comprometimento no desenvolvimento do sistema radicular. Não houve interação entre os genótipos e a concentração salina da solução, indicando que o efeito da salinidade da água ocorreu de maneira semelhante para os genótipos avaliados.

**Tabela 3.** Comportamento dos genótipos de mamoneira em relação a diferentes concentrações salinas, aos 40 dias após emergência, em relação às variáveis: razão parte aérea/ raiz e área foliar. Cruz das Almas, BA, 2013.

Genótipos	Razão parte aérea/raiz				MÉDIA
	Condutividade elétrica da solução $\text{dSm}^{-1}$				
	0,0	2,5	4,5	6,5	
IAC 226	1,25bA	1,00aA	1,25bA	1,00bA	1,13b
IAC 80	1,00bA	1,00aA	1,00bA	0,50bA	0,88b
IAC 2028	1,00bA	1,00aA	1,00bA	0,75bA	0,94b
IAC Guarani	1,25bA	1,00aA	1,25bA	1,00bA	1,13b
BRS Nordestina	1,50bA	1,00aB	1,25bB	1,75aA	1,38a
EBDA-MPA 34	1,25bB	1,25aB	2,00aA	1,50aB	1,50a
EBDA-MPA 11	2,00aA	1,00aB	1,50bB	1,25aB	1,44a
Média	1,32A	1,04A	1,32B	1,11B	
CV (%)	30,93				
Genótipos	Área foliar ( $\text{dm}^2$ )				MÉDIA
	Condutividade elétrica da solução $\text{dSm}^{-1}$				
	0,0	2,5	4,5	6,5	
IAC 226	159,82cA	124,80cB	77,44bC	72,44aC	108,63b
IAC 80	215,27bA	130,43cB	82,48bC	61,10aC	122,32b
IAC 2028	213,09bA	133,73cB	109,46bB	45,94aC	125,55b
IAC Guarani	164,19cA	149,17bA	81,00bB	73,75aB	117,03b
BRS Nordestina	168,08cA	152,18bA	83,61bB	73,67aB	119,38b
EBDA-MPA 34	341,10aA	286,87aB	147,28aC	74,87aD	212,53a
EBDA-MPA 11	324,61aA	283,87aB	140,69aC	76,23aB	206,35a
Média	226,60A	180,15B	106,14C	68,28C	
CV (%)	13,74				

Para cada variável, médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de agrupamento Skott-Knott em nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com relação a área foliar, verifica-se que a salinidade da solução afetou significativamente o fator genótipo, bem como a interação entre os fatores (G x CEs). Os maiores valores foram observados nos genótipos EBDA-MPA 34 e EBDA-MPA 11, formando um grupo na ausência do sal e na CEs de 2,5 a 4,5  $\text{dSm}^{-1}$ . Para todos os genótipos, o incremento da concentração da solução salina reduziu a área foliar com menores impactos para os genótipos IAC Guarani e BRS Nordestina.

A redução da área foliar decorreu, provavelmente, da diminuição do volume das células e, segundo Lauchli & Epstein (1990), da reduzida atividade fotossintética que contribui, de certo modo, para a adaptação das culturas à salinidade.

A área foliar tem sua importância por ser um caráter de crescimento indicativo da produtividade, visto que o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa e sua conversão em energia química, sendo este um processo que ocorre diretamente na folha (Taiz & Zeiger, 2009). As folhas constituem um aparato fotossintético e são responsáveis pela formação de carboidratos e estes são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos das plantas. Uma vez que a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa.

Embora ocorresse comprometimento das variáveis estudadas, à medida que se elevou a salinidade da solução, este impacto variou para todos os genótipos, em magnitudes diferentes. Os resultados demonstraram que a sensibilidade à salinidade variou em relação ao genótipo. Silva et al. (2011) verificaram que cultivares BRS Paraguaçu e BRS Energia, foram sensíveis à salinidade, a partir de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$  aos 80 dias após a semeadura. Entretanto, a cultivar BRS Energia foi mais tolerante à salinidade que a Paraguaçu, sendo mais precoce na colheita, proporcionando maior número de frutos. Silva et al. (2008), irrigando os genótipos de mamoneira BRS Paraguaçu e BRS Energia, verificaram que a área foliar das plantas reduziu quando se utilizou água de irrigação com CEs acima de  $4,7 \text{ dS m}^{-1}$ , aos 80 e 100 dias após a semeadura.

## **CONCLUSÕES**

O incremento da condutividade elétrica da solução causa redução na porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, de mamoneira, altura da planta, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da planta, razão parte aérea/raiz e área foliar.

As características mais afetadas pelo incremento da condutividade elétrica da solução são altura das plantas, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea.

Condutividade elétrica da solução igual ou maior que  $4,5 \text{ dSm}^{-1}$  é prejudicial ao desenvolvimento dos genótipos.

Os genótipos IAC 226, IAC 2028, IAC 80 e IAC Guarani apresentam menor sensibilidade à condutividade elétrica da solução de  $2,5 \text{ dSm}^{-1}$ , para comprimento da raiz principal e massa seca da raiz.

O genótipo que apresentou maior tolerância ao incremento da condutividade elétrica da solução foi o BRS Nordestina e o de menor tolerância foi o EBDA-MPA 11.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 29 Revisado.

AZEVEDO, D.M.P. DE; LIMA, E.F. (ed.) **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. 350p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 157 p.

CAVALCANTI, M. L. F.; JÚNIOR, G. B.; CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTI, R. S. Crescimento inicial da mamoneira submetido a salinidade da Água de irrigação, **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.4, n.1, 9 p, 2004.

CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, O. S. Aplicação Industrial do Óleo, In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**, Brasília: Embrapa Algodão, 2001. p. 89-118.

DANTAS, C. V. S.; SILVA, I. B.; PEREIRA, G. M.; MAIA, J. M.; LIMA J. P. M. S.; MACEDO, C. E. C. DE. Influência da sanidade e deficit hídrico na germinação de

sementes de *Carthamus tinctorius* L, **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, 2011.

DJILIANOV D, PRINSEN E, ODEN S, VAN ONCKELEN H AND MULLER J Nodulation under salt stress of alfalfa lines obtained after in vitro selection for osmotic tolerance. **Plant Science** 4 : p. 887-894, 2003.

FERREIRA, D. F. Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. **SISVAR Versão 4.3**. Lavras: UFLA, 2002.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v.78, p.15-24, 2005.

GRIEVE, M. *Castor oil plant*. **Botanical.com**: A modern herbal. Disponível em: <[www.botanical.com/botanical/mgmh/c/casoil32.html](http://www.botanical.com/botanical/mgmh/c/casoil32.html)>. Acesso em: 16 de set. 2011.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973.

LACERDA, R. D. DE; GUERRA, H. O. C.; JÚNIOR, G. B. Influência do déficit hídrico e da matéria orgânica do solo no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS 188 – Paraguaçu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 440-447, 2009

LAUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. (ed.). **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE. 1990.cap. 6. p.113-137.

LEONARDO, M.; BROETTO, F.; BÔAS, R. L. V.; ALMEIDA, R. S.; GODOY, L. J. G. de; MARCHESE, J. A. M. Estresse salino induzido em plantas de pimentão e

seus efeitos na produção de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília DF, v.21, p.1-4, 2003.

LIMA, G. S. DE; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A.; LOURENÇO, G. DA S. LOURENÇO. Resposta da mamoneira cv. BRS Energia a diferentes níveis de salinidade da água e doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n. 2, p. 79-87, 2012.

MEDEIROS, J. F. DE ; SILVA, M. C. C.; SARMENTO, D. H. A.; BARROS, A. D. DE. Crescimento do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade, com e sem cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.248- 255, 2007.

MENDES, R. DE C.; DIAS, D. C. F. dos S.; PEREIRA, M. D.; DIAS, L. A. S. Testes de vigor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, 2010.

NAWAZ, K.; HUSSAIN, K.; MAJEED, A.; KHAN, F.; AFGHAN, S.; ALI, K. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.34, p.5475-5480, 2010.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; CORREIA, K.G.; SOARES, F.A.L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

RAGHAVIAH, C. V.; LAVANYA, C.; KUMARAN, S.; JEEVAN ROYAL, T. J. Screening castor (*Ricinus communis*) genotypes for salinity tolerance in terms of germination, growth and plant ion composition. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.76, n.3, p.196-199, 2006.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M.; Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB. 2000, 117p. **Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem**, 48 revisado.

RIBEIRO, M. S.; BARROS, M. F. de C.; SANTOS, M. B. G. dos. Química dos solos salinos e sódicos, In: MELO, V. F.; ALLEONE, L. R. F. Química e

mineralogia do solo, Parte II, Aplicações, Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciências do solo**, p. 449-484.

SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R.A.; FERREIRA, G.B.; CARDOSO, G.D.; GONDIM, T.M.S.; BELTRÃO, N.E.M.; VIRIATO, J.R. **Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).

SILVA, G. F DA.; OLIVEIRA, G. dos S.; NASCIMENTO, J. J. V. R. DO.; PEREIRA, G. P.; PAIVA. M. R. DE F. C. Germinação e crescimento inicial de mamoneiras irrigadas com água salina em diferentes volumes de substrato. **Revista Verde**, v.6, n.2, p. 135 – 142 abril/junho de 2011.

SILVA, S. M. S.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; BETRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.335-342, 2008.

SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; de LIMA, G. S. da SILVA, A. O.; SOARES, S. da S. Componentes de crescimento da mamoneira cultivada com águas salinas e doses de nitrogênio. **Brasilian Journal of irrigation and Drainage**, Botucatu, Edição Especial, p. 40 - 54, 2012.

SOUZA, A. Y.; PEREIRA, A. L.; SILVA, F. F. S da.; RIBEIRO-REIS, R. C.; EVANGELISTA, M. R.V.; CASTRO, R. D de.; DANTAS, B. F.; Efeito da salinidade na germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.2, p. 083-092, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E, **Plant physiology**, 3,ed, Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.

TESTER, M., DAVENPORT, R. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.

ZHANG, S.; SONG, J.; WANG, H.; FENG, G. Effect of salinity on seed germination, ion content and photosynthesis of cotyledons in halophytes or

xerophytes growing in Central Asia. **Journal of Plant Ecology**, v.3, n.4, p.259-267, 2010.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O interesse pelo cultivo da mamoneira se deve às diversas possibilidades de uso do óleo extraído das sementes e à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. É uma espécie de grande importância para o Nordeste brasileiro, principalmente para a Bahia, onde a maioria de seu cultivo é realizada por pequenos produtores (CARVALHO, 2005). Entretanto, o aumento da produtividade e a melhoria na agregação de valores à cultura deverão estar associados aos avanços no desenvolvimento de produtos agrícolas, tecnológicos e políticas de mercado. Assim, a seleção de genótipos produtivos, com elevados caracteres morfológicos e agronômicos e o conhecimento de fatores intrínsecos à cultura como viabilidade do grão de pólen e estresse salino poderá alicerçar a cultura a atingir patamares de produtividade de grãos e teor de óleo.

Desta forma este trabalho permitiu descrever o desempenho de quinze genótipos de mamoneiras em condições de alta umidade relativa do ar, temperaturas médias e baixa altitude em dois anos de cultivo, descritos no Capítulo 1, demonstrando a existência de variabilidade genética entre os 15 genótipos avaliados, destacando-se os genótipos EBDA-MPA 11, EBDA-MPA 18, EBDA-MPA 34, EBDA-MPA 36, EBDA-MPA 37, EBDA-MPA 38, EBDA-MPA 39, EBDA-MPA 41, EBDA-MPA 42 e EBDA-MPA 43 como promissores para o melhoramento da espécie no ambiente em estudo.

De posse a esta variabilidade detectada percebeu-se a necessidade de uma maior precisão de informações com o emprego de técnicas de marcadores moleculares com a proposta de genotipar estes quinze genótipos de *Ricinus communis* por meio de marcadores microsatélites SSR e avaliar 13 caracteres agronômicos, descritos no Capítulo 2. Estas informações serviram para identificar o nível de diversidade genética nas constituições genéticas avaliadas,

determinando combinações promissoras esperadas entre os genótipos EBDAMPA35 x EBDAMPA37, EBDAMPA11 x EBDAMPA35, EBDAMPA17 x EBDAMPA37, EBDAMPA26 x EBDAMPA37, EBDAMPA37 x EBDAMPA41, EBDAMPA31 x EBDAMPA37 e EBDAMPA34 x EBDAMPA40. A eficiência dos marcadores microssatélites repercutiu em um maior poder discriminatório na análise conjunta, uma vez que foram formados quatro grupos, contra três nas análises individuais. Estes genótipos analisados apresentaram alta homozigose, sugerindo uma forte endogamia, que provavelmente é resultado da autofecundação ou cruzamento entre indivíduos aparentados.

Informações obtidas sobre a viabilidade de grãos de pólen constituem em ferramentas importantes para o entendimento da biologia reprodutiva de uma espécie e conseqüentemente para o melhor direcionamento de estratégias em programas de melhoramento genético. Uma vez que auxilia na identificação de gametas masculinos com potencial para serem usados em programas de hibridação, permitindo um maior direcionamento, segurança e eficiência nos cruzamentos realizados para a obtenção de híbridos promissores (KRISHNAKUMAR et al., 1992). Ao estudar o comportamento distinto quanto à morfologia e viabilidade do grão de pólen, no Capítulo 3, permitiu identificar o corante mais responsivo e confiável para a avaliação da viabilidade polínica, pois os resultados foram próximos aos obtidos *in vitro*. O que permite predizer que todos os genótipos estudados podem ser utilizados como parental masculino em programas de melhoramento já que apresentam altos índices de viabilidade de pólen.

A salinidade é um dos principais fatores que reduzem a produtividade das culturas no mundo. A mamoneira apresenta diferentes respostas à salinidade, diferindo inclusive entre genótipos dentro da espécie (RAGHAVIAH et al., 2006). Em geral, a germinação, desenvolvimento e crescimento inicial das plântulas são os estádios críticos da produção das plantas sob condições salinas (AYERS & WESTCOT, 1991). Sendo assim, a obtenção de informações sobre a cultura da mamoneira quanto a este assunto é incipiente, seja entre espécies ou entre as cultivares de uma mesma espécie, visando um estande satisfatório de plantas em áreas salinizadas, conforme o Capítulo 4. Neste contexto, verificou-se nos sete genótipos avaliados que o incremento da condutividade elétrica da solução, causa redução na porcentagem de emergência e no índice de velocidade de emergência

de mamoneira, na altura da planta, diâmetro do caule, comprimento da raiz principal, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da planta, razão parte aérea/raiz e área foliar. Com respostas diferenciadas para os genótipos avaliados. Essa variabilidade genética permite a seleção de cultivares mais tolerantes, capazes de atingir rendimentos economicamente viáveis, em condições de salinidade elevada.

A junção dos conhecimentos adquiridos neste trabalho poderá auxiliar nos planejamentos de cruzamentos, em seleções de genótipos elites, mais adaptados as condições de baixa altitude, visando o desenvolvimento de cultivares que reúnam caracteres promissores morfológicos, agronômicos, viabilizando a exploração racional da cultura.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, 29 Revisado.

CARVALHO, B.C.L. **Manual de cultivo da mamona**. Salvador: EBDA, 2005. 65p.

KRISHNAKUMAR, M. P.; VALSALAKUMARI, P. K.; ARAVINDAKSHAN, M. Pollen production, fertility and viability in different nodes of the banana cultivars. **Agricultural Research**, v. 30, p. 53-57, 1992.

RAGHAVIAH, C. V.; LAVANYA, C.; KUMARAN, S.; JEEVAN ROYAL, T. J. Screening castor (*Ricinus communis*) genotypes for salinity tolerance in terms of germination, growth and plant ion composition. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.76, n.3, p.196-199, 2006.