

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

**COMPORTAMENTO GERMINATIVO, ARMAZENAMENTO DE  
SEMENTES E TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO DA MAMONEIRA**

**VANESSA DE OLIVEIRA ALMEIDA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
JULHO – 2014**

# COMPORTAMENTO GERMINATIVO, ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E TOLERÂNCIA DA MAMONEIRA AO ALUMÍNIO

**VANESSA DE OLIVEIRA ALMEIDA**

Engenheira Agrônoma  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Alves Silva  
Co-orientador: Prof. Dr. Stefaan Werbrouck

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CURSO DE DOUTORADO  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2014

## FICHA CATALOGRÁFICA

A447c

Almeida, Vanessa de Oliveira.

Comportamento germinativo, armazenamento de sementes e tolerância ao alumínio da mamoneira / Vanessa de Oliveira Almeida. \_ Cruz das Almas, BA, 2014. 79f.; il.

Orientadora: Simone Almeida Silva.

Coorientador: Stefaan Werbrouck

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

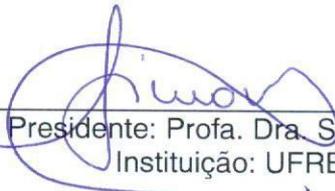
1.Mamona – Germinação. 2.Mamona – Sementes. 3.Sementes – Armazenamento. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 633.85

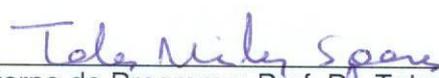


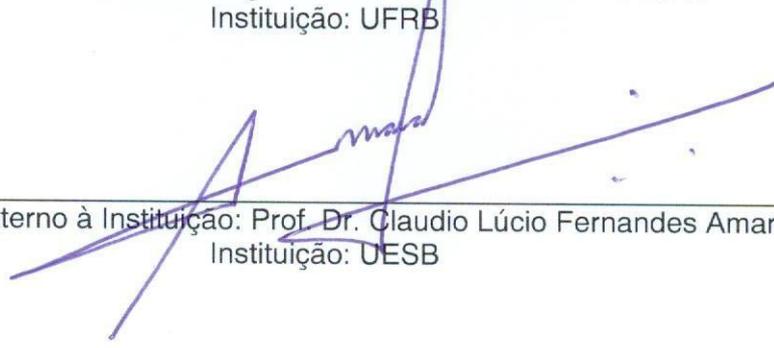
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE  
VANESSA DE OLIVEIRA ALMEIDA

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

  
Membro Externo ao Programa: Profa. Dra. Ana Cristina Vello Loyola Dantas  
Instituição: UFRB

  
Membro Interno do Programa: Prof. Dr. Tales Miler Soares  
Instituição: UFRB

  
Membro Externo à Instituição: Prof. Dr. Claudio Lúcio Fernandes Amaral  
Instituição: UESB

  
Membro Externo ao Programa: Profa. Dra. Edna Lôbo Machado  
Instituição: UFRB

Homologada em     /     /     .

A Deus, por me permitir existir, persistir, superar, sonhar e concluir.

A todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

## **OFEREÇO**

Aos meus amados filhos Karine e Emerson. Aos meus pais que sempre me incentivaram aos meus estudos. Aos meus orientadores, amigos e família. Ao meu companheiro Rubens, por fazer parte da minha vida.

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o término de uma fase de dedicação, perseverança e muitos estudos. Porém, não esqueço que também é o início de outra fase, de responsabilidade e infinitos estudos. Eu mesmo perdi as contas de quantas vezes achei que não conseguiria. No entanto, de uma coisa eu tenho certeza: eu não teria conseguido sozinha. Assim, gostaria de registrar alguns agradecimentos.

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, não somente por esta obra, mas também pelas graças de haver conseguido terminar mais uma etapa da minha vida acadêmica. Obrigada, Senhor, pelas pessoas que colocou no meu caminho, pela possibilidade de realizar um trabalho tão edificante e satisfatório.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudo.

À Capes pela possibilidade de realizar o Doutorado Sanduíche no exterior, contribuindo para o meu crescimento profissional através do Programa PDSE, Processo BEX: 9759/12-3.

À Universidade de Ghent - Bélgica pela oportunidade de realizar o doutorado sanduíche.

À professora Simone Alves Silva, que, mesmo assoberbada de tarefas, fez-se presente nos momentos cruciais desta tese através de sua orientação e amizade e por me mostrar os verdadeiros ensinamentos, incentivando-me, cobrando e agora realizando mais este sonho.

Ao meu co-orientador Stefaan Webrouk pelos ensinamentos e paciência.

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

Aos funcionários da Pós-Graduação, que encaminham e facilitam todos os processos burocráticos da Universidade, em especial à Rejane, Deyse, Carla, Yumi Fujiki, Flávia de Jesus, Meire de Jesus, Valfredo Peixoto, Eunice Lordelo.

Aos colegas do Doutorado.

À equipe de limpeza e segurança da UFRB, que sempre me receberam com um sorriso e incentivo.

Às meninas e meninos do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO), dentre alunos e funcionários, em especial aos meus amigos Thiago Souza, Laurence Araujo, Dyane Queiroz e Taty pela ajuda indispensável, sem vocês o desenvolvimento deste trabalho não teria acontecido.

Aos amigos conquistados no Doutorado Sandwich na Bélgica, Paula Rose Ribeiro, Andre Fonseca, Wilson Ardiles, Angel e Pieter Verholle, Antonela Mutto.

À minha família, em especial à minha mãe Cecília pela dedicação e por cuidar da minha família nas minhas ausências e a Jefferson Bingre, Barbara Priscila de Jesus, Eloy Bingre por sempre acreditarem em mim. Em especial à minha amada avó Andrelina Bingre que mesmo com seus 90 anos de idade e nunca ter frequentado uma escola, sempre me incentivou. À Família Gomes por sempre estar ao meu lado.

A todos os amigos, sem os quais não haveria motivação, alegria, prazer em trabalhar e estudar. Obrigada Laurenice Araujo, Claudia Garcia, Vania Oliveira, Livia Brandão, Alberico Santana, Valdir Fonseca, João Mariano Queiroz, Ana Cristina Loyola, Lucimario Bastos, Joedson Barroso, Rosimeire de Jesus, Nadiane Santos, Nilmara Santos, Andreia Leite, Thiago Souza, Dyane Queiroz, Helison Brasileiro.

A quem diretamente ou indiretamente permitiu a realização desse belíssimo trabalho.

# SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
<b>Capítulo 1</b>	
COMPORTAMENTO GERMINATIVO DE SEMENTES DE LINHAGENS DE MAMONEIRA SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E GERMINADORES.....	15
<b>Capítulo 2</b>	
ARMAZENAMENTO DA SEMENTE DE MAMONEIRA EM DIFERENTES EMBALAGENS.....	32
<b>Capítulo 3</b>	
TOLERÂNCIA DE LINHAGENS DE MAMONEIRA AO ALUMÍNIO TÓXICO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA .....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	67

## COMPORTAMENTO GERMINATIVO, ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO DA MAMONEIRA

Autora: Vanessa de Oliveira Almeida

Orientador: Simone Alves Silva

Co-orientador: Stefaan Werbrouck

**Resumo:** A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de destaque econômico, pois o óleo extraído de suas sementes apresenta utilização em diversos produtos. Entretanto, o acervo de informações dessa espécie sobre a germinação, armazenamento das sementes e tolerância ao alumínio tóxico é bastante reduzido. Assim, o objetivo desse trabalho foi estudar aspectos sobre a germinação e armazenamento de sementes, bem como avaliar o comportamento dessa espécie mediante a toxidez ao alumínio. As sementes de cinco linhagens de mamoneira foram submetidas ao teste de germinação em dois tipos de germinadores (câmaras B.O.D e germinador modelo Mangelsdorf) e dois tipos de substratos (areia e rolo de papel do tipo *germitest*). Conclui-se que ambos os germinadores favorecem a germinação na espécie, entretanto o substrato areia é o indicado por apresentar melhor resultado. Para o experimento de armazenamento das sementes de mamoneira por 22 meses foram utilizados três tipos de embalagem (saco de papel Kraft, saco plástico e pote de polietileno) e testadas três linhagens. Foi constatado que as sementes de mamona mantêm a viabilidade até 16 meses, dependendo da linhagem e embalagem. A embalagem em saco plástico proporciona maior garantia de vigor em qualquer linhagem. Quanto a tolerância ao alumínio tóxico foram testadas em 30 linhagens de mamoneira sobre sistema hidropônico por meio de soluções nutritivas contendo  $30 \text{ mg L}^{-1}$  de alumínio, sendo possível separar as linhagens avaliadas em quatro grupos de tolerantes e sensíveis ao alumínio tóxico. As linhagens UFRB 46 e UFRB 151 apresentam maior recuperação do crescimento radicular após o estresse de Al em condição hidropônica.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L., germinação, solução nutritiva.

## **GERMINATION BEHAVIOR, SEED STORAGE AND TOLERANCE ALUMINUM OF CASTOR BEAN**

Author: Vanessa de Oliveira Almeida

Adviser: Simone Alves Silva

Co-adviser: Stefaan Werbrouck

**Abstract:** The castor bean (*Ricinus communis* L.) is an oilseed prominent economical because the oil extracted from its seeds has prospects for use in various products. However, the collection of information about this species will germination, seed storage, and tolerance to aluminum toxicity is greatly reduced. The objective of this work was to study on the germination and storage of seeds and evaluate the behavior of this species by aluminum toxicity. The seeds of castor five strains were subjected to germination tests on two types of germination (B.O.D. chambers and germinator Mangelsdorf model) and two types of substrates (sand and roll paper *germitest* type). It was concluded both favored germination germination in the species, though the sand substrate is indicated by the present best result. For the experiment of castor seed storage for 22 months three types of packaging (Kraft paper bag, plastic bag and pot polyethylene) were used and tested three strains. It was found that the seeds of castor maintain viability up to 16 months, depending on the strain and packaging. The packaging in plastic bag provides greater assurance of force in any lineage. Tolerance to aluminum toxicity were tested in 30 strains of castor on hydroponically using nutrient solutions containing 30 mg L<sup>-1</sup> of aluminum which can separate the lines assessed in four groups of tolerant and sensitive to aluminum toxicity. UFRB 46 and 151 UFRB lines show greater recovery of root growth after the stress of Al in hydroponic conditions.

**Key words:** *Ricinus communis* L., germination, nutrient solution.

## INTRODUÇÃO

A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma oleaginosa de elevado valor socioeconômico e fonte de divisas para o país. É uma espécie que pode ser encontrada em todo o Brasil em virtude de ser facilmente adaptável a diversas condições de solo e clima. Por ser menos exigente em água que outras oleaginosas, o cultivo ganha importância na região Nordeste do Brasil. Na Bahia, por exemplo, que produz aproximadamente 80% da mamona comercializada no Brasil, o cultivo é feito na sua maioria em pequenas áreas de produção de onde os agricultores familiares garantem uma renda complementar (IBGE, 2013).

Seus produtos e subprodutos são utilizados na indústria e/ ou na agricultura, além de apresentar perspectivas de uso como fonte energética sob a forma de biodiesel, como também servem para suprir um grande mercado de oleaginosa. Uma vez que o óleo de mamona tem mais de 700 aplicações, tais como na indústria: química têxtil, papéis, plásticos, borrachas, perfumaria, cosméticos, farmácia, eletroeletrônicos e telecomunicações, tintas, adesivos, lubrificantes, etc. (FALASCA et al., 2012). Em virtude de que o óleo de mamona pode ser utilizado em diversos processos industriais, existem dois tipos de indústrias relacionadas com a cadeia produtiva da mamona. Algumas processam a mamona e obtêm o óleo e outras utilizam o óleo como matéria-prima, sendo que as primeiras são em menor número em relação às segundas (SILVA e LINO, 2009).

A demanda mundial por combustíveis de origem renovável é crescente e o Brasil tem potencial para ser um grande exportador mundial, principalmente no contexto atual de grandes mudanças climáticas. A produção de biodiesel é estratégica para o país e pode significar uma revolução no campo, gerando emprego, renda e desenvolvimento, especialmente para o Semiárido nordestino. E, como cultura temporária destaca-se a mamona, levando vantagens em relação a outras culturas por ser facilmente adaptável a diversas condições de solo e

clima e por ser uma planta rústica, heliófila, com uma considerável resistente à seca (BELTRÃO e CARDOSO, 2006).

Cultivada em diversos países do mundo, destacam-se como os maiores produtores de mamoneira a Índia, a China e o Brasil (NOBRE et al., 2013). No Brasil, a produtividade, ainda é muito baixa ao comparar com os maiores produtores de mamona. Esta baixa produtividade brasileira poderá comprometer a oferta de mamona para atender à crescente demanda por óleos vegetais para uso no PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel), que é um Programa governamental de incentivo as culturas que produzem óleo vegetal voltado para produção de biocombustíveis. Além de instabilidade de produção devido à baixa produtividade, pode vir a ter instabilidade também nos preços, trazendo incertezas ao agricultor. De acordo com Freire et al. (2001), Eicholz e Silva (2011) e Kobori et al. (2012), a baixa produtividade média observada no Brasil deve-se, em parte, ao uso de sementes de baixa qualidade, multiplicadas pelos próprios agricultores, o que conduz a um alto grau de heterogeneidade e à grande diversidade de regiões em que a mamoneira não é adaptada, em sua grande parte, pouco produtivas. No Nordeste brasileiro, embora possua ampla variabilidade genética e seu melhoramento na Região ocorra desde a década de 1960, a espécie conta com poucas cultivares melhoradas, podendo citar comportamentos promissores as cultivares Sipeal 04, Sipeal 28, BRS 188 Paraguaçu e BRS 149 Nordestina (BAHIA et al., 2008).

Parcerias em setores públicos e privados têm fomentado o cultivo de mamona para a produção de biodiesel na Região Nordeste, onde assentamentos e parcerias estão sendo implantados para abastecimento de unidades de produção de biodiesel. Do ponto de vista econômico, sua viabilidade está relacionada à substituição das importações e às vantagens ambientais inerentes, como a redução de emissão de materiais particulados e de enxofre, que evitará custos com saúde pública e de gases responsáveis pelo efeito estufa, o que pode gerar recursos internacionais do mercado de carbono (SALES et al., 2006).

Outro fator que dificulta a expansão do cultivo da mamona é que as pesquisas sobre práticas culturais ainda são incipientes, havendo falta de informações técnicas regionalizadas sobre esta cultura. Desta forma, são necessárias ações conjuntas das diversas áreas de conhecimento para gerar

informações técnicas para um sistema de produção de mamona viável à exploração econômica e sustentável (AIRES, 2008).

O estudo do comportamento germinativo de uma espécie auxilia no aumento da qualidade das sementes, pois através desse estudo é possível conhecer alguns fatores que afetam a germinação das mesmas, e desta forma orientar a adoção de práticas culturais e de manejo que favoreçam a uniformidade e expansão comercial de uma espécie.

A produção de mudas de mamoneira tem sido estudada como alternativa para melhoria do sistema de produção dessa oleaginosa na Região Semiárida, já que o transplântio de plantas em avançado estágio de desenvolvimento pode constituir-se em estratégia para melhor aproveitamento da curta estação chuvosa (LIMA et al., 2006). Porém, a produção de mudas também é dependente da utilização de sementes, como um insumo de grande importância nos diferentes sistemas de produção e propagação da espécie.

A produção de sementes da mamoneira tende a se tornar cada vez mais tecnificada, com a participação de empresas neste segmento de mercado. Para isto, serão necessárias informações sobre a germinação e a qualidade da semente visando plantios uniformes. A germinação das sementes é um processo que pode ser influenciado por diversos fatores como o ambiente para a germinação, armazenamento, substrato e a genética da cultivar (MARCOS FILHO, 2005).

O substrato influencia diretamente na germinação de sementes, em função de sua capacidade de retenção de água, sua estrutura e aeração, interferindo no fornecimento de água e de oxigênio para as sementes, e servindo de suporte físico para o desenvolvimento da plântula (FIGLIOLIA et al., 1993). Trabalhos com outras euforbiáceas avaliou o efeito do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas, como no pinhão-manso, Pascuali et al. (2012) verificando que o substrato areia obteve melhores resultados em relação ao substrato papel. Para a mamoneira, estudos avaliando o melhor substrato foram realizados por diversos autores, a exemplo de Carneiro e Pires (1983) verificando que o maior poder germinativo ocorreu quando foi usado o rolo de papel e pano. Araújo e Queiroga (1990) constataram que os substratos rolo de papel e entre areia foram mais eficientes na avaliação da germinação. Queiroga et al. (2013)

relatam que o substrato areia proporciona maior qualidade fisiológica das sementes do que o rolo de papel. As Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), recomendam que a germinação de sementes de mamoneira ocorra em papel ou na areia (BRASIL, 2009).

Mesmo assim, com esses estudos, pouco se conhece sobre a germinação das sementes de mamoneira, utilizando os substratos papel *germitest* e areia (QUEIROGA et al., 2013), especialmente quando são utilizados diferentes germinadores e linhagens, pois, a maior parte dos trabalhos realizados com substrato avalia conjuntamente apenas sob diferentes temperaturas, a utilização de sementes com ou sem casca ou avalia o substrato no desenvolvimento de mudas de mamoneira, necessitando de estudos que avaliem conjuntamente a influencia do substrato, do germinador e da linhagem no comportamento germinativo das sementes de mamoneira.

O teste de germinação é um dos métodos utilizados para determinar a qualidade fisiológica das sementes, sendo que o substrato e o tipo de germinador podem variar com a exigência de cada espécie. Existem diversos tipos de germinadores, a exemplo câmara vertical tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) e modelo Mangelsdorf que são utilizados para maximizar os resultados do teste de germinação, pois esses germinadores têm controle de temperatura e fotoperíodo. Mendes et al. (2009) avaliando tratamentos pré-germinativos em sementes de mamoneira utilizou o germinador do tipo Biochemical Oxigen Demand (B.O.D). Santos et al. (2008) avaliando o potencial germinativo de sementes de mamona, submetidas ao estresse salino, manteve as sementes em germinador tipo Mangelsdorf. Enquanto autores como Queiroga et al. (2013) e Fanan et al (2009a) não citam qual o germinador utilizou para realizar seu trabalho com germinação de sementes. No entanto, o tipo de equipamento a ser utilizado nas análises de germinação de sementes pode influenciar nos resultados, conforme foi observado por Bittencourt et al. (1995). Estes autores, em estudo de envelhecimento acelerado, após comparar o germinador tipo Mangeldorf e da B.O.D, concluíram que germinador tipo B.O.D demonstrou ser mais adequado para o teste de envelhecimento acelerado na germinação de sementes de amendoim e arroz e não obteve diferença para as sementes de soja.

As sementes da mamoneira são consideradas por Naz et al. (2011) como recalcitrantes quando propagadas in vitro, não suportando armazenamento por um longo período e possuem germinação lenta e desuniforme, dificultando a produção de mudas e plantios uniformes. As espécies com sementes recalcitrantes possuem curta longevidade, restringindo o prazo de utilização das sementes, sendo necessário realizar a semeadura logo após sua extração dos frutos, ou tentar conservá-las sob condição adequada de temperatura, embalagem e teor de água (FONSECA e FREIRE, 2003).

O armazenamento de sementes é uma etapa importante dentro de um programa de melhoramento de plantas, para que se mantenha por um maior período a viabilidade das sementes. Dentre os fatores que influenciam a conservação das sementes estão: tipo de embalagem, a composição genética da espécie e o teor de água das sementes. Segundo Kobori (2011), pouco se conhece sobre a viabilidade de sementes de mamoneira quando armazenadas, apesar dos estudos com sementes de mamoneira que já foram realizados visando o armazenamento em condições ambientais e criogênicas (FANAN et al., 2009a, FANAN et al., 2009b; ALMEIDA et al., 2010).

Estudos com diferentes tipos de embalagens ao longo prazo e em condições de ambiente, ainda são incipientes. Autores como Fanan et al. (2009b), Machado et al. (2010) e Silva et al. (2010) realizaram testes de germinação de sementes de mamona por um período de até um ano de armazenamento. Figueiredo et al. (2006) acondicionaram as sementes por 6 meses e apenas Lago et al. (1979) realizaram armazenamento das sementes por até 21 meses obtendo taxas maiores que 80% de germinação ao utilizar sacos de papel de folha dupla.

A escolha da embalagem depende da espécie, do grau de umidade da semente e do período de armazenamento. Quando as sementes são armazenadas em embalagens permeáveis, seu teor de umidade varia de acordo com as variações de umidade do ar. Em embalagens semipermeáveis há alguma resistência a trocas, porém nada que impeça completamente a passagem de umidade e, em embalagens impermeáveis não há influência da umidade do ar externo sobre a semente (POPINIGIS, 1985).

A embalagem utilizada para conservar as sementes é importante não apenas para o transporte, armazenamento e comercialização, mas também para

conservar da qualidade sob determinadas condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar (POPINIGIS, 1985). Existem diversos tipos de embalagem para a conservação das sementes, desde as porosas, semipermeáveis e as impermeáveis, a exemplo, do papel multifoliado, saco de nylon, garrafa pet, papel Kraft, saco de polietileno, potes plásticos e embalagens a vácuo.

Para a mamoneira, Figueiredo et al. (2006) acondicionou sementes da variedade BRS-149 Nordeste em diferentes embalagens (papel Multifoliado, saco de nylon e garrafa pet) por seis meses. Para a conservação de sementes de mamona destinadas à comercialização, Queiroga e Beltrão (2004) recomendam armazená-las em sacos de papel multifoliado com capacidade para 30 kg, e estas com grau de umidade de 8 a 10%, por, no máximo, oito meses.

Em espécies recalcitrantes ou semi-recalcitrantes a embalagem adequada é fundamental para o armazenamento de sementes, assim como os fatores de ambiente que os cercam, necessitando de estudos específicos para ajustes de metodologias para a manutenção adequada do seu poder germinativo. Além disso, a garantia da manutenção destas espécies, freqüentemente requer o seu cultivo permanente em campo. No campo, durante o desenvolvimento de uma espécie as deficiências minerais e hídricas podem impedir as sementes de atingir a qualidade máxima disponível no material genético, e, por conseguinte acelerar a deterioração no armazenamento.

Desta forma, fatores como a toxidez ao alumínio são limitantes para a cultura da mamoneira, devido sua sensibilidade a este elemento tóxico no solos (LIMA et al., 2007). Passos (2009), avaliando cultivares de mamoneira sob solução nutritiva em sistema hidropônico, quanto á tolerância ao alumínio tóxico, concluiu que o comprimento da raiz principal, bem como o recrescimento da raiz principal e secundária, foram drasticamente reduzidos em função do aumento das concentrações de  $Al^{3+}$  para todas as cultivares (Sipeal 28, EBDA MPA 17, Nordeste e Paraguaçu).

O alumínio (Al) é um metal predominantemente encontrado como um componente importante das argilas do solo. Em condições de solos altamente ácidos (pH <5,0), a toxicidade do alumínio é induzida através da solubilização de Al em solos, tornando-se altamente fitotóxico, em sua forma por  $Al^{3+}$  (INOSTROZA-BLANCHETEAU et al., 2012). O alumínio tóxico provoca uma

rápida inibição de crescimento da raiz, limitando a profundidade de penetração destas raízes e a capacidade de absorção de água e nutrientes, o que resulta em um sistema radicular pouco desenvolvido, na deficiência de nutrientes e conseqüentemente redução na produtividade (FAMOSO et al., 2010; KRILL et al., 2010; BIAN et al., 2013).

Estima-se que solos ácidos, com pH abaixo de 5,5 cobrem cerca de 40% das terras potencialmente agricultáveis do mundo e mais de 64% da superfície da América do Sul (DURESSA et al., 2010), caracterizando-se como um dos principais entraves a nível mundial para a produtividade das culturas em solos ácidos (BIAN et al., 2013; BRUNNER e SPERISEN, 2013). As causas da acidez do solo têm origens naturais, devido ao material de origem do solo e ao processo de intemperização e lixiviação de bases, e de ação antrópica, tais como utilização excessiva de fertilizantes amoniacais, exportação de bases do solo, tais como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , pelo cultivo excessivo dos solos e poluição industrial que promove o fenômeno de chuva ácida (ZHANG et al., 2007).

Comumente, a acidez do solo e os problemas advindos dela, como a toxidez de Al, podem ser corrigidas através de práticas agronômicas baseadas em aumento do pH do solo, como a calagem, que consiste na aplicação e incorporação de calcário no solo. Embora a calagem possa eliminar os efeitos tóxicos do Al solúvel, para que isso ocorra com efetividade é necessário que o calcário seja aplicado no solo de forma uniforme e, posteriormente, seja bem incorporado. Apesar do custo do calcário ser baixo em relação a outros insumos agrícolas, a necessidade de grande quantidade do mesmo, o custo envolvido no seu transporte, aplicação e incorporação, fica muito elevado. Além disso, a incorporação do calcário em camadas profundas do solo é inviável, o que acaba favorecendo o desenvolvimento radicular apenas na camada superficial do solo, tornando as plantas mais suscetíveis a oscilações na disponibilidade de água no solo (CANÇADO et al., 2001; INOSTROZA-BLANCHETEAU et al., 2012).

Uma das formas mais eficazes de evitar os efeitos danosos do  $\text{Al}^{+3}$  é o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes à presença deste cátion, sendo uma alternativa ambientalmente e economicamente sustentável, minimizando a necessidade de utilização de calcário. O menor custo com correção da acidez e o maior desenvolvimento radicular manifestado nas plantas tolerantes ao alumínio

pode viabilizar a utilização de áreas que apresentem solos ácidos (SANTOS et al., 2011), além de favorecer as plantas submetidas ao estresse hídrico quando há necessidade de aprofundar o sistema radicular (HERVÉ et al., 2013).

As espécies de plantas evoluíram para níveis variáveis de tolerância ao alumínio, desenvolvendo mecanismos para melhorar a sua sobrevivência em solos ácidos, permitindo o desenvolvimento de cultivares varietais (RYAN et al., 2011; BIAN et al., 2013).

A seleção de genótipos tolerantes pode ser realizada em campo e em laboratório. Quando se visa a seleção para tolerância ao alumínio somente ao nível de campo é complicada pela desuniformidade desses solos e pela dificuldade de avaliar danos nas raízes, o que determina erros significativos na identificação de genótipos tolerantes, além de haver o inconveniente de reunir grande número de variáveis não controláveis, que podem interferir negativamente na precisão experimental (BERTAN et al., 2006). Neste sentido, é importante utilizar métodos eficientes de caracterização da tolerância ao alumínio em condições controladas de ambiente (MAZZOCATO et al., 2002). Assim, a identificadas de plantas tolerantes podem ser por meio de testes fisiológicos, através de sistema hidropônico (SILVA et al., 2006a; LANA et al; 2013), utilizando soluções nutritivas em laboratório por meio da medida do recrescimento da raiz após o tratamento com  $Al^{3+}$  na solução. Esta metodologia é barata e geralmente fornece uma medida confiável de tolerância.

O emprego de solução nutritiva e  $Al^{3+}$  em cultivo hidropônico permitem imediata observação dos efeitos deste elemento pela inibição do crescimento da raiz, evitando os inconvenientes do uso de solo onde a intensidade de seleção não pode ser quantitativamente controlada. Muitos trabalhos foram realizados e sugerem que medidas da retomada do crescimento das raízes após o tratamento com alumínio em solução nutritiva é possível discriminar genótipos tolerantes em relação aos genótipos sensíveis ao alumínio tóxico (BERTAN et al., 2005; BERTAN et al., 2006; SILVA et al., 2006b).

Nesse contexto, trabalhos de avaliação da germinação e conservação de sementes quanto ao armazenamento e toxidez do alumínio são essenciais para um programa de melhoramento e, conseqüentemente, seleção de linhagens promissoras.

Face às considerações feitas, o objetivo desse trabalho foi estudar aspectos sobre a germinação e armazenamento de sementes, bem como avaliar o comportamento dessa espécie mediante a toxidez ao alumínio sob sistema hidropônico.

## REFERÊNCIAS

AIRES, R. F. **Desempenho agrônômico de cultivares de mamona no Rio Grande do Sul**. 2008. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura familiar) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

ALMEIDA, F. de A. C.; JERÔNIMO, E. de S.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P.; SILVA, A. S. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.189-202, 2010.

ARAÚJO S S.; QUEIROGA, V de P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de mamona. **Agropecuária Técnica**, v. 11, n. 1/2, 1990.

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

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na região nordeste, em especial o semi-árido e outros aspectos ligados a sua cadeia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 6p. Comunicado Técnico, 213.

BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, P.H.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; SILVA, G.C.; HARTWIG, I.; PADILHA, E.B. Caracteres associados a tolerância ao alumínio tóxico em genótipos de trigos sul brasileiros, **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p.149-154, 2005.

BERTAN, I; CARVALHO, F.I.F; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, G.O.; HARTWIG, I.; VALÉRIO, I.P.; FINATTO, T. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v.65, n.1, p.55-63, 2006.

BIAN, M.; ZHOUA, M.; SUNB, D.; LIC, C. Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants. **The Crop Journal**, v. 1, n.1, p. 91-104, 2013.

BITTENCOURT, O. R. M.; VIEIRA, R. D.; BARRETO, M.; VOLPE, C. A. Comparação de dois tipos de germinadores como câmara de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.1, p. 69-74, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 1 ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRUNNER, V.; SPERISEN, C. Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n.1, p. 1-12, 2013.

CANÇADO, G.M.A.; LOPES, M.A.; PAIVA, E. Genética e bioquímica da tolerância de plantas ao alumínio. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: UFLA/DCS, 2001. p.363- 388.

CARNEIRO, J.W.P.; PIRES, J.C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 5 n. 3, p.127-131, 1983.

DURESSA, D.; SOLIMAN, K.; CHEN D. Identification of aluminum responsive genes in Al-Tolerant Soybean Line PI 416937. **International Journal of Plant Genomics**, v. 1, n.1, p. 1-13, 2010.

EICHOLZ, E. D.; SILVA, S. D. A. Qualidade de sementes de mamona em função da época de semeadura e ordem de racemo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 261- 271, 2011.

FALASCA, S. L.; ULBERICH, A. C.; ULBERICH, E. Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (*Ricinus communis* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 40, n. 1, p. 185- 191, 2012.

FAMOSO, A. N.; CLARK, R. T.; SHAFF, J. E.; CRAFT, E.; MCCOUCH, S. R.; KOCHIAN, L. V. Development of a novel aluminum tolerance phenotyping platform used for comparisons of cereal aluminum tolerance and investigations into rice aluminum tolerance mechanisms. **Plant Physiology**, v. 153, n.1, p. 1678-1691, 2010.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P. de; ITO, M. F; DUDIENAS, C; RAMOS, N. P; GALBIERI, R. Influência da colheita e períodos de armazenamento na qualidade sanitária de sementes de mamona. **Summa Phytopathologica**, v.35, n.3, p.202-209, 2009b.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p. 150-159, 2009a.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA RODRIGUES, F.C.M; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.137-174

FIGUEIREDO, S. M.; LOPES, F. F. M;BELTRÃO, N. E. M. Qualidade fisiológica de sementes de mamona acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas sob condições climáticas de Patos-PB. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE MAMONA, 2 ., 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão (CNPQ), 2006. CD-ROM 1.

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

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

HERVÉ, C.B.; CALAI, F. A.; NAVA, I. C.; DELATORRE, C. A. Tolerância ao alumínio tóxico em germoplasma elite de aveia. **Ciência Rural**, v.43, n.8, p.1364-1370, 2013.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro v.26 n.9 p.1-84, set. 2013. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201309.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201309.pdf). Acesso em 25/10/2013.

INOSTROZA-BLANCHETEAU, C.; RENGEL, Z.; ALBERDI, M.; MORA M.de la L.; AQUEA, F.; ARCE-JOHNSON, P.; REYES-DÍAZ, M. Molecular and physiological strategies to increase aluminum resistance in plants. **Molecular Biology Reports**, v. 39, n.3, p.2069-2079, 2012.

KOBORI, N. N. **Tratamento fungicida e qualidade de sementes de mamona**. 2011. 102p. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

KOBORI, N. N.; CICERO, S. M.; MEDINA, P. F. Teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.1, p. 125 - 133, 2012.

KRILL, A. M.; KIRST, M.; KOCHIAN, L.V.; BUCKLER, E. S.; HOEKENGA, O.A. Association and linkage analysis of aluminum tolerance genes in maize. **Plos one**, v.5, n.4, p. 1-11, 2010.

LAGO, A. A.; ZINK, E.; RAZERA, L. F.; BANZATTO, N. V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia**, v. 38, n.1, p. 41-44, 1979.

LANA, M. do C.; STEINER, F.; ZOZ, T.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J. F. Tolerance of physic nut plants to aluminum activity in nutrient solution. **Bioscience Journal**, v. 29, n.3, p. 582-589, 2013.

LIMA, R. de L. S. de; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. de L.; JERÔNIMO, J. F.; VALE, L. S. do; BELTRÃO, N. E. de M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.474-479, 2006.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; SILVA, M.I.L.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, n.1, p.15-21, 2007.

MACHADO, C. G.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. C. S.; NAKAGAWA, J.; PEREIRA, F. R. da S. Posição do racemo e do fruto na qualidade fisiológica de sementes de mamona durante o armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.2, p.301-312, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MAZZOCATO, A.C.; ROCHA, P.S.G.; SERENO, M.J.C.M.; BOHNEM, H.; GRONGO, V.; BARBOSA NETO, J.F. Tolerância ao alumínio em plântulas de milho. **Ciência Rural**, v.32, p.19- 24, 2002.

MENDES, R.de C.; DIAS, D. C. F. dos S.; PEREIRA, M. D. ; BERGER, P. G. Tratamentos pré-germinativos em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.187-194, 2009.

NAZ, S.; TABASSUM, F.; JAVAD, S.; ILYAS, S.; ASLAM, F.; MUNIR, N.; ALI, A. Micropropagation and callogenesis of a recalcitrant species *Ricinus Communis*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 5, p. 2419- 2422, 2011.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. da S.; SOARES, L. A. dos A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.1, p.76-85, 2013.

PASCUALI, L. C.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SILVA FILHO, A.; MENEGHELLO, G. E. Germinação de sementes de pinhão manso em diferentes temperaturas, luz e substratos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.4, 1435-1440, 2012.

PASSOS, A. R. **Estudo genético e agrônômico da mamoneira em baixas altitudes do Recôncavo Baiano**. 2009. 109f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas, 2009.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

QUEIROGA, V. de P.; SILVA FILHO, J. L. da; CARTAXO, W. V.; QUEIROGA, D. A. N. Substrato e tratamento químico em relação à qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.3, p.13-18, 2013.

QUEIROGA, V. P.; BELTRÃO, N. E. M. **Produção e armazenamento de sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 7p. Comunicado Técnico, 206.

RYAN, P. R.; TYERMAN, S. D.; SASAKI, T. ; FURUICHI, T.; YAMAMOTO, Y.; ZHANG, W. H.; DELHAIZE, E. The identification of aluminium-resistance genes

provides opportunities for enhancing crop production on acid soils. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.1, p.920, 2011.

SANTOS, A. M. dos AGNOL, M. D.; JANKE, A.; BORTOLINI, F.; HUBER, K. G.C. Análise da diversidade genética de cornichão com o uso de marcadores microssatélites. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n.6, p.1188-1194, 2011.

SANTOS, H. O.; SILVA-MANN, R.; ANDRADE, T. M.; CORTEZ, P. C. C. F.; BISPO, M.V.C.; ROCHA, R. C.; CARVALHO, M. L. M. Potencial germinativo de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) submetidas a estresse salino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. Energia e ricinoquímica: Resumos. Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008.

SILVA, G. Z. da; BRAGA JÚNIOR, J. M.; ALCÂNTARA BRUNO, R. de; FERRARI C. dos S.; ARAÚJO, F. dos S.; COSTA, M. N. da. Qualidade fisiológica de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) armazenadas. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2010, João Pessoa, PB. Anais... João Pessoa: – 2010. Disponível em: <http://www.cbmamona.com.br/pdfs/SEM-44.pdf>. Acesso em: Acesso em 20 de set. 2013.

SILVA, G.C.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; BERTAN, I.; HARTWIG, I.; FINATTO, T. Parâmetros de avaliação da tolerância ao alumínio tóxico em diferentes cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.4, p.401-404, 2006a.

SILVA, N. G. A; LINO, A. S. **Mamona e biodiesel**: oportunidade para o Semiárido. 2009.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, J. A. G. da; OLIVEIRA, A. C. de; CRUZ, P. J.; CAETANO, V. da R.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; PASSOS, A. R.; VIEIRA, E. A.; SIMIONI, D. Toxicidade do alumínio e efeito do ácido giberélico em linhas quase isogênicas de trigo com o caráter permanência verde e maturação sincronizada. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.765-771, 2006b.

ZHANG, J.; HE, Z.; TIAN, H.; ZHU, G.; PENG, X. Identification of aluminium-responsive genes in rice cultivars with different aluminium sensitivities. **Journal of Experimental Botany**, v.58, n.8, p.2269-2278, 2007.

## **CAPÍTULO I**

# **COMPORTAMENTO GERMINATIVO DE SEMENTES DE LINHAGENS DE MAMONEIRA SOB DIFERENTES SUBSTRATOS E GERMINADORES <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo submetido ao comitê editorial da Revista Ciência Agronômica

## **Comportamento germinativo de sementes de linhagens de mamoneira sob diferentes substratos e germinadores**

**RESUMO** - O estudo dos fatores que interferem na germinação das sementes é de extrema importância quando se visa à produção comercial e conservação de uma espécie. Este trabalho objetivou avaliar a influência do substrato e do germinador sobre a germinação de sementes de diferentes linhagens de mamona (*Ricinus communis* L.). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial com tratamento adicional [(5x2x2)+1], os quais consistiram de cinco linhagens (UFRB 206; UFRB 214; UFRB 237; UFRB 256 e UFRB 263), dois tipos de germinadores (câmaras B.O.D e germinador modelo Mangelsdorf), ambos com temperatura constante de 30°C, além de dois tipos de substratos (areia lavada e rolo de papel do tipo *germitest*). Adicionalmente, incluiu-se um tratamento testemunha em condição de temperatura ambiente (28°C), onde as sementes foram semeadas em bandejas plásticas contendo como substrato areia lavada e sem a utilização de germinador. As avaliações foram realizadas diariamente e determinou-se a porcentagem e o índice de velocidade germinação de sementes. No final do experimento foram avaliadas as plântulas normais, porcentagem de sementes mortas e dormentes, comprimento da raiz primária e massa de matéria seca da raiz. Verificou-se que os tipos de germinadores e os substratos combinados afetam a velocidade de germinação das sementes de mamoneira. O substrato areia é indicado para a germinação das sementes e o papel *germitest* reduz a germinação das sementes de mamona nas linhagens em estudo. Ambos os germinadores favorecem a porcentagem de germinação e desenvolvimento da plântula. A linhagem exerce influência na germinação.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L.; semente oleaginosa; propagação.

## **Germination behavior of seeds of castor bean lines under different substrate and germination**

**ABSTRACT** - The study of factors affecting the germination of a seed is of utmost importance when aiming for commercial production and conservation of a species. This study evaluated the influence of substrates and types of germination on germination of seeds of different strains of castor (*Ricinus communis* L.). We used a completely randomized design in a factorial arrangement with additional treatment [(5x2x2) +1], which consisted of five strains (UFRB 206; UFRB 214; UFRB 237; UFRB 256 and UFRB 263), two types of seed germinators ( B.O.D. chambers and germinator Mangelsdorf model), both with constant temperature of 30 °C, two types of substrates (sand and scroll *germitest* type). Additionally, we included a control treatment condition in ambient temperature (28 °C), where the seeds were sown in plastic trays containing washed sand as substrate and without using the germinator. The evaluations were performed daily and determined the percentage and germination speed index. At the end of the experiment, normal seedlings, percentage of dead and dormant seeds, primary root length and root dry mass were evaluated. It was found that the types of seed germinators and the combined substrates affect the germination rate of the seeds of castor. The sand substrate is suitable for seed germination and *germitest* paper reduces the germination of seeds of the castor bean lines under study. Both germination percentage seedling development. The lineage influences the germination.

**Key words** - *Ricinus communis* L.; oilseed; propagation.

## INTRODUÇÃO

A busca por combustíveis renováveis, biodegradáveis, não tóxicos, livres de composto com sulfato provocou o interesse na produção de biodiesel a partir de várias espécies vegetais. Porém, muitas dessas espécies são utilizadas para consumo humano, como a canola, soja, girassol, amendoim, entre outras, sendo que a inserção delas no mercado de biodiesel poderia criar uma escassez na cadeia de suprimentos e conseqüentemente um aumento dos preços dos alimentos. Neste contexto, a mamoneira (*Ricinus communis* L.), entre outras oleaginosas não comestíveis, é uma alternativa sustentável que poderá parcialmente substituir o combustível de petróleo à base de diesel, por possuir altos rendimentos de semente e óleo, boa adaptabilidade ao Semiárido brasileiro e agregar mão de obra familiar, dentre outras vantagens (PECINA-QUINTERO et al., 2013).

A mamoneira possui perspectivas para o seu cultivo, tanto para a produção de biodiesel como também para suprir um grande mercado de oleaginosa, uma vez que o óleo de mamona tem mais de 700 aplicações, havendo uma crescente demanda internacional (FALASCA et al., 2012). Embora a mamoneira seja de grande importância econômica para o Brasil e para o mundo, o seu cultivo ainda é realizado com sementes dos próprios produtores, tornando as sementes escassas e de baixa qualidade, sendo um dos maiores entraves para expansão da cultura no país (EICHOLZ e SILVA, 2011; KOBORI et al., 2012).

O uso de sementes de qualidade é de grande importância para a propagação e expansão comercial de uma espécie. As sementes de mamona são consideradas por Naz et al. (2011) como recalcitrantes quando propagadas in vitro, portanto, não suportam armazenamento por um longo período e possuem germinação lenta e desuniforme, dificultando a produção de mudas e plantios uniformes.

A mamoneira tem apresentado entraves no poder germinativo de suas sementes quando as mesmas são armazenadas em condição de ambiente entre safra à espera para seu cultivo nos meses chuvosos, principalmente em região com alta umidade relativa do ar, a exemplo do ambiente de Cruz das Almas, Bahia. Este comportamento tem sido repetido freqüentemente, o que levou o Programa de Melhoramento da Mamoneira do NBIO/UFRB a procurar

informações sobre os fatores que interferem no poder germinativo de sementes de mamoneira e sua forma de conservação, visando minimizar as perdas de germinação de sementes e a garantia do cultivo em campo, visto a melhor maneira de conservação das mesmas, sob adequados substratos e germinadores.

Estudos avaliando o melhor substrato em mamoneira foram realizados por diversos autores, a exemplo de Carneiro e Pires (1983) verificando que o maior poder germinativo ocorreu quando foi usado o rolo de papel e pano. Araújo e Queiroga (1990) constataram que os substratos rolo de papel e entre areia foram mais eficientes na avaliação da germinação. Queiroga et al. (2013) relatam que o substrato areia proporciona maior qualidade fisiológica das sementes do que o rolo de papel. Para a mamoneira as RAS recomendam temperaturas que variam de 20-30°C ou 30°C constantes e presença de luz na germinação e semeadura em papel ou na areia (BRASIL, 2009).

Mesmo assim, com esses estudos, pouco se conhece sobre a germinação das sementes de mamoneira, utilizando os substratos papel *germitest* e areia (QUEIROGA et al., 2013), especialmente quando são utilizados diferentes germinadores e linhagens, pois, a maior parte dos trabalhos realizados com substrato avalia conjuntamente apenas sob diferentes temperaturas, a utilização de sementes com ou sem casca ou avalia o substrato no desenvolvimento de mudas de mamoneira, necessitando de estudos que avaliem conjuntamente a influencia do substrato, do germinador e da linhagem no comportamento germinativo das sementes de mamoneira.

Bezerra et al. (2002) verificaram que ambiente e substrato combinados afetam a velocidade de germinação e o desenvolvimento de plântulas de *Momordica charantia* L. (melão-de-são-caetano), e que o ambiente isoladamente não afeta a porcentagem de germinação. Alves et al. (2012) verificaram que o substrato é um dos fatores que influenciam tanto a germinação das sementes quanto o desenvolvimento das plântulas de cataia. Nobre et al. (2013) constataram que o material genético afetou o desempenho germinativo do girassol.

O tipo de germinador pode variar com a exigência de cada espécie. Existem diversos tipos de germinadores, a exemplo câmara vertical tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) e modelo Mangelsdorf que são utilizados para

maximizar os resultados do teste de germinação, pois esses germinadores têm controle de temperatura e fotoperíodo. O tipo de equipamento a ser utilizado nas análises de germinação de sementes pode influenciar nos resultados conforme foi observado por Bittencourt et al. (1995). Estes autores, em estudo de envelhecimento acelerado, após comparar o germinador tipo Mangeldorf e da B.O.D, concluíram que germinador tipo B.O.D demonstrou ser mais adequado para o teste de envelhecimento acelerado na germinação de sementes de amendoim e arroz e não obteve diferença para as sementes de soja. Em mamoneira não existem relatos sobre a comparação de germinadores, embora necessário para a elucidação de fatores que venham a interferir no poder germinativo das sementes nesta espécie.

Desta forma, este trabalho objetivou avaliar a influência do germinador e do substrato sobre a germinação de sementes de cinco linhagens de mamona (*Ricinus communis* L.).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi desenvolvido no período de janeiro/2012 a junho/ 2012, no Laboratório do Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia (NBIO) pertencente ao Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) em Cruz das Almas, BA. Foram utilizadas sementes de cinco linhagens de mamoneira colhidas no ano agrícola de 2012 (Safrá 2011/2012) provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Mamoneira da UFRB/NBIO. Estas linhagens possuem produtividade média de 1.142 kg ha<sup>-1</sup>, ciclo de 143-151 dias, altura variando de 1,63 a 2,12 m e teor de óleo acima de 51%.

Visando diminuir a ação de patógenos no desenvolvimento do experimento, removeu-se manualmente a carúncula, em seguida as sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 5% (produto comercial) durante 15 minutos e lavadas com água destilada.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições de 50 sementes, em um esquema fatorial com um tratamento adicional [(5x2x2)+1], os quais consistiram de cinco linhagens (UFRB 206; UFRB 214;

UFRB 237; UFRB 256 e UFRB 263), dois tipos de germinadores (câmaras B.O.D e germinador modelo Mangelsdorf), dois tipos de substratos (areia e rolo de papel do tipo *germitest*). Adicionalmente, incluiu-se um tratamento testemunha em que as sementes foram semeadas em bandejas plásticas com dimensões externas de 63 x 290 x 370mm (polipropileno) contendo substrato areia lavada e mantidas em temperatura ambiente (aproximadamente 28°C), sem a utilização de germinador.

A areia lavada utilizada na semeadura foi previamente esterilizada em estufa (200°C por duas horas), umedecida inicialmente com uma quantidade de água destilada, equivalente a 60% da capacidade de retenção e distribuída em bandejas plásticas. As sementes foram colocadas sobre uma camada uniforme de areia ocupando 70% da área da bandeja, sendo umedecida com água destilada e cobertas com areia solta, de forma a obter uma camada de aproximadamente 1 cm sobre as sementes. Para o substrato papel tipo *germitest*, o mesmo foi esterilizado e umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, conforme Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes foram colocadas para germinar entre três folhas de papel *germitest*, embrulhadas em forma de rolos e colocadas no germinador em posição horizontal. As bandejas contendo os substratos com sementes foram mantidas em dois tipos de germinador: câmara vertical tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) modelo EL 202 e germinador tipo Mangelsdorf modelo TE-403, ambos sob temperatura de 30°C.

Sementes de cinco linhagens foram avaliadas quanto ao grau de umidade e peso de 100 sementes. A determinação do teor de água (base úmida - b.u.) das sementes foi realizada, utilizando-se o método da estufa a 105°C por 24 horas, com quatro repetições de 10 sementes por parcela, conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Com relação ao peso de 100 sementes adotou-se o método descritivo conforme Brasil (2009), utilizando balança analítica, com quatro repetições de 100 sementes por linhagem.

Após a semeadura os caracteres avaliados foram: porcentagem de germinação (GER), consideraram-se germinadas as sementes que apresentavam radícula, com aproximadamente 1 cm de comprimento; índice de velocidade de germinação (IVG), sendo efetuadas contagens diárias das plântulas emergidas

durante sete dias e realizando os cálculos conforme a metodologia recomendada por Maguire (1962); porcentagens de sementes mortas (PSM) e duras (PSD), avaliadas conforme Brasil (2009); comprimento da raiz primária (CRP), mensurado com auxílio de uma régua, com os resultados expressos em centímetros; massa da matéria seca da raiz, avaliada após a separação da parte aérea e colocada em estufa de circulação forçada e pesada em balança analítica.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, com o teste de Kolmogorov-Smirnov, para verificação da normalidade e homogeneidade dos dados, e por apresentarem distribuição normal foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para a comparação dos fatores estudados versus o tratamento adicional (testemunha) foi utilizado o teste bilateral de Dunnet a 5% de probabilidade, através do programa SAS SYSTEM v.8.1 (SAS INSTITUTE, 2003).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As linhagens estudadas mostraram ser divergentes quanto ao peso de 100 sementes (Tabela 1). O peso variou de 77,37 g (UFRB 263) a 61,80 g (UFRB 206) com média de 70,28 g e desvio padrão (DP) de 5,78 g. O peso de 100 sementes das linhagens avaliadas foi superior à média do caráter relatado na literatura por Figueiredo Neto et al. (2004) que avaliaram 49 genótipos de mamoneira, obtendo média de 51,54 g.

O peso de 100 sementes é um caráter de grande importância ao fazer a caracterização das sementes. A partir dessa informação é possível estimar a divergência em acessos de mamona (FIGUEIREDO NETO et al., 2004). A importância da diversidade genética para o melhoramento reside no fato de que cruzamentos envolvendo genitores geneticamente diferentes são os mais convenientes para produzir alto efeito heterótico, além de maior variabilidade genética em gerações segregantes (BAHIA et al., 2008).

Tabela 1. Peso de 100 sementes, em grama e umidade da semente, em porcentagem, de cinco linhagens de mamoneira.

Linhagens	Peso de 100 sementes	Umidade da semente (%)
UFRB 206	61,80 D	14,34 AB
UFRB 214	73,40 B	13,29 B
UFRB 237	72,01 B	16,79 AB
UFRB 256	66,80 C	21,28 A
UFRB 263	77,37 A	13,11B
Média	70,28	15,76
Desvio Padrão	5,78	4,28
C.V.(%)	2,62	20,77

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação.

A umidade das sementes (Tabela 1) foi de 21,28%; 16,79%; 14,34%; 13,29% e 13,11% para as linhagens UFRB 256, UFRB 237, UFRB 206, UFRB 214, UFRB 263, respectivamente. A umidade inicial da semente é importante para comparar os resultados e auxiliar na tomada de decisões, pois pode interferir na germinação das sementes (SANTOS NETO et al., 2009; FANAN et al., 2009). Brüning et al. (2011) estudando a influencia da umidade nas sementes observou que sementes que possuem alto teor de umidade são mais sensíveis a ataque de microorganismos e possuem mais facilidade para se deteriorar.

A Tabela 2 apresenta a análise de variância para os caracteres analisados em função do germinador, substrato e da linhagem e das suas respectivas interações. A porcentagem de germinação (GER) apresentou diferença significativa pelo teste F para as fontes de variação, substratos e linhagem e nas interações germinador x linhagem; substrato x linhagem e interação tripla entre germinador x substrato x linhagem. As diferenças mostraram-se não significativas para o germinador e para a interação ambiente x substrato.

Em relação ao índice de velocidade de germinação (IVG) todos os caracteres analisados individualmente apresentaram diferenças significativas, inclusive suas interações, exceto a interação tripla entre germinador x substrato x linhagem.

A porcentagem de sementes mortas (PSM) apresentou significância apenas para a fonte de variação linhagem. A porcentagem de sementes duras (PSD) foi significativa para o substrato, linhagem e para as interações entre germinador x linhagem e substrato x linhagem e para a interação tripla entre germinador x substrato x linhagem.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para porcentagem de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de sementes mortas (PSM) e duras (PSD), comprimento da raiz primária (CRP) e massa de matéria seca da raiz (MSR) de diferentes linhagens de mamoneira, em função do tipo de germinador e do substrato.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio					
		GER	IVG	PSM	PSD	CRP	MSR
Germinador (G)	1	0,59 <sup>ns</sup>	12,02*	0,50 <sup>ns</sup>	2,75 <sup>ns</sup>	3,50 <sup>ns</sup>	0,010*
Substrato (S)	1	5,29*	37,69*	0,12 <sup>ns</sup>	44,29*	671,36*	0,001 <sup>ns</sup>
Linhagem (L)	4	2,37*	13,21*	1,62**	14,28*	8,80 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
G x S	1	0,17 <sup>ns</sup>	4,88*	0,97 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	80,34*	0,290*
G x L	4	2,02*	11,74*	1,00 <sup>ns</sup>	10,96*	2,92 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
S x L	4	0,94*	5,63*	0,25 <sup>ns</sup>	11,59*	5,52 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>
G x S x L	4	0,47**	1,82 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	2,74**	4,96 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
Erro	60	0,18	0,83	0,57	1,05	5,94	0,003
C.V. (%)		4,61	8,81	28,64	35,98	34,81	73,90
Média		87,6 %	10,31	1,4 %	11,0 %	7,0 cm	0,08 g

ns \* e \*\*: não-significativo, significativo a 1% e 5% pelo teste F, respectivamente.

Houve significância sobre o comprimento da raiz principal para o substrato e para a interação germinador x substrato (Tabela 2). Já para a massa de matéria seca das raízes, houve significância para o tipo de germinador e para a interação germinador x substrato.

A interação significativa entre o germinador, substrato e linhagem pode ser explicando pela capacidade de retenção de água e a quantidade de luz que o substrato oferece à semente podendo proporcionar diferentes respostas obtidas até para a mesma linhagem, conforme ocorreu com as sementes de *Ricinus communis*, neste ensaio.

Na Tabela 3 encontram-se as médias para o caráter porcentagem de germinação de sementes de mamoneira e suas respectivas análises de desdobramento triplo para o fator substrato, germinador e linhagem. As médias variaram de 72,0% a 99% a depender do ambiente em que as sementes foram colocadas para germinar. Queiroga et al. (2013) obtiveram médias, com diferenças significativas, de 76,25% e 68,87% de germinação para a semeadura em areia e papel, respectivamente, para a cultivar BRS Energia, desta forma mostrando que os substratos podem influenciar na qualidade das sementes quando forem colocadas para germinar.

É possível observar que as sementes das cinco linhagens, ao serem colocadas para germinar em areia e germinador Mangelsdorf, apresentaram comportamento germinativo semelhante, segundo o teste de Tukey. Porém, ao ser modificado o tipo de germinador para a B.O.D. e mantendo o substrato areia, a linhagem UFRB 263 teve um decréscimo acentuado na sua germinação. Quando as sementes das cinco linhagens foram colocadas em papel *germitest*, observou-se que houve uma maior diferença entre elas na porcentagem de germinação, ao comparar as mesmas linhagens em areia, quando submetidas aos diferentes tipos de germinadores, desta forma foi apresentada maior variação nas médias. Com isso observa-se que o substrato areia proporcionou germinação de sementes superior às semeadas em substrato papel. A menor porcentagem de germinação proporcionada pelo substrato rolos de papel, segundo Queiroga et al. (2003), provavelmente, seja explicado pela insuficiência de umidade existente no papel para as sementes, em decorrência de que a casca das sementes de mamoneira impede maior contato do papel úmido com as sementes. Silva et al. (2008) e Scalon et al. (1993) em seus estudos de germinação de sementes concluíram que o substrato, durante a realização do teste de germinação, deve permanecer com umidade uniforme, a fim de suprir as sementes da quantidade de água necessária para sua germinação e desenvolvimento.

A linhagem UFRB 263, como foi mencionada anteriormente, teve um decréscimo acentuado na sua germinação mesmo quando semeada em areia e colocada em B.O.D., fato que não ocorreu com as outras linhagens avaliadas. E a linhagem UFRB 214 mostrou ser mais afetada ao utilizar a B.O.D e em papel *germitest*. Vale ressaltar que essas linhagens, a UFRB 263 e UFRB 214, foram as que apresentaram menores porcentagens de umidade, 13,11% e 13,29%, respectivamente. Desta forma, pode-se inferir que o germinador juntamente com as características fenotípicas das sementes, a exemplo da umidade, pode auxiliar a manter a uniformidade na germinação de sementes de mamoneira.

A linhagem UFRB 256 que possui a maior porcentagem de umidade em suas sementes, ao serem colocadas em ambiente com alta saturação de água, neste caso o germinador do tipo Mangelsdorf (Tabela 3), acabaram tendo um decréscimo na sua germinação, mostrando que o excesso de umidade pode influenciar na germinação. A provável explicação para isto se deve a característica diferenciada dos germinadores. Os germinadores tipo Mangelsdorf

ressequem menos substratos, porque possuem um reservatório interno que proporciona alta umidade por saturação devido a utilização de uma manta d' água no fundo do aparelho, enquanto nas câmaras de germinação tipo B.O.D. a umidade é produzida por evaporação natural do substrato. O excesso de umidade da semente e do substrato impede a oxigenação e reduz todo o processo metabólico da semente, favorecendo o aumento de doenças e fungos na semente provocando o decréscimo na germinação (SILVA et al., 2008; EICHOLZ e SILVA, 2011).

Tabela 3. Porcentagem de germinação de sementes de mamoneira, colocadas para germinar em diferentes substratos (em areia e papel *germitest*) e germinadores (B.O.D. e Mangelsdorf).

Linhagens	Testemunha Areia/ 28 °C	-----Areia-----		-----Papel-----	
		B.O.D.	Mangelsdorf	B.O.D.	Mangelsdorf
UFRB 206	79 a	99,0 a A <sup>+</sup>	96,0 a A <sup>+</sup>	87,0 ab A <sup>ns</sup>	78,0 b A <sup>ns</sup>
UFRB 214	80 a	96,0 a A <sup>+</sup>	98,0 a A <sup>+</sup>	72,0 ab B <sup>ns</sup>	88,0 ab A <sup>ns</sup>
UFRB 237	77 a	91,0 a A <sup>+</sup>	89,0 a A <sup>+</sup>	95,0 a A <sup>+</sup>	97,0 a A <sup>+</sup>
UFRB 256	91 a	97,0 a A <sup>ns</sup>	94,0 a A <sup>ns</sup>	94,0 a A <sup>ns</sup>	77,0 b B <sup>-</sup>
UFRB 263	85 a	67,0 b B <sup>ns</sup>	96,0 a A <sup>ns</sup>	64,0 b B <sup>ns</sup>	77,0 b B <sup>ns</sup>
Média	82,4	90,0	94,6	82,4	83,4
DP	8,7	13,5	5,4	15,10	10,49

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>+</sup> Significativo e superior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>-</sup> Significativo e inferior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade. DP= desvio padrão

Para comparar a ocorrência de um aumento significativo ao utilizar um germinador em relação à testemunha (sem a utilização de germinador e em areia), as médias das linhagens foram comparadas através do teste de Dunnett (Tabela 3). Foi observado que ocorre incremento na porcentagem de germinação em relação a testemunha nas linhagens UFRB 206, UFRB 214 e UFRB 237 desde que as mesmas sejam submetidas a qualquer tipo de germinador e continue a utilizar a areia como substrato. E, as sementes serem colocada em papel *germitest*, apenas a linhagem UFRB 237 teve incremento em relação à testemunha, enquanto que todas as outras não diferiram em relação à testemunha. Quando não há diferença em relação a testemunha, supõe que não é necessário colocar as sementes em determinado germinador para favorecer a germinação. Os resultados obtidos são corroborados com os de Abreu et al. (2005) em semente de cataia, que também observaram maior germinação em

areia. E com Bittencourt et al. (1995) concluíram que a utilização de germinador pode ou não interferir nos resultados.

A linhagem UFRB 256 apresentou comportamento diferenciado, das demais linhagens testadas, as sementes ao serem colocadas em papel *germitest* e germinador tipo Mangelsdorf, tiveram um decréscimo de 14% na germinação em relação à testemunha. Esse resultado ressalta a influência do tipo de germinador, substrato e da constituição genética na germinação das sementes.

Já a linhagem UFRB 237 teve aumento significativo ao se comparar com a testemunha, independente do germinador e do substrato, ou seja, colocando em qualquer ambiente diferente ao da testemunha, ocorreu a aceleração da germinação ao se controlar o ambiente, mantendo a temperatura constante de 30°C. Carneiro e Pires (1983), trabalhando com diferentes temperaturas e substratos em mamoneira, concluíram que a temperatura de 30°C constante proporcionou uma melhor germinação das sementes, devido ao fato que em temperaturas mais elevadas ocorre um favorecimento ao fluxo de água para a semente, em consequência do aumento da energia da água, provocando um aumento da pressão de difusão e maior velocidade das reações favoráveis à germinação. Pode-se então indicar a utilização de câmaras de germinação do tipo B.O.D. ou Mangelsdorf para aumentar potencial germinativo das sementes de mamoneira devendo, porém antes, conhecer as características da linhagem a ser trabalhada.

As médias obtidas para o índice de velocidade de germinação se encontram na Tabela 4. O substrato areia proporcionou resultados semelhantes para as linhagens para ambos os germinadores, exceto para a linhagem UFRB 263 em B.O.D. No entanto, para o substrato papel *germitest* as linhagens tiveram comportamentos diferenciados ao serem avaliados nos diferentes germinadores. Mas em geral, o substrato areia foi o mais adequado para a germinação de sementes de mamoneira, por proporcionar maior uniformidade da germinação, talvez por isso ele seja indicado para todo tipo de sementes, conforme afirma Abreu et al. (2005).

Ao serem comparados com a testemunha (Tabela 4), os resultados mostraram claramente que o germinador favorece o índice de velocidade de germinação para as linhagens UFRB 206 e UFRB 237. A linhagem UFRB 214 apresentou germinação acelerada diferindo da testemunha só em areia,

independentemente do tipo de germinador. Já as sementes da linhagem UFRB 263, só ocorre aceleração na germinação quando colocadas em germinador do tipo Mangelsdorf, os outros ambientes testados mostraram-se desfavoráveis ao índice de velocidade de germinação, tornando mais tardia a germinação. Isso demonstra que o germinador tipo Mangelsdorf possibilitou condições adequadas para acelerar a germinação das sementes da linhagem UFRB 263, desde que mantenha o substrato areia.

Tabela 4. Índice de velocidade de germinação de sementes de mamoneira, colocadas para germinar em diferentes substratos (areia e papel *germitest*) e germinadores (B.O.D. e Mangelsdorf).

Linhagem	Índice de velocidade de germinação				
	Testemunha	Areia		Papel	
	Areia/ 28°C	B.O.D.	Mangelsdorf	B.O.D.	Mangelsdorf
UFRB 206	9,88 a	12,37 a A <sup>+</sup>	12,00 a A <sup>+</sup>	10,87 a A <sup>+</sup>	10,00 b A <sup>+</sup>
UFRB 214	10,00 a	12,0 a A <sup>+</sup>	12,25 a A <sup>+</sup>	9,0 b B <sup>ns</sup>	11,25 b A <sup>ns</sup>
UFRB 237	9,63 a	12,13 a A <sup>+</sup>	11,37 a A <sup>+</sup>	11,87 a A <sup>+</sup>	12,50 a A <sup>+</sup>
UFRB 256	11,38 a	11,75 a A <sup>ns</sup>	12,13 a A <sup>ns</sup>	11,75 a A <sup>ns</sup>	9,75 b B <sup>-</sup>
UFRB 263	10,63 a	8,00 b B <sup>-</sup>	12,00 a A <sup>+</sup>	6,67 b B <sup>-</sup>	8,97 b A <sup>-</sup>
Médias	10,30	11,54 A		10,47 B	
DP	1,09	1,30		1,61	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>+</sup> Significativo e superior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>-</sup> Significativo e inferior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de sementes mortas se encontra na Tabela 5, esse caráter não foi influenciada pelos tipos de germinadores e substratos. Considerando os tratamentos, em média a linhagem UFRB 214 foi o que apresentou maior porcentagem de sementes mortas. Como pode ser constatado em média houve baixa porcentagem de mortandade de sementes, revelando que apesar da elevada umidade das sementes a contaminação foi baixa. Com esses resultados concluiu-se que a linhagem exerce grande influencia para o aparecimento de sementes mortas.

Na Tabela 5 também é possível observar que o germinador B.O.D. teve uma maior porcentagem de sementes duras ao utilizar o substrato papel apenas para as linhagens UFRB 206 e UFRB 263, já o substrato papel ao utilizar o germinador tipo Mangelsdorf também favoreceu a porcentagem de sementes duras para as

linhagens UFRB 214 e UFRB 256. Mas ao se comparar com a testemunha ocorre apenas aumento de sementes duras para o genótipo UFRB 256 e UFRB 263. Mas na sua maioria o substrato areia ao ser colocado em um germinador diminui significativamente a ocorrência de sementes duras em todas as linhagens em relação à testemunha.

Tabela 5. Porcentagem de sementes mortas (PSM) e porcentagem de sementes duras (PSD) de cinco linhagens mamoneira colocados para germinar em diferentes germinadores e substratos.

Caráter	Substrato	Germinador	Linhagens				
			UFRB 206	UFRB 214	UFRB 237	UFRB 256	UFRB 263
PSM (%)	Papel	Testemunha	0 a	0 a	0 a	0 a	2 a
		Mangelsdorf	1 a <sup>ns</sup>	5 a <sup>+</sup>	1 a <sup>ns</sup>	2 a <sup>+</sup>	3 a <sup>+</sup>
		B.O.D.	1 a <sup>ns</sup>	0 a <sup>ns</sup>	2 a <sup>+</sup>	1 a <sup>ns</sup>	0 a <sup>ns</sup>
	Areia	Mangelsdorf	0 a <sup>ns</sup>	4 a <sup>+</sup>	0 a <sup>ns</sup>	1 a <sup>ns</sup>	1 a <sup>ns</sup>
		B.O.D.	0 b <sup>ns</sup>	0 b <sup>ns</sup>	3 a <sup>+</sup>	3 a <sup>+</sup>	0 b <sup>-</sup>
		Testemunha	21 ab	20 ab	23 a	9 b	13 ab
PSD (%)	Papel	Mangelsdorf	11,0ab <sup>ns</sup>	18,0a <sup>ns</sup>	2,0b <sup>-</sup>	20,0a <sup>+</sup>	20,0a <sup>ns</sup>
		B.O.D.	28,0ab <sup>ns</sup>	5,0c <sup>-</sup>	3,0c <sup>-</sup>	12,0bc <sup>+</sup>	36,0a <sup>+</sup>
		Mangelsdorf	2,00a <sup>-</sup>	2,00a <sup>-</sup>	11,00a <sup>-</sup>	3,00a <sup>-</sup>	3,00a <sup>-</sup>
	Areia	B.O.D.	4,00bc <sup>-</sup>	0c <sup>-</sup>	6,0b <sup>-</sup>	1,00bc <sup>-</sup>	33,0a <sup>+</sup>
		Testemunha	21 ab	20 ab	23 a	9 b	13 ab
		Mangelsdorf	11,0ab <sup>ns</sup>	18,0a <sup>ns</sup>	2,0b <sup>-</sup>	20,0a <sup>+</sup>	20,0a <sup>ns</sup>

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, ao comparar as linhagens.

<sup>+</sup> Significativo e superior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>-</sup> Significativo e inferior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade

Na Tabela 6 encontram-se as médias das interações entre germinadores e substrato para os caracteres referentes ao desenvolvimento da plântula, quando foram avaliados o comprimento e a massa seca da raiz.

A massa seca da raiz reflete os resultados obtidos no comprimento da raiz. Quando as sementes foram semeadas em areia, proporcionou maior desenvolvimento radicular. Porém, em germinador tipo Mangelsdorf houve maior aparecimento de raízes laterais, fazendo com que o germinador fosse um fator limitante para o desenvolvimento radicular da raiz principal em areia, necessitando maior quantidade de areia para se obter um bom desenvolvimento da raiz primária.

Tabela 6. Médias do comprimento da raiz primária (CR) e massa seca da raiz (MSR) de cinco linhagens de mamoneira colocadas para germinar em diferentes germinadores e substratos.

Caráter	Testemunha	Substrato	Germinador		Média
			B.O.D.	Mangelsdorf	
CRP (cm)	4,6	Papel	4,90 A <sup>ns</sup>	3,31 B <sup>ns</sup>	4,10 b
		Areia	8,68 B <sup>+</sup>	11,10 A <sup>+</sup>	8,90 a
		Média	6,78 A	7,20 A	
MSR (g)	1,9	Papel	0,27B <sup>ns</sup>	0,75A <sup>ns</sup>	0,51 b
		Areia	0,40 B <sup>ns</sup>	2,52 A <sup>+</sup>	1,46 a
		Média	0,58 B	1,26 A	

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>+</sup> Significativo e superior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; <sup>-</sup> Significativo e inferior a testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade;

<sup>ns</sup> Não significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade.

Diante do exposto foi possível observar que as sementes de mamona germinam satisfatoriamente em ambos os germinadores e substratos, porém o substrato de areia e o germinador tipo Mangelsdorf proporcionaram os melhores resultados para a maioria dos caracteres avaliados, além de facilitarem o manuseio quanto ao menor número de regas.

## CONCLUSÕES

O germinador, o substrato e a linhagem combinados afetam o comportamento germinativo das sementes.

O substrato areia é indicado para a germinação de sementes de mamoneira;

Os germinadores tipo Mangelsdorf e B.O.D. favorecem a germinação e desenvolvimento da plântula.

A linhagem exerce influencia na germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de sementes duras e mortas.

## REFERÊNCIAS

ABREU, D. C. A. *et al.* Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers. Winteraceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p.149-157, 2005.

ALVES, E. U.; SANTOS-MOURA, S. da S.; MOURA, M.F. de; GUEDES, R.S.; ESTRELA, F. A. Germinação e vigor de sementes de *Crataeva tapia* L. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p.1208-1215, 2012.

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

BEZERRA, A.M.E.; MOMENTÉ, V.G.; ARAÚJO, E.C.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação e desenvolvimento de plântulas de melão-de-são-caetano em diferentes ambientes e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.33, n.1, p.39-44, 2002.

BITTENCOURT, O. R. M.; VIEIRA, R. D.; BARRETO, M.; VOLPE, C. A. Comparação de dois tipos de germinadores como câmara de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.1, p. 69-74, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 1 ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

BRÜNING, F. de O.; LÚCIO, A. D.; MUNIZ M. F. B. Padrões para germinação, pureza, umidade e peso de mil sementes em análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 2, p. 193-202, 2011.

CARNEIRO, J. W. P.; PIRES J. C. Influencia da temperatura e do substrato na germinação de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.5, n.3, p.127-131, 1983.

EICHOLZ, E. D.; SILVA, S. D. A. Qualidade de sementes de mamona em função da época de semeadura e ordem de racemo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n 2, p. 261- 271, 2011.

FALASCA, S. L.; ULBERICH, A. C.; ULBERICH, E. Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (*Ricinus communis* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 40, n. 1, p. 185- 191, 2012.

FANAN, S.; MEDINA, P.F.; CAMARGO, M.B.P.; RAMOS, N.P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 150-159. 2009.

FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. de A. C.; GOUVEIA, J. P. G. de; NÓBREGA, M. B. M.; CARNEIRO, R. M.; PEDROZA, J. P. Divergência genética em acessos de mamona (*Ricinus communis* L.) baseada nas características de semente. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, p.1-10, 2004.

KOBORI, N. N.; CICERO, S. M.; MEDINA, P. F. Teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 125 - 133, 2012.

LIMA, R. L. S. et al. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 474-479, 2006.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, 176-177, 1962.

MARRONI, I. V.; MOURA, A. B.; UENO, B. Chemical and biological treatments of castor bean seeds: effects on germination, emergence and associated microorganisms. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 021 - 028, 2012.

MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; NAKAGAWA, J. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão ((*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae)). **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.633-639, 2008.

NAZ, S.; TABASSUM, F.; JAVAD, S.; ILYAS, S.; ASLAM, F.; MUNIR, N.; ALI, A. Micropropagation and callogenesis of a recalcitrant species *Ricinus Communis*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 5, p. 2419- 2422, 2011.

NOBRE, D. A. C.; BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; COSTA, C. A.; RESENDE, J. C. F. de; MARTINS, M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes em genótipos de girassol. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p. 196-201, 2013.

PECINA-QUINTERO, V. *et al.* Assessing the genetic diversity of castor bean from Chiapas, México using SSR and AFLP markers. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n. 1, p. 134- 143, 2013.

QUEIROGA, V. de P.; SILVA FILHO, J. L. da; CARTAXO, W. V.; QUEIROGA, D. A. N. Substrato e tratamento químico em relação à qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.3, p.13-18, 2013.

SANTOS NETO, A. L. *et al.* Influência do peso da semente e promotores químicos na qualidade fisiológica de sementes de sambacaitá. **Caatinga**, v.22, n.1, p.187-192, 2009.

SAS INSTITUTE (2003). SAS language and procedures: Usage. **Version SAS 9.1.3**. SAS Institute, CD-ROM, Cary, North Carolina.

SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA; A. A.; DAVIDE, A. C. Influência do substrato, temperatura, umidade e armazenamento sobre a germinação de sementes de pau pereira (*Platycyamus regnelli* BENTH). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 15, n.1, p. 143-146. 1993.

SILVA, H. P. da; NEVES, J. M. G.; BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; COSTA, C. A. da. Quantidade de água do substrato na germinação e vigor de sementes de pinhão-mansão. **Caatinga**, v.21 n.5 (Número Especial), p.178-184, 2008.

## **CAPÍTULO II**

### **ARMAZENAMENTO DA SEMENTE DE MAMONEIRA EM DIFERENTES EMBALAGENS<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo submetido ao comitê editorial da Revista.....

## **Armazenamento da semente de mamoneira em diferentes embalagens**

**RESUMO** – A mamoneira (*Ricinus communis* L.) é uma espécie de grande importância econômica. É propagada principalmente por sementes, apesar disso, trabalhos experimentais enfocando as condições ideais de armazenamento de suas sementes por mais de um ano, principalmente no tocante a embalagem, são incipientes. Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência dos diferentes tipos de embalagens e do período de armazenamento sobre a germinação e vigor em diferentes linhagens de mamoneira. As sementes foram acondicionadas em embalagens de papel Kraft, saco plástico e pote de polietileno e mantidas em temperatura ambiente de laboratório. As sementes foram armazenadas por 22 meses após a instalação do experimento. Foram avaliadas a cada dois meses as variáveis: teor de água na semente, porcentagem de germinação, primeira contagem (5 dias), índice de velocidade de germinação e porcentagem de sementes duras e mortas. A embalagem de saco plástico propicia armazenamento de sementes por um longo período. As embalagens utilizadas não influenciam na conservação das sementes por até 14 meses de armazenamento. As linhagens exercem influencia no armazenamento de sementes.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L.; armazenamento; germinação de sementes, oleaginosa.

## **Strong of castor seed in different packaging**

**ABSTRACT** – Castor bean (*Ricinus communis* L.) is a species of great economic importance. It is mainly propagated by seed, nevertheless, experimental studies focusing on the ideal conditions for storing their seeds for over a year, mainly regarding the packaging, are almost nonexistent. Given the above, the present study aimed to evaluate the influence of different types of packaging and storage time on germination and vigor in different lines castor bean. The seeds were placed in Kraft paper, plastic bag and jar of polyethylene and maintained at ambient laboratory temperature. The seeds were stored for 22 months after installation of the experiment. Evaluated were every two months following variables: water content in the seed, germination, first count (5 days), index of germination speed and percentage of hard and dead seeds. The most suitable storage condition for the conservation of seeds in a laboratory environment for a long period, the plastic bag packaging. Packaging used (Kraft paper bag, plastic bag and jar of polyethylene) did not influence the conservation of seeds up to 14 months of storage.

**Key words** - *Ricinus communis* L.; storage; seed germination; oil crop

## INTRODUÇÃO

As sementes de plantas oleaginosas são de difícil conservação durante o armazenamento, uma vez que são mais propensas às deteriorações, geralmente por causa de seu teor de óleo, exigindo especial atenção e cuidado durante o armazenamento para manutenção da sua viabilidade e vigor (PEREIRA et al., 2013). Tal aspecto pode ser considerado para sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L.), que é uma oleaginosa pertence à família *Euphorbiaceae* e tem sido cultivada há séculos principalmente para a extração de óleo das suas sementes. Estas possuem 40 a 60% de óleo com diversas aplicações industriais, como na fabricação de próteses, revestimentos de piscina e lubrificantes de aviões (BARNES et al., 2009; DAVID et al., 2013).

Para que a ampliação da oferta de óleo de mamona seja bem sucedida, é necessário desenvolver um conjunto de conhecimentos que permitam a obtenção de maior qualidade fisiológica e conservação das sementes (FANAN et al., 2009a). Além disso, a produção agrícola do mundo depende fundamentalmente das sementes, logo, a manutenção de sua viabilidade durante o seu armazenamento é de particular importância (ALMEIDA et al., 2010).

O armazenamento adequado associado à escolha correta do tipo de embalagem, evita perdas quantitativas e qualitativas, além de permitir maior flexibilidade na comercialização do produto, o que resultará em menores custos de produção agrícola (NASCIMENTO et al., 2006).

As condições de armazenamento são determinantes para garantia da qualidade fisiológica das sementes e, embora o seu potencial genético não possa ser melhorado somente com o armazenamento, as boas condições durante este período contribuirão para mantê-las viáveis por um tempo mais longo, retardando o processo de deterioração. Isto faz com que os produtores de sementes se preocupem com a utilização de técnicas que propiciem a minimização dos fatores de deterioração (ALMEIDA et al., 2010).

A deterioração da semente se inicia com a degradação de membranas, passando por etapas que resultam na redução do potencial de armazenamento, no decréscimo da velocidade de germinação e na emergência de plântulas. Portanto, um indicativo importante na redução da qualidade das sementes é a queda do seu potencial de viabilidade, sendo que a velocidade de deterioração é

influenciada, dentre outros fatores, pela condição fisiológica inicial, características genéticas da semente e condições de armazenamento (AFONSO JÚNIOR et al., 2000).

O tipo de embalagem utilizada no acondicionamento das sementes, durante o armazenamento, também assume relevante importância na manutenção da sua viabilidade e vigor, pois está diretamente relacionado com a qualidade fisiológica das sementes armazenadas. Quando as sementes são armazenadas em embalagens permeáveis, seu teor de água altera conforme as variações da umidade do ar, por serem higroscópicas. Em embalagens semipermeáveis, há alguma resistência às trocas, porém insuficiente para impedir completamente a passagem da umidade e, em embalagens impermeáveis, não há influência da umidade do ar externo sobre as sementes (BAUDET, 2003).

Para minimizar a deterioração das sementes de mamoneira, autores como Fanan et al. (2009b) e Machado et al. (2010) recomendam o armazenamento das mesmas em sacos de papel Kraft em condição de ambiente sem a perda da qualidade fisiológica das sementes. Silva et al. (2010) concluíram que sementes de mamoneira da cultivar BRS Nordestina mantêm sua qualidade fisiológica após 270 dias de armazenamento em geladeira, embaladas em papel Kraft, plástico polietileno ou alumínio. Almeida et al. (2010) mantiveram a viabilidade da mamoneira até 135 dias após armazenamento em condições criogênicas. Figueiredo et al. (2006) observaram que o armazenamento em câmara fria por seis meses apresenta melhoras na germinação e vigor das sementes de mamoneira e quando armazenadas em garrafa pet.

Contudo, as informações existentes na literatura referentes a embalagem adequada para conservação das sementes de mamona são restritas até um ano de armazenamento, sendo necessário estudar o comportamento dessa espécie por um maior período de armazenamento. Apenas Lago et al. (1979) realizaram testes de germinação de sementes por até 21 meses, em sementes de três cultivares de mamoneira armazenadas em sacos de papel de folha dupla sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, resultando ao final do experimento em germinação acima de 80% e umidade próximos de 7,0%.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência dos diferentes tipos de embalagens e do período de armazenamento sobre a germinação e vigor em diferentes linhagens de mamoneira.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes foram colhidas manualmente em janeiro de 2012, no campo experimental do NBIO (Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia) pertencente ao CCAAB (Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas), localizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas-BA, Brasil. As linhagens UFRB 79, UFRB 221 e UFRB 242 foram escolhidas para o experimento de armazenamento por possuírem um maior número de sementes autofecundadas por genótipo, o que garante a pureza na sua constituição genética. A descrição fenotípica para os caracteres peso e teor de óleo na semente, das linhagens em estudo, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das linhagens de mamoneira quanto ao peso de sementes e teor de óleo das sementes.

Linhagem	Peso de sementes (g)	Teor de Óleo (%)
UFRB 79	67,42	47,63
UFRB 221	69,73	51,73
UFRB 242	59,70	53,40

As sementes foram armazenadas em condição de ambiente de laboratório (dentro de uma caixa de papelão), em sacos de papel Kraft natural (permeável; com  $40\text{g/m}^2$ ), em potes de polietileno (semipermeável com ar; com tampa e com capacidade de 150 ml) e sacos plástico (semipermeável com retirada do ar; polietileno transparente com espessura de 0,06 mm) (Figura 1). Conforme Popinigis (1985), as embalagens permeáveis são aquelas em que seu teor de umidade varia de acordo com as variações de umidade do ar. As embalagens semipermeáveis há alguma resistência a trocas, porém nada que impeça completamente a passagem de umidade e, as embalagens impermeáveis não há influência da umidade do ar externo sobre a semente.



Figura 1. Embalagens para armazenamento de sementes por um período de 22 meses sob temperatura ambiente.

O efeito do armazenamento foi verificado antes (período zero) e a cada dois meses após a armazenagem das sementes, totalizando 22 meses de avaliação. Foi determinado o teor de água e a qualidade fisiológica da semente (germinação e vigor), cujos testes e determinação estão descritos a seguir:

**Determinação do teor de água:** o teor de água foi determinado conforme metodologia prescrita nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando o método da estufa, a  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , durante 24 horas, com duas repetições, para cada tratamento, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) de teor de água (b.u.).

**Porcentagem de germinação:** a germinação das sementes foi aferida utilizando três repetições de 50 sementes, que foram distribuídas sobre rolo de papel tipo *germitest*, utilizando três folhas por rolo. O papel *germitest* foi umedecido com água destilada, utilizando-se um volume equivalente a três vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em germinador de câmara vertical, tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) previamente regulados à temperatura alternada de  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ , conforme Brasil (2009). As contagens foram realizadas diariamente após a montagem do teste até quinze dias após a germinação, considerando germinadas as sementes com radículas maiores que 1 mm.

**Primeira contagem de germinação:** foi realizada por meio da contagem de plântulas normais que surgiram em cinco dias após a montagem do teste de germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem.

**Porcentagens de sementes mortas e duras:** foram classificadas as sementes que não germinaram conforme a RAS (Brasil, 2009). Sementes duras/dormentes são as sementes que embora viáveis não germinam, mesmo quando colocadas nas condições especificadas para a espécie em teste. Algumas dessas sementes são capazes de absorver água e intumescer, mas não germinam nem apodrecem até o final do teste. As sementes mortas são as sementes que no final do teste não germinam, não estão duras, nem dormentes, e geralmente, apresentam-se amolecidas, atacadas por microorganismos e não apresentam qualquer sinal de início de germinação.

**Índice de velocidade de germinação:** o vigor das sementes foi avaliado pelo índice de velocidade de germinação (IVG). Os cálculos foram realizados conforme a metodologia recomendada por Maguire (1962), em que:  $IVG = G1/D1 + G2/D2 + \dots + Gn/Dn$ . Em que: IVG= Índice de Velocidade de Germinação G1, G2,..., Gn= nº de radículas emergidas, observadas no intervalo da 1ª, 2ª, ..., última contagem; D1, D2, ..., Dn= nº de dias de semeadura à 1ª, 2ª, ..., última contagem.

O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado, com três repetições e os tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 3 x 12 (três linhagens (UFRB 79, UFRB 221 e UFRB 242) x 3 tipos de embalagens (papel Kraft, potes de polietileno e sacos de polietileno) x 12 períodos de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 meses). Cada embalagem foi estabelecida individualmente para serem avaliadas em cada período, desta forma evitando contato das sementes armazenadas diretamente com o meio. Os dados quantitativos foram submetidos à análise de variância, empregando-se o Programa de Análise estatística – SISVAR (FERREIRA, 2008). E as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados em porcentagem foram transformados em arco seno  $[(\text{raiz } x+0,5) / 100]$ , sendo que nas tabelas serão apresentados os valores originais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos dados obtidos na determinação do teor de água das sementes armazenadas estão apresentadas na Tabela 2. A umidade da semente variou de 15,8 a 23,3%, considerando todas as linhagens avaliadas. A linhagem

UFRB 221 possui maior teor de água das sementes em relação às demais linhagens testadas. As variações encontradas para as linhagens ao longo do armazenamento eram esperadas para o ambiente de armazenamento em laboratório sob bancada, visto que as condições de umidade nesse local não foram controladas. De acordo com Silva et al. (2010), a maioria das sementes tende a sofrer variações no grau de umidade durante o período de armazenamento em ambiente não controlado, e essas variações são prejudiciais à conservação da germinação e do vigor, principalmente quando acompanhadas de acréscimo da temperatura ambiente.

Tabela 2. Médias em porcentagem do teor de água das sementes de mamona de três linhagens, em função das embalagens e períodos de armazenamento. Cruz das Almas, 2013.

Linhagens	Meses de armazenamento											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Papel Kraft											
UFRB 79	20,0	21,0	19,9	20,0	19,4	18,9	19,9	20,0	19,0	19,2	18,6	18,2
UFRB 221	22,4	23,3	22,9	23,0	22,5	22,5	22,1	22,2	21,7	21,7	21,3	21,5
UFRB 242	20,0	20,8	19,3	19,4	18,5	18,7	19,9	19,7	18,5	18,0	17,8	17,8
	Potes de polietileno											
UFRB 79	20,0	20,0	19,0	19,2	18,6	18,2	17,2	17,2	17,1	15,8	17,1	17,8
UFRB 221	22,4	22,3	22,0	22,0	21,6	21,8	20,6	20,6	19,8	18,1	19,8	19,8
UFRB 242	20,0	19,8	18,7	18,2	18,0	18,0	17,8	17,8	18,1	16,7	18,1	18,6
	Sacos de polietileno											
UFRB 79	20,0	20,45	19,45	19,65	19,05	18,65	19,5	19,5	18,5	18,7	18,1	17,7
UFRB 221	22,4	22,75	22,45	22,45	22,05	22,25	21,9	21,8	21,5	21,5	21,1	21,3
UFRB 242	20,0	20,25	19,15	18,65	18,45	18,45	19,5	19,3	18,2	17,7	17,5	17,5

Na Tabela 2, observa-se que a embalagem de papel Kraft a partir do 12<sup>o</sup> mês teve um acréscimo no teor de água das sementes. Esse aumento no teor de água das sementes mostra que as sementes podem ter absorvido a umidade do ar do ambiente em que foram armazenadas, revelando que as embalagens de papel Kraft absorve com facilidade a umidade do ar em relação as demais embalagens testadas (potes de polietileno e sacos plásticos). Segundo Azevedo et al. (2003) esse oscilação de umidade das sementes pode ser explicado pela variação da temperatura e do teor de umidade durante os meses de armazenamento, o qual tem influência direta sobre a semente devido à sua higroscopicidade.

Observando-se a Figura 2, em que são apresentadas as temperaturas e umidades relativas do ar registradas durante o período experimental, verificaram-

se que as variações nas médias da umidade das sementes que foram armazenadas em papel Kraft coincidiram com os períodos em que houve aumento da temperatura, a partir do 12º mês de avaliação (jan/2013). Esses dados revelam que o papel Kraft, por ser permeável foi mais influenciado pelas variações do ambiente, em relação às demais embalagens, o que era esperado por ser uma embalagem permeável.

A higroscopicidade da embalagem de papel Kraft (embalagem permeável) já foi relatada em sementes de gergelim (AZEVEDO et al., 2003), mamona (SILVA et al., 2010) e cebola (ARRUDA et al., 2011). Masseto et al. (2013) verificaram que existe também variação no teor de água das sementes, conforme as variações de umidade do ar, em embalagem impermeáveis (saco de polietileno), e no final do experimento essas sementes entraram em equilíbrio com o meio (180 dias de armazenamento).

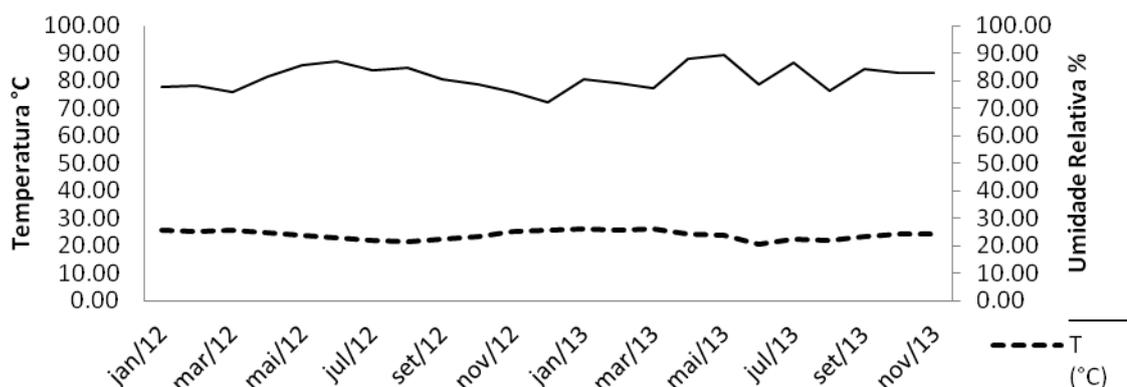


Figura 2. Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) médias durante os meses de avaliação do armazenamento de sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L.).

As análises de variância (Tabela 3) apresentam valores referentes aos efeitos principais e a interação entre os fatores, revelando efeito significativo para linhagem (L), tipo de embalagem (E) e período de armazenamento (A) para todas as variáveis analisadas: porcentagem de germinação (GER), primeiro contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG) e sementes mortas (SM), exceto para as sementes duras (SD) que revelou influência dos efeitos principais da

linhagem e armazenamento. Para todas as variáveis é possível observar que a maior contribuição está relacionada ao efeito do período de armazenamento.

Tabela 3. Resumo da análise de variância da porcentagem de germinação (GER), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de sementes duras (SD) e mortas (SM) de sementes de mamoneira armazenadas em três tipos embalagens, em diferentes períodos de armazenamento.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	Quadrado médio (QM)				
		GER (%)	PC (%)	IVG	SD (%)	SM (%)
Linhagens (L)	2	8,76**	15,37**	1,09**	11,27**	2,21**
Embalagem (E)	2	28,81**	10,69**	2,62**	0,08 <sup>NS</sup>	9,25**
Armazenamento (A)	11	323,82**	268,86**	23,72**	9,80**	62,61**
L x E	4	0,84 <sup>*</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	0,11**	0,45 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>
L x A	22	0,54**	0,89 <sup>NS</sup>	0,12**	0,59 <sup>NS</sup>	0,50**
E x A	22	11,02**	7,04**	0,55**	1,21**	2,43**
L x E x A	44	0,94**	1,07 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>
Erro	216	0,24	0,72	0,04	0,33	0,17
C.V.(%)		6,40	13,49	10,39	39,90	39,25
Média		71,93	50,31	4,81	12,00	16,00

ns, \* e \*\*: não-significativo e significativo a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

Ainda pode-se verificar (Tabela 3) que houve interação tripla entre os três fatores testados (L x E x A) apenas para a variável porcentagem de germinação (GER), indicando um comportamento diferenciado em função da linhagem, do tipo de embalagem e do período de armazenamento.

Nas análises de variâncias (Tabela 3) para as variáveis primeira contagem (PC) e sementes duras (SD) foram observadas interações significativas apenas entre tipos de embalagem e armazenamento (E x A).

Para o índice de velocidade de emergência foi observada interação dupla entre todos os fatores. Em relação a variável semente mortas (SM) ocorreu interação entre linhagem e período de armazenamento (L x A) e tipo de embalagem e período de armazenamento (E x A).

Os resultados obtidos na análise de variância (Tabela 3) para os fatores período de armazenamento e tipos de embalagem diferem do encontrado por Oliveira et al. (2006) para a mamoneira, que reportaram que houve influência do período de armazenamento (144 dias) e não houve diferença significativa para as embalagens testadas (comercial e polipropileno) e nem para a interação entre

esses fatores para a porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada através do teste de germinação, os resultados estão apresentados na Figura 3. Observa-se que no início do armazenamento (período zero) a porcentagem de germinação para todas as linhagens e em todas as embalagens se encontrava acima de 94%. Outros autores para a cultura da mamoneira obtiveram média de 95% de germinação como, Fanan et al. (2009a) e Fanan et al. (2009b) para a cultivar IAC-2028. Enquanto foram encontradas médias inferiores de germinação em mamoneira por Almeida et al. (2010) para a cultivar Paraguaçu (73%); por Lago et al. (1979) para as cultivares Guarani, IAC-38 e Campinas, que variaram de acordo com o tipo de racemo entre 31 a 83%; e por Machado et al. (2010) para a cultivar AL Guarany 2002, que obteve em média 87% de germinação.

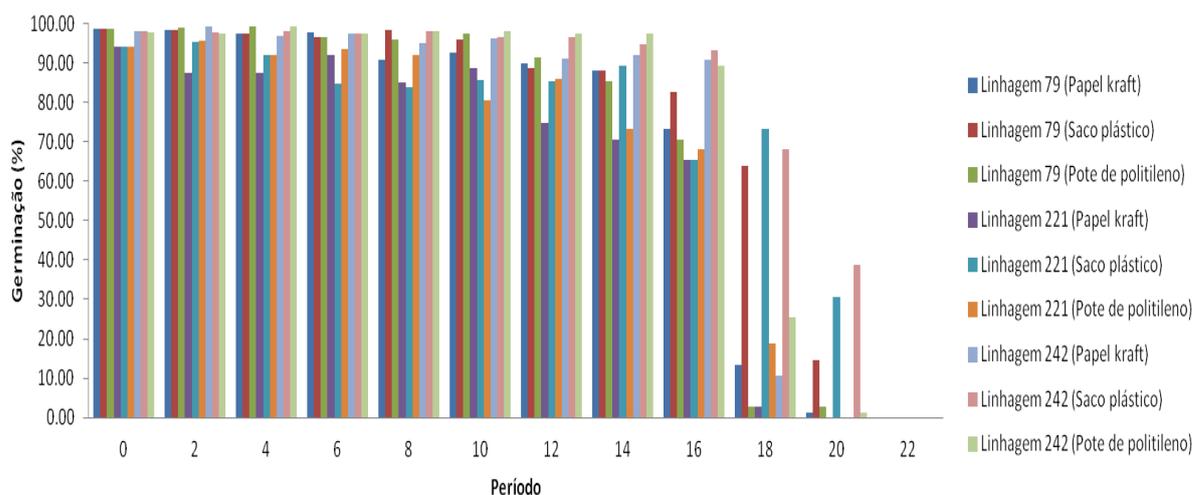


Figura 3. Porcentagem de germinação de sementes de mamoneira em linhagens, em função do período de armazenamento (meses) para os diferentes tipos de embalagem.

A partir do 16º mês de armazenamento (Figura 3) foi possível verificar que a embalagem de saco plástico conseguiu se destacar em relação às demais embalagens (papel Kraft e pote de polietileno). A superioridade da germinação das sementes acondicionadas em saco plástico tornando-se acentuada aos 18º e 20º mês, em todas as linhagens avaliadas. Abreu et al. (2013) também observaram nas sementes de girassol armazenadas por 12 meses, que a

embalagem plástica, propicia melhor manutenção da qualidade fisiológica quando comparada à embalagem de papel Kraft. Esses resultados corroboram Masseto et al. (2013) que afirmam que o tipo de embalagem utilizado no acondicionamento das sementes influencia na qualidade fisiológica das mesmas, durante o armazenamento.

Silva et al. (2010) verificaram que as sementes de mamona cv BRS Nordestina mantêm sua qualidade fisiológica por até 270 dias quando armazenadas em geladeira, independente da embalagem utilizada (papel Kraft, plástico polietileno e alumínio) e no presente trabalho pode-se observar que foi mantida a qualidade fisiológica por 480 dias (16 meses) independente da embalagem e armazenadas em ambiente de laboratório. Segundo Lago et al. (1979), em condições de ambiente, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, as sementes de mamona conseguem manter a germinação em taxas maiores que 80% por até 21 meses de armazenamento em sacos de papel de folha dupla, quando a umidade inicial esteve entre 4,8% a 9,3% e ao final dos 21 meses esteve próximo a 7,0%. No entanto, neste experimento a germinação foi mantida acima de 80% por 16 meses com umidade superior a 17% a depender da linhagem e tipo de embalagem que foi acondicionada a semente.

Outros relatos para mamoneira mostraram que as sementes da cultivar IAC-2028 armazenadas em sacos de papel Kraft, em condição ambiente mantêm satisfatoriamente a germinação, apresentando porcentagem média de germinação de 86% durante os 12 meses de armazenamento, com umidade em torno de 6,5% (FANAN et al., 2009a). De acordo com Almeida et al. (2010), a germinação de sementes de mamona é mantida em 76% em ambiente natural por 180 dias.

A partir do 18<sup>o</sup> mês de armazenagem das sementes (Figura 3), ocorreu uma redução drástica na germinação das sementes, variando de acordo com a linhagem e embalagem. Ao final do experimento, aos 22 meses, as sementes ficaram seriamente comprometidas, quando não ocorreu germinação das sementes, em todas as linhagens e embalagens. As sementes armazenadas em papel Kraft deterioraram-se mais rapidamente, por ser uma embalagem permeável. E o acondicionamento em potes plásticos foi menos vantajoso que os sacos plásticos, apesar de ambas as embalagens serem consideradas semipermeáveis, as embalagens em pote plástico ao ser acondicionar a semente

não foi retirado o excesso de ar, desta fora favorecendo o crescimento de microrganismos. Segundo Fonseca e Freire (2003), a conservação das sementes recalitrantes com teores de água acima de 10 a 13% favorecem a incidência de microrganismos comprometendo sua viabilidade. Segundo Fanan et al. (2009a), para evitar a deterioração das sementes oleaginosas como a mamona as mesmas devem ser armazenadas com grau de umidade entre 8 a 10%, e no presente trabalho as sementes se encontravam com valores acima de 17%, quando começaram a se deteriorar.

Na Tabela 4 encontram-se as médias para a germinação das sementes avaliadas na primeira contagem (PC). Somente no 18º mês foi possível notar diferença significativa nas diferentes embalagens testadas, indicando efeito superior das sementes que foram armazenadas em saco plástico (57,78%). No geral, a embalagem do tipo saco plástico foi eficiente em manter a qualidade fisiológica da semente, pois proporcionou maior porcentual de germinação das sementes de mamona por um maior período.

Tabela 4. Percentual de germinação (%) de sementes de mamona avaliadas na primeira contagem, armazenadas em diferentes embalagens durante 22 meses <sup>(1)</sup>.

Período de armazenamento (Meses)	Tipo de embalagem		
	Papel Kraft	Saco plástico	Pote de polietileno
0	72,00 Aa	68,44 Aa	64,00 Aa
2	71,11 Aa	69,78 Aa	60,11 Aa
4	68,22 Aa	71,22 Aa	72,00 Aa
6	68,78 Aa	63,11 Aa	58,67 Aa
8	59,56 A a	52,44 Aa	62,22 Aa
10	57,78 Aa	65,33 Aa	63,56 Aa
12	60,44 Aa	62,67 Aa	61,78 Aa
14	59,56 Aa	72,44 Aa	62,22 Aa
16	62,22 Aa	66,67 Aa	61,33 Aa
18	6,22 Bb	57,78 Aa	9,33 Ba
20	0,00 Ba	0,00 Ba	0,00 Ba
22	0,00 Ba	0,00 Ba	0,00 Ba
Média	48,82 b	54,16 a	47,94 b

(1) Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha não diferem entre si ao longo do armazenamento e minúscula na coluna não diferem entre si quanto ao tipo de embalagem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Diferentemente do que foi constatado por David et al. (2013), Machado et al. (2010), Silva et al. (2010) e Lago et al. (1979), as sementes de mamona das linhagens estudadas não apresentaram dormência nas condições em estudo. Esses autores constataram que houve uma diminuição da dormência das

sementes de mamona ao longo do armazenamento. O potencial germinativo apresentado desde a colheita (período zero) pode ser explicado pela dureza do tegumento das sementes de mamona. A mamoneira possui grande diversidade quanto a dureza do tegumento, devido aos materiais utilizados nos plantios comerciais, desde os mais rústicos até variedades melhoradas, cujo potencial germinativo e nível de dureza tegumentar das sementes são bastante variáveis (MENDES et al.,2009).

Na Tabela 5 são encontrados os resultados para o desdobramento das linhagens dentro de cada período para a primeira contagem. Em relação as linhagens testadas é possível observar que a qualidade inicial (mês zero) se manteve até o 16º mês para todas as linhagens testadas, e que a linhagem UFRB 242 manteve maiores porcentagem de germinação na primeira contagem, revelando haver influência da constituição genética dessa espécie para esse caráter.

Tabela 5. Germinação (%) de sementes em linhagens mamoneira avaliadas na primeira contagem, durante 22 meses <sup>(1)</sup>.

Período de armazenamento (Meses)	Linhagem		
	UFRB 79	UFRB 221	UFRB 242
0	67,56 Aab	60,44 Ab	76,44 Aa
2	67,56 Aab	63,11 Aa	70,33 ABa
4	74,67 Aab	60,78 Aa	76,00 ABa
6	64,89 ABab	55,11 Ab	70,56 Aba
8	60,44 Aba	52,44 Aa	61,33 Aba
10	67,56 Aa	55,11 Aa	64,00 Aba
12	62,22 Aba	55,56 Aa	67,11 Aba
14	60,89 ABb	56,00 Ab	77,33 Aa
16	60,89 ABb	53,78 Ab	75,56 ABa
18	19,56 BCa	23,56 Ba	30,22 BCa
20	0,00 Ca	0,00Ba	0,00 Ca
22	0,00 Ca	0,00Ba	0,00 Ca
Média	50,52 b	44,66 c	55,74 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha não diferem entre si ao longo do armazenamento e minúscula na coluna não diferem entre si quanto a linhagem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4 encontram-se os resultados para o índice de velocidade de germinação (IVG), em função do período de armazenamento, para as diferentes embalagens. Ocorreu um decréscimo na velocidade de germinação ao longo do período de armazenamento. As sementes de mamoneira armazenadas em embalagem do tipo saco plástico apresentaram maior velocidade de germinação, por um maior período de tempo, quando comparadas às outras embalagens

testadas, tendo uma redução acentuada só a partir do 20º mês de armazenamento. As outras embalagens (papel Kraft e saco de papel) mantiveram o vigor por 16 meses. Mesmo o saco plástico apresentando resultados superiores às outras condições testadas, é possível observar que não houve diferenças significativas entre as embalagens até um ano de armazenamento das sementes (12 meses).

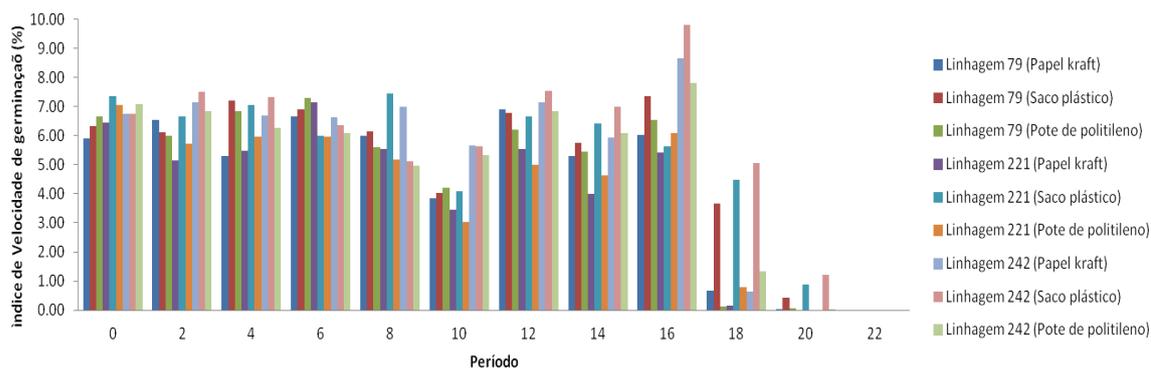


Figura 4. Índice de velocidade de germinação de sementes de mamoneira em linhagens, em função do período de armazenamento (meses) para os diferentes tipos de embalagem.

A absorção de umidade verificada nas sementes em embalagem de papel Kraft era previsível, já que neste tratamento as sementes sofreram mais as variações do ambiente, e como a sacola de papel é considerada porosa, totalmente permeável, permite a livre troca de vapor d'água com o ambiente, favorecendo desta forma a deterioração das sementes. Enquanto que o uso da embalagem plástica, de caráter semipermeável, permite pequena troca de umidade com o ambiente externo. Como o vigor e a deterioração estão intimamente ligados, conclui-se que as sementes acondicionadas em sacos plásticos preservam por um maior período o vigor das mesmas. Segundo Azevedo et al. (2003) o ponto de máximo vigor da semente é aquele de existe a mínima deterioração, onde se inclui toda e qualquer mudança degenerativa e irreversível na qualidade, depois de a semente ter atingido o máximo de qualidade.

Foi observado através dos resultados apresentados na Figura 5 que ocorreu aumento da porcentagem de sementes duras ao longo do período de

armazenamento, tanto em relação às linhagens (Figura 5A) quanto às diferentes embalagens (Figura 5B). Em relação às linhagens estudadas até o 16º mês de armazenamento, a linhagem UFRB 221 obteve maiores percentuais de sementes duras. Porém, a partir do 18º mês de armazenamento das sementes, com a redução da porcentagem de germinação, em todas as linhagens, foi verificado um aumento da porcentagem de sementes duras. A porcentagem inicial de sementes duras (Figura 5), verificada através do teste de germinação era de 4% chegando ao final do experimento a uma média de 31%.

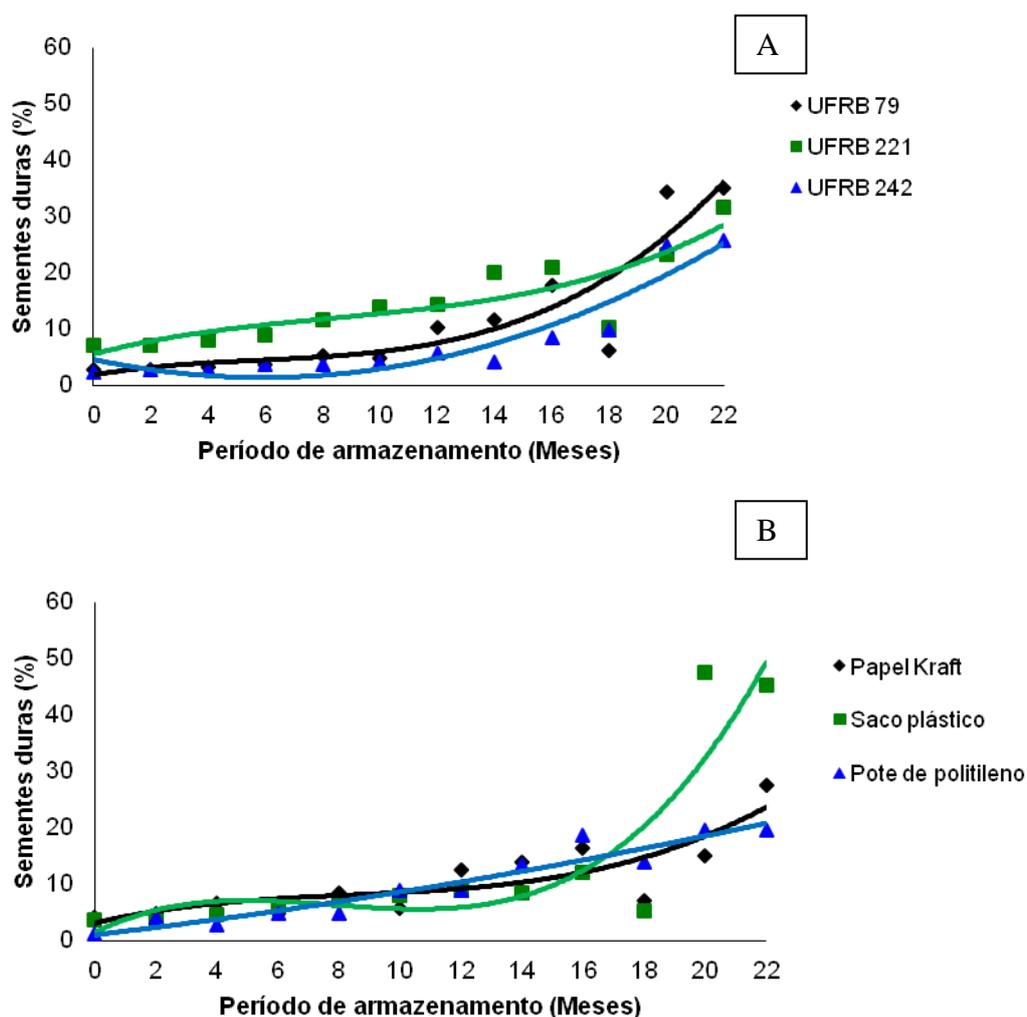


Figura 5. Porcentagem de sementes duras de mamoneira em diferentes linhagens (A) e armazenadas em os diferentes tipos de embalagem (B), em função do período de armazenamento (meses).

Quanto à influência da embalagem (5B), a partir dos 18 meses de armazenamento as sementes armazenadas em sacos de plásticos apresentaram mais de 45% de sementes duras. Esse percentual elevado de sementes duras pode está diretamente ligado ao menor vigor apresentado nesse experimento. Segundo Nakagawa et al. (2009) o aparecimento de sementes duras indica que elas não germinarão ou que poderão sofrer atraso durante o processo germinativo, que somente poderia observar deixando-as mais tempo do que o recomendado pela regra de análise de sementes.

Foi verificado que por 10 meses, ocorreram no máximo 2% de sementes mortas, em todas as linhagens testadas (Figura 6A), e com a perda do potencial germinativo a partir do 18<sup>o</sup> mês de armazenamento as sementes apresentaram-se mortas, percentuais superiores a 45%. Em comparação a porcentagem de sementes duras, ao decair o poder germinativo das sementes, foi obtida um maior incremento de sementes mortas. Em relação às embalagens testadas (Figura 6B) o papel Kraft e o pote de polietileno apresentaram maior quantidade de sementes mortas.

O alto teor de água das sementes pode ter provocado um acentuado decréscimo na germinação, pois segundo Goldfarb e Queiroga (2013), os fungos são considerados os principais causadores de danos e deterioração de grãos, sementes e outros produtos agrícolas. A perda do produto, provocada por microorganismos durante o armazenamento inadequado, pode chegar ao total da massa armazenada. Além disso, teor de água entre 18-20%, a velocidade respiratória da semente e dos microorganismos é muito elevada, ocorrendo aquecimento do meio. Esse aquecimento pode gerar temperatura suficientemente elevada, ocasionando a morte da semente, isso pode ter feito com que o número de sementes mortas nesse experimento fosse bastante elevado nos meses finais, independente do método de conservação utilizado e da embalagem. Para que possa ser aumentada a longevidade das sementes são necessárias medidas complementares, como aplicação de fungicida ou diminuição do teor de água das sementes quando for armazenar as sementes em temperatura ambiente.

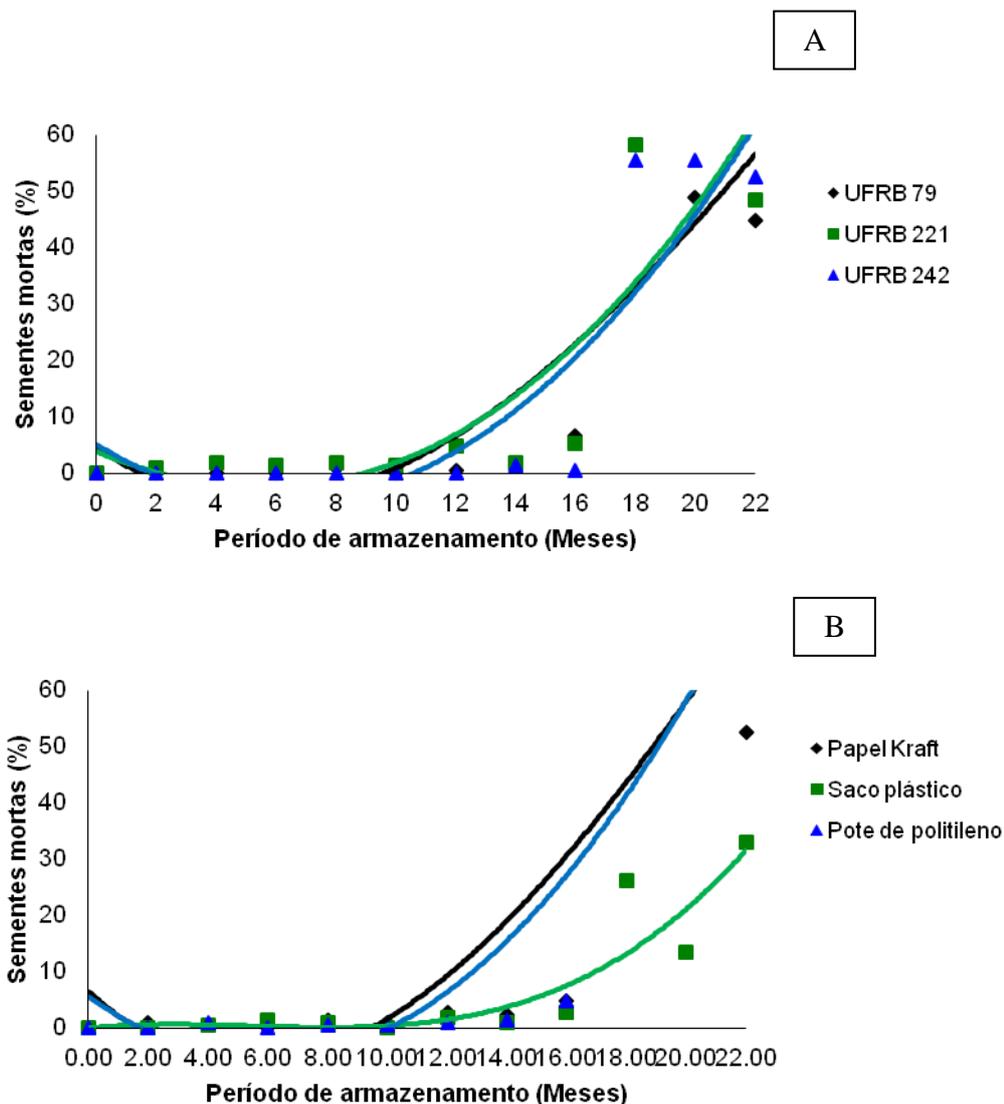


Figura 6. Porcentagem de sementes mortas de mamoneira em linhagens (A) e armazenadas em os diferentes tipos de embalagem (B), em função do período de armazenamento (meses).

Com esse trabalho foi verificado que as embalagens testadas afetam tanto o poder germinativo quanto o vigor das sementes de mamona e que a embalagem permeáveis (papel Kraft) apresentou os menores índices de qualidade (germinação e vigor) ao final do período de armazenamento quando comparadas as embalagens semipermeável(saco plástico e pote de polietileno). Assim, foi possível constatar que no ambiente que foi testado o experimento, a maior porosidade do saco de papel pode ter sido um dos responsáveis pela perda da viabilidade das sementes.

A germinação e o vigor das sementes de todas as linhagens analisadas neste trabalho diminuíram ao longo do período de armazenamento, independentemente do tipo de embalagem utilizada. Porém, se as sementes forem armazenadas por até 14 meses qualquer uma das embalagens podem ser indicadas para o armazenamento, mas se for por um período maior, é indicado à embalagem de saco plástico. As linhagens também influenciaram no vigor e viabilidade das sementes, portanto, neste estudo a linhagem UFRB 242 se mostrou superior às demais testadas.

## CONCLUSÕES

A embalagem de saco plástico propicia armazenamento de sementes por um longo período.

As embalagens utilizadas não influenciam na conservação das sementes por até 14 meses de armazenamento.

As linhagens avaliadas exercem influência na germinação quando submetidas a diferentes substratos e germinadores para o armazenamento de sementes.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. A. de S.; CARVALHO, M. L. M. de; PINTO, C. A. G.; KATAOKA, V. Y.; SILVA, T. T. de A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.240-247, 2013.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P.C.; FARONI, L. R. D'A. Efeito das condições e período de armazenagem sobre a viabilidade de sementes de soja. **Revista de oleaginosas e fibrosas**, v.4, n.1, p.1-7, 2000.

ALMEIDA, F. de A. C.; JERÔNIMO, E. de S.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P.; SILVA, A. S. Estudo de técnicas para o armazenamento de cinco oleaginosas em condições ambientais e criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.2, p.189-202, 2010.

ARRUDA, J. B. de; COELHO, M. de F. B.; AZEVEDO, R. A. B. de; ALBUQUERQUE, M. C. de F. e. Armazenamento de sementes de *Heteropterys tomentosa* por diferentes períodos, embalagens e ambientes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, p.1-9, 2011.

AZEVEDO, M. R. de Q. A.; GOUVEIA, J. P. G. de; TROVAO, D. M. de M.; QUEIROGA, V. de P.. Influência das embalagens e condições de armazenamento

no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

BARNES, D. J.; Baldwin, B. S.; Braasch, D. A. Ricin accumulation and degradation during castor seed development and late germination. **Industrial Crops and Products**, v.30, n.1, p. 254–258, 2009.

BAUDET L. Armazenamento de sementes. In: Peske ST, Rosental MD & Rota GR (Eds.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas, UFPel. p.369-418. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 1 ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

DAVID, A. M. S. de S.; ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; RESENDE, M. A. V. de; DIAS, D. C. F. dos S.; NOBRE, D. A. C. Physiological quality of castor bean seeds originating from different racemes in the plant. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p. 248-254, 2013.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P. de; ITO, M. F; DUDIENAS, C; RAMOS, N. P; GALBIERI, R. Influência da colheita e períodos de armazenamento na qualidade sanitária de sementes de mamona. **Summa Phytopathologica**, v.35, n.3, p.202-209, 2009b.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009a.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium** (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGUEIREDO, S. M.; LOPES, F. F. M; BELTRÃO, N. E. M. Qualidade fisiológica de sementes de mamona acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas sob condições climáticas de Patos-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2 ., 2006, Aracajú. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão (CNPQ), 2006. CD-ROM 1.

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, v.62, n.2, p. 297-303 2003.

GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. de P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.3, p.71-74, 2013.

LAGO, A. A.; ZINK, E.; RAZERA, L. F.; BANZATTO, N. V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia**, v. 38, n.1, p. 41-44, 1979.

MACHADO, C. G.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. C. S.; NAKAGAWA, J.; PEREIRA, F. R. da S. Posição do racemo e do fruto na qualidade fisiológica de sementes de mamona durante o armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.2, p.301-312, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MASETTO, T. E.; GORDIN, CARLA R. B.; QUADROS J. de B.; REZENDE, R. K. S.; SCALON, S. de P. Q. Armazenamento de sementes de *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ceres**, v.60, n.5, p.646-652, 2013.

MENDES, R. de C.; DIAS, D. C. F. dos S.; PEREIRA, M. D.; BERGER, P. G.. Tratamentos pré-germinativos em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.187-194, 2009.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; TOLEDO, M. Z. Germinação de sementes armazenadas de guandu. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.4, p. 43-48, 2009.

NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S.; FREITAS, R. A. et al. Colheita e armazenamento de sementes de coentro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.12, p.1793-1801, 2006.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA-MANN, R.; SANTOS, M. da F.; GOIS, I. B.; SANTOS, H. Oliveira dos; ANDRADE, T. M.; SANTOS JUNIOR, J. B.; MACEDO, F. L. de. Qualidade fisiológica de sementes de mamona (*Ricinus communis* L), cultivar Nordestina, sob diferentes condições de armazenamento. In: 2º Congresso Brasileiro de Mamona, 2006, Aracaju. 2º Congresso Brasileiro de Mamona. Aracaju: 2º Congresso Brasileiro de Mamona. v. 1. p. 1-5.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. dos S.; BORGES, E. E. de L. e; MARTINS FILHO, S; DIAS, L. A. dos S.; SORIANO, P. E.. Physiological quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.21-27, 2013.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

SILVA, F.S.; PORTO, A. G.; PASCUALI, L.C.; SILVA, F.T.C. Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n.1, p.45-56, 2010.

SILVA, G. Z. da; BRAGA JÚNIOR, J. M.; ALCÂNTARA BRUNO, R. de; FERRARI C. dos S.; ARAÚJO, F. dos S.; COSTA, M. N. da. Qualidade fisiológica de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) armazenadas. In: IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2010, João Pessoa, PB. Anais... João Pessoa: – 2010. Disponível em: <http://www.cbmamona.com.br/pdfs/SEM-44.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2013.

## **CAPÍTULO III**

# **TOLERÂNCIA DE LINHAGENS DE MAMONEIRA AO ALUMÍNIO TÓXICO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo submetido ao comitê editorial da Revista.....

---

## **Tolerância de linhagens de mamoneira ao alumínio tóxico em solução nutritiva**

**RESUMO** – O alumínio tóxico interfere no crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.) afetando, dessa forma, a produtividade da cultura. Nesse sentido, diferentes linhagens de mamona foram submetidas ao estresse por alumínio em condição hidropônica com o objetivo de apontar linhagens tolerantes ao alumínio tóxico. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de oito plântulas por parcela. As plantas foram expostas a 30 mg L<sup>-1</sup> de alumínio tóxico em solução nutritiva, para avaliação posterior do recrescimento da raiz principal de 30 linhagens de mamoneira. As linhagens de mamoneira apresentam diferentes níveis de tolerância e sensibilidade ao alumínio tóxico. As linhagens UFRB 46 e UFRB 151 apresentam maior recuperação do crescimento radicular, após o estresse de Al<sup>+3</sup> em condição hidropônica, podendo ser indicativo de maior potencial para cultivo em locais onde há presença de Al tóxico no perfil do solo.

**Palavras-chave:** tolerância ao alumínio; hidroponia; recrescimento da raiz; toxidez; *Ricinus communis* L.

## **Tolerance of castor bean lines to toxic aluminum in nutrient solution**

**ABSTRACT** – The toxic aluminum interferes with the growth of castor bean (*Ricinus communis* L.) affecting thus the yield. In this sense, different castor bean lines were subjected to aluminum stress in hydroponic conditions with the objective identifying lines tolerant to aluminum toxicity. Design was completely randomized, with four replications of eight seedlings per plot. Plants of 30 lines of castor bean were exposed to 30 mg L<sup>-1</sup> of toxic aluminum in nutrient solution, for further evaluation of root regrowth. Castor bean lines have different levels of sensitivity and tolerance to aluminum toxicity. UFRJ 46 and UFRJ 151 show greater recovery of root growth after Al stress in hydroponic conditions, which may be indicative of greater potential for cultivation in places where there is presence of toxic Al in the soil profile. The UFRB 46 and UFRB 151 show higher recovery of root growth after the stress of Al<sup>+3</sup> in hydroponic solution, which may be indicative of greater potential for cultivation in places where there is presence of toxic Al<sup>+3</sup> in the soil profile.

**Key words** - aluminum tolerance, hydroponics, root regrowth, toxicity, *Ricinus communis* L.

## INTRODUÇÃO

O alumínio (Al) é um metal predominantemente encontrado como um componente importante nas argilas do solo. No entanto, em condições de solos altamente ácidos (pH <5,0), a toxicidade do alumínio é induzida através da solubilização de Al em solos, tornando-se altamente fitotóxico, em sua forma  $Al^{3+}$  (INOSTROZA-BLANCHETEAU et al., 2012). O alumínio tóxico provoca uma rápida inibição de crescimento da raiz, limitando a profundidade de penetração destas raízes e a capacidade de absorção de água e nutrientes, o que resulta num sistema radicular pouco desenvolvido, na deficiência de nutrientes e consequentemente redução na produtividade (FAMOSO et al., 2010; KRILL et al., 2010; BIAN et al., 2013).

Uma das formas mais eficazes de evitar os efeitos danosos do  $Al^{3+}$  é pelo desenvolvimento de cultivares mais tolerantes à presença deste cátion, já que as espécies de plantas evoluíram para níveis variáveis de tolerância ao alumínio, desenvolvendo mecanismos para melhorar a sua sobrevivência em solos ácidos, permitindo o desenvolvimento varietal de cultivares tolerantes (RYAN et al., 2011; BIAN et al., 2013).

As plantas tolerantes ao alumínio podem ser identificadas por meio de testes fisiológicos, através de sistema hidropônico, utilizando soluções nutritivas em laboratório por meio da medida do recrescimento da raiz após o tratamento com  $Al^{3+}$  na solução, esta metodologia geralmente fornece uma medida confiável de tolerância (BERTAN et al., 2006; LANA et al., 2013).

O emprego de solução nutritiva em cultivo hidropônico para avaliar a toxidez ao alumínio permite imediata observação dos efeitos pela inibição do crescimento da raiz, evitando os inconvenientes do uso de solo onde a intensidade de seleção não pode ser quantitativamente controlada. Muitos trabalhos foram realizados e sugerem que mediante medidas da retomada do crescimento das raízes (recrescimento) após o tratamento com alumínio em solução nutritiva, é possível discriminar genótipos tolerantes em relação aos genótipos sensíveis ao alumínio tóxico (BERTAN et al., 2006; SILVA et al., 2006b; HERVÉ et al., 2013).

Diversos autores vêm estudando o comportamento das espécies na presença do alumínio, como em espécies florestais (SOUSA, 2009) e cereais

(CAMARGO et al, 1998; MAZZOCATO et al., 2002; SILVA et al., 2006a; CAIRES et al., 2008; FAMOSO et al., 2010; KRILL et al., 2010; HERVÉ e al., 2013).

Na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) LIMA et al. (2007), estudando os efeitos do alumínio no crescimento inicial de plantas da cultivar BRS Nordestina, produzidas em solo tratado com e sem matéria orgânica, observaram redução drástica no crescimento das plantas a partir da aplicação de 1,0 cmolc dm<sup>-3</sup> de alumínio, exibindo uma grande sensibilidade a este elemento. PASSOS (2009) avaliando cultivares de mamoneira observou que o comprimento da raiz principal bem como o recrescimento da raiz principal e secundária foram drasticamente reduzidos em função do aumento das concentrações de Al<sup>+3</sup>.

Considerando a importância que a tolerância ao alumínio tóxico representa para o melhoramento genético da mamoneira, fica evidente a necessidade do desenvolvimento de genótipos superiores para a tolerância ao caráter, o que justifica o direcionamento de esforços na caracterização do germoplasma existente. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi identificar linhagens com tolerância ao alumínio tóxico através de sistema hidropônico.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de linhagens superiores da geração F5:F6 de mamona, com alto nível de homozigose, oriundas de hibridizações já realizadas pelo grupo de pesquisa NBIO (Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnologia), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

O experimento foi realizado no Laboratório de Seleção Precoce do NBIO, no período de Abril/2011 a Fevereiro/ 2014, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e Biológicas da UFRB em Cruz das Almas, BA. Para a condução do experimento foi utilizada a técnica descrita por Camargo e Oliveira (1981), adaptada por Passos et al. (2009) para a mamoneira, formada pelas seguintes concentrações: Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4 mM; MgSO<sub>4</sub> 2 mM; KNO<sub>3</sub> 4 mM; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,435 mM; KH<sub>2</sub> PO<sub>4</sub> 0,5 mM; MnSO<sub>4</sub> 2 µM; CuSO<sub>4</sub> 0,3 µM; ZnSO<sub>4</sub> 0,8 µM; NaCl 30 µM; Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> 0,1 µM; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 10 µM; Fe-EDTA 10 µM.

As sementes das 30 linhagens foram desinfetadas em solução de hipoclorito de sódio a 20% (produto comercial) por 10 minutos e lavadas com água destilada, para retirar o excesso do produto. Em seguida, semeadas em areia lavada e

colocadas para germinar em câmara B.O.D, a temperatura de 25°C com iluminação permanente, onde permaneceram até apresentar de 2-5 mm de raiz, e posteriormente foram transferidas para uma tela adaptada à tampa (Figura 1A) de um recipiente com capacidade de 4 litros, contendo solução nutritiva completa, de modo a ficarem com as raízes em contato permanente com a solução. Estes recipientes foram colocados em tanque banho-maria em água a temperatura de 25+/-1 °C com iluminação permanente e sistema de aeração, para dotação de oxigênio necessário ao desenvolvimento do sistema radicular, por um período de 48 horas (Figuras 1B e 1C).

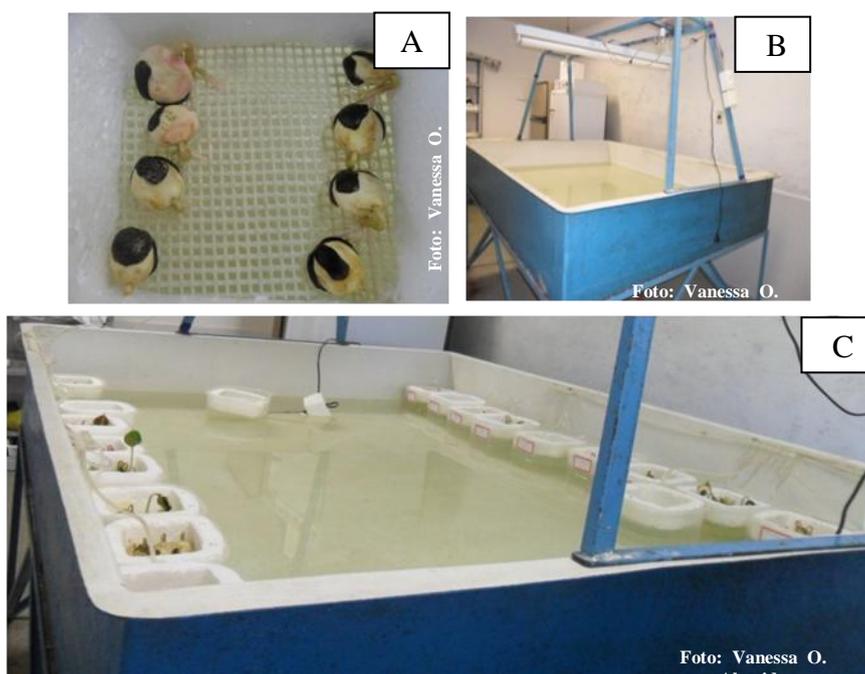


Figura 1. Experimento para identificação de tolerância ao alumínio tóxico em sementes de mamoneira (*Ricinus communis* L.): sementes sob suporte sobre contato com a solução nutritiva (A); sistema hidropônico (B) e tanque com os recipientes (C).

Após permanência das plântulas em solução nutritiva por 48 horas, as telas com as plântulas foram transferidas para recipientes com solução tratamento (10% da solução nutritiva completa, exceto a solução de fosfato de potássio para evitar possível precipitação do  $Al^{+3}$ ), associada a dose de alumínio de  $30\text{ mg L}^{-1}$  de  $Al^{+3}$ , utilizando como fonte o  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , onde permaneceram por 48 horas. Após 48 horas, foram realizadas medições do comprimento inicial da raiz principal, utilizando régua milimetrada. Durante todos os procedimentos o pH da

solução foi ajustado diariamente entre 3,7 a 4,3, utilizando NaOH ou HCl 0,5 mol/L, com pHgâmetro.

Depois de completado este período as plântulas foram transferidas para uma nova solução nutritiva completa, por mais 72 horas. Após esse período foi avaliado o comprimento final da raiz principal. Depois de conhecidos os dois comprimentos inicial e final das raízes, foi determinado o recrescimento da raiz principal, diferença entre o comprimento inicial e final das raízes.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições de oito plântulas por parcela. Os dados foram submetidos à análise de variância univariada (teste de F) e suas médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade (SCOTT e KNOTT, 1974). A distância genética entre todos os pares de genótipos foi estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis a partir de médias padronizadas. Com base na matriz de dissimilaridade genética gerada foi aplicado o método de agrupamento de Tocher (RAO, 1952) e construído um dendrograma pelo método de agrupamento da distância média (UPGMA). Para a estimativa do ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o dendrograma gerado foi calculado o coeficiente de correlação cofenética ( $r$ ) (SOKAL e ROHLF, 1962). Os programas computacionais utilizados foram o GENES (CRUZ, 2001), SAS SYSTEM v.8.1 (SAS INSTITUTE, 2003) e STATISTICA (STATSOFT, 2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas plantas de mamoneira apresentaram sintomas de toxidez ao alumínio, inicialmente foi observada necrose na ponta das raízes e retardamento do sistema radicular. Aquino et al. (2013) também observou áreas com necrose em plântulas de amendoim cultivadas em solução nutritiva.

A análise de variância (Tabela 1) revelou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para o caráter recrescimento da raiz principal (RCRP), ficando evidente que houve modificação do caráter avaliado com a adição de Al na solução nutritiva a qual as plântulas foram expostas. A análise do recrescimento da raiz em solução nutritiva se mostrou também eficiente para discriminar linhagens elites de aveia (HERVÉ et al., 2013) e de trigo (BERTAN et al., 2006).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os caracteres recrescimento da raiz principal (RCRP) em linhagens de mamoneira submetidas ao estresse ao alumínio em cultivo hidropônico.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios (QM)
		RCRP
Linhagem	29	4,155*
Erro	77	2,841
C.V. (%)		40,19
DP		1,78
Média		2,39

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; CV(%)= coeficiente de variação e DP= desvio padrão.

Na Tabela 2 é apresentada a análise univariada do desempenho das linhagens referentes às reações de toxicidade ao alumínio em soluções nutritivas contendo  $30 \text{ mg L}^{-1}$  desse elemento para o caráter recrescimento da raiz principal (RCRP). Considerando o teste de Scott-Knott para o caráter RCRP foi possível identificar a formação de dois grupos, podendo separar as linhagens em que as raízes toleram o alumínio tóxico. Em ordem de tolerância se encontram as linhagens UFRB 151, UFRB 46, UFRB 22, UFRB 160, UFRB 208, UFRB 220, UFRB 182, UFRB 258 e UFRB 213. As demais linhagens são sensíveis à dose testada. Na Figura 2 é possível observar as raízes de linhagens tolerantes e sensíveis quanto ao recrescimento da raiz primária.

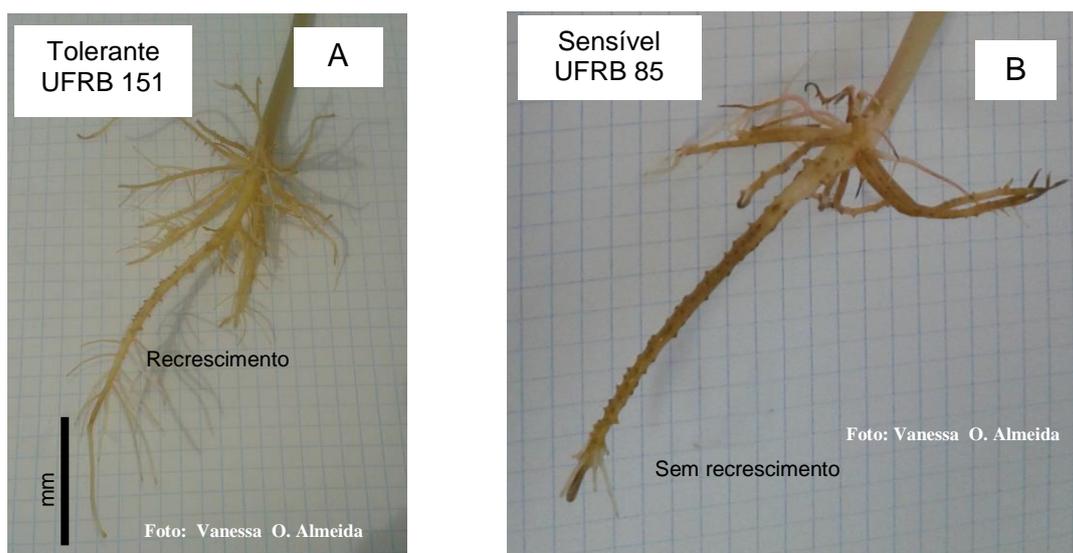


Figura 2. Linhagens que apresentam tolerância (A) e sensibilidade (B) no recrescimento das raízes quando submetidas à solução nutritiva.

Pode-se observar na Tabela 2 que as linhagens que foram agrupadas a partir do método de Otimização de Tocher, separam-se em quatro grupos as linhagens. No Grupo I verifica-se que as raízes das linhagens UFRB 11, UFRB 14, UFRB 15, UFRB 19, UFRB 22, UFRB 25, UFRB 31, UFRB 54, UFRB 57, UFRB 86, UFRB 89, UFRB 214, UFRB 219, UFRB 221, UFRB 227, UFRB 232, UFRB 233, UFRB 254, UFRB 263 e UFRB 264 são afetadas pelo alumínio tóxico. No Grupo 2, as linhagens UFRB 22, UFRB 160, UFRB 182, UFRB 208, UFRB 213, UFRB 220 e UFRB 258 foram consideradas intermediárias quanto à toxicidade ao alumínio. O Grupo III as raízes das linhagens 46 e 151 são tolerantes. O Grupo IV é formado pelas linhagens UFRB 85 em que as raízes são altamente sensíveis à toxicidade ao alumínio.

Tabela 3. Comparação do recrescimento da raiz (RCRP) após exposição ao alumínio entre linhagens de mamona.

Grupo <sup>(1)</sup>	Linhagem	RCRP (cm) <sup>(2)</sup>
I	UFRB 11	0,99 b
I	UFRB 14	1,66 b
I	UFRB 15	1,47 b
I	UFRB 19	0,77 b
I	UFRB 23	1,89 b
I	UFRB 25	2,40 b
I	UFRB 31	1,81 b
I	UFRB 54	2,08 b
I	UFRB 57	1,90 b
I	UFRB 86	1,32 b
I	UFRB 89	2,00 b
I	UFRB 214	2,06 b
I	UFRB 219	2,36 b
I	UFRB 221	1,74 b
I	UFRB 227	2,15 b
I	UFRB 232	2,54 b
I	UFRB 233	0,77 b
I	UFRB 254	2,29 b
I	UFRB 263	2,45 b
I	UFRB 264	2,58 b
II	UFRB 22	3,84 a
II	UFRB 160	3,70 a
II	UFRB 182	3,20 a
II	UFRB 208	3,47 a
II	UFRB 213	3,00 a
II	UFRB 220	3,23 a
II	UFRB 258	3,10 a
III	UFRB 46	4,95 a
III	UFRB 151	5,90 a
IV	UFRB 85	0,00 b

Formação de grupos a partir do Agrupamento de <sup>(1)</sup> Otimização de Tocher e <sup>(2)</sup> Scott-Knott, a 5%.

Posteriormente, com base nas médias dos caracteres avaliados, estimou-se a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ), buscando o estabelecimento de grupos de linhagens similares quanto à toxicidade ao Al. Foi verificado a formação de 4 grupos, podendo ser observado na Figura 3, através o dendograma da dissimilaridade genética, com base no recrescimento da raiz principal e secundária analisadas em 30 linhagens de mamoneira. O coeficiente de correlação cofenético de 0,85 sugere o ajuste entre a matriz de dissimilaridade e a representação gráfica obtida. Esse valor pode ser considerado razoável (Vaz Patto et al., 2004), permitindo fazer inferências sobre os dendrograma.

A maior parte das linhagens se encontra no Grupo I. No Grupo II as linhagens UFRB 22, UFRB 160, UFRB 208, UFRB 182, UFRB 220, UFRB 213 e UFRB 258. O Grupo III possui apenas a linhagem UFRB 85 e no Grupo IV as linhagens UFRB 46 e UFRB 151. Isso mostra que com a dose de  $30 \text{ mg L}^{-1}$  de alumínio foi possível separar as linhagens em grupos (Figura 3).

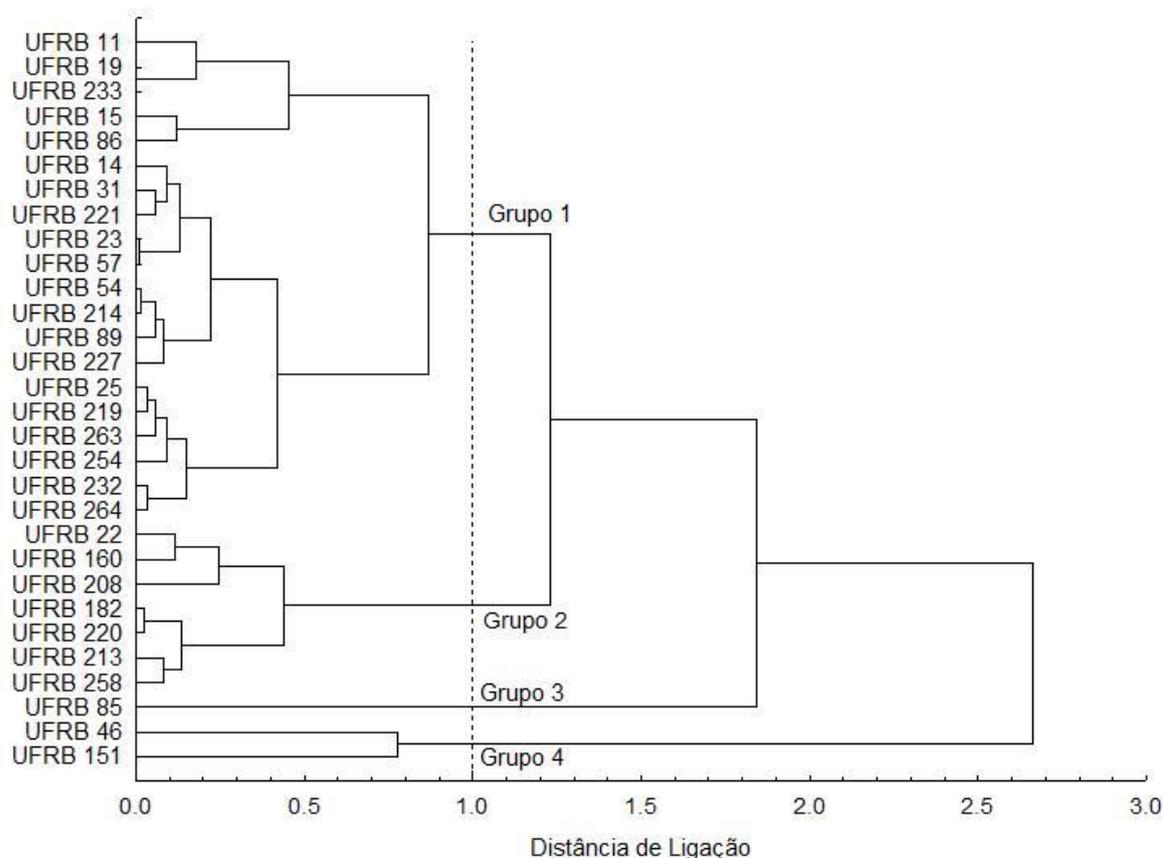


Figura 3. Dendrograma representativo da dissimilaridade com base nas distâncias generalizadas de Mahalanobis.

A menor distância genética verificada entre as 30 linhagens estudadas foi de 0,00 entre as linhagens UFRB 19 e UFRB 233, que possuem características agronômicas muito próximas, conforme se observa pelos resultados obtidos. A maior distância genética verificada foi de 4,83 entre os genótipos UFRB 85 e UFRB 151, na a primeira linhagem a raiz tolera o recrescimento e a segunda não tolera.

## CONCLUSÕES

As linhagens de mamoneira apresentam diferentes níveis de tolerância e sensibilidade ao alumínio tóxico.

As linhagens UFRB 46 e UFRB 151 apresentam maior recuperação do crescimento radicular após o estresse de  $Al^{+3}$  em condição hidropônica, podendo ser mais adequadas para cultivo em locais onde há presença de alumínio tóxico no perfil do solo.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M. M.; OLIVEIRA, L. E. M. de; FURTINI NETO, A. E. DELÚ FILHO, N. Comportamento diferencial das espécies florestais cássia-verrugosa (*Senna multijuga* (L.C. RICH.) I. & B.) e ipê-mirim (*Tecoma stans* H.B.K.) na presença de alumínio. **Ciência e agrotecnologia**, v.25, n.5, p.1161-1168, 2001.
- AQUINO, E. L.; SANTOS, A. L. dos S.; SOUZA, G. S. de; SILVA, P. C. C. Plantas de amendoim (*Arachis hypogaeae* L.) submetidas à diferentes doses de alumínio em solução nutritiva. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16; p. 1698-1714, 2013.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, P.H.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; SILVA, G.C.; HARTWIG, I.; PADILHA, E.B. Caracteres associados a tolerância ao alumínio tóxico em genótipos de trigos sul brasileiros, **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, n.2, p.149- 154, 2005.
- BERTAN, I; CARVALHO, F.I.F; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; SILVA, G.O.; HARTWIG, I.; VALÉRIO, I.P.; FINATTO, T. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v.65, n. 1, p.55-63, 2006.
- BEUTLER, A.N.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n.4, p.923-928, 2001.

BIAN, M.; ZHOUB, M.; SUNB, D.; LIC, C. Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants. **The crop Journal**, v. 1, n. 2, p.91-104, 2013.

CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; BARTH, G.; CORRÊA, J.C.L. Effects of soil acidity by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, v.28, n.1, p.57-67, 2008.

CAMARGO, C.E.O.; PEREIRA FILHO, A.W.P.; FREITAS, J.G. Avaliação de genótipos de centeio, triticale e trigo comum e trigo duro quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**. v.55, n.2, p.227-232, 1998.

CAMARGO, O. C. E.; OLIVEIRA, O. F. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de alumínio em solução nutritiva e no solo. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.1, p.21- 23. 1981.

CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, J. A. G. de; SOUZA, V. Q. de; PARACHU, E. A. M.; SILVEIRA, G. de; RIBEIRO, G.; LUCHE, H. de S. Estresse por alumínio em genótipos de aveia preta em condição hidropônica. **Bragantia**, v.68, n. 3, p. 639-649, 2009.

CRUZ, C.D. **Programa Genes** – versão Windows 2001.0.0. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.

FAMOSO, A. N.; CLARK, R. T.; SHAFF, J. E.; CRAFT, E.; MCCOUCH, S. R.; KOCHIAN, L. V. Development of a novel aluminum tolerance phenotyping platform used for comparisons of cereal aluminum tolerance and investigations into rice aluminum tolerance mechanisms. **Plant Physiology**, v.153, n.4, p.1678-1691, 2010.

HERVÉ, C.B.; CALAI, F. A.; NAVA, I. C.; DELATORRE, C. A. Tolerância ao alumínio tóxico em germoplasma elite de aveia. **Ciência Rural**, v.43, n.8, p.1364-1370, 2013.

INOSTROZA-BLANCHETEAU, C.; RENGEL, Z.; ALBERDI, M.; MORA M.de la L.; AQUEA, F.; ARCE-JOHNSON, P.; REYES-DÍAZ, M. Molecular and physiological strategies to increase aluminum resistance in plants. **Molecular Biology Reports**, v.39, n.3, p.2069-2079, 2012.

KRILL, A. M.; KIRST, M.; KOCHIAN, L.V.; BUCKLER, E. S.; HOEKENGA, O.A. Association and linkage analysis of aluminum tolerance genes in maize. **Plos one**, v.5, n.4, p 1-11, 2010.

LANA, M. do C.; STEINER, F.; ZOZ, T.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J. F. Tolerance of physic nut plants to aluminum activity in nutrient solution. **Bioscience Journal**, v.29, n.3, p.582-589, 2013.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; SILVA, M.I.L.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento da mamoneira em solo com alto teor de alumínio na presença e ausência de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, n.1, p.15-21, 2007.

MAZZOCATO, A.C.; ROCHA, P.S.G.; SERENO, M.J.C.M.; BOHNEM, H.; GRONGO, V.; BARBOSA NETO, J.F. Tolerância ao alumínio em plântulas de milho. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.19- 24, 2002.

PASSOS, A. R. **Estudo genético e agrônômico da mamoneira em baixas altitudes do Recôncavo Baiano**. 2009. 109f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas, 2009.

RYAN, P. R.; TYERMAN, S. D.; SASAKI, T. ; FURUICHI, T.; YAMAMOTO, Y.; ZHANG, W. H.; DELHAIZE, E. The identification of aluminium-resistance genes provides opportunities for enhancing crop production on acid soils. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.1, p.9-20, 2011.

SAS INSTITUTE (2003). SAS language and procedures: Usage. **Version SAS 9.1.3**. SAS Institute, CD-ROM, Cary, North Carolina.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SILVA, G.C.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; BERTAN, I.; HARTWIG, I.; FINATTO, T. Parâmetros de avaliação da tolerância ao alumínio tóxico em diferentes cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.4, p.401-404, 2006a.

SILVA, L. M. da; COSTA, N. V. da; CRUSCIOL, C. A. C.; VIEGAS, P. R. A. Sistema radicular de cultivares de arroz submetidas ao alumínio em solução nutritiva. **Revista Agrarian**, v.4, n.13, p.202-212, 2011.

SILVA, S. A.; CARVALHO, F. I. F. de; SILVA, J. A. G. da; OLIVEIRA, A. C. de; CRUZ, P. J.; CAETANO, V. da R.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; PASSOS, A. R.; VIEIRA, E. A.; SIMIONI, D. Toxicidade do alumínio e efeito do ácido giberélico em linhas quase isogênicas de trigo com o caráter permanência verde e maturação sincronizada. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.765-771, 2006b.

SOUSA, C. S. **Caracterização silvicultural, identificação de genes Rht e alumínio tóxico em jenipapeiros de quatro procedências do Recôncavo Baiano**. 2009. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Cruz das Almas, 2009.

STATSOFT, Inc. **Statistica for Windows (data analysis software system), version 7.1**. Statsoft, Tulsa, Oklahoma (USA), 2005.

VAZ PATTO, M. C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. **Euphytica**, v.137, n.1, p.63-72, 2004.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A mamoneira é uma espécie oleaginosa com importância global e que vem despertando interesse no Nordeste do Brasil, especialmente nas regiões sob clima semiárido. No entanto, para a exploração comercial da espécie são necessários estudos que visem a produção de sementes de alta qualidade que possam ser armazenadas por um longo período, sem que comprometa a integridade fisiológica da semente e que germinem de forma rápida e uniforme. Além disso, desenvolver cultivares adaptadas às regiões tropicais que se adaptem bem a solos por meio da tolerância ao alumínio tóxico no solo compõe uma alternativa para o aumento na produtividade. Neste trabalho foi possível constatar que para acelerar a germinação das sementes de mamoneira e produzir plantas uniformes é necessário a utilização de germinadores, podendo ser do tipo câmara B.O.D ou germinador modelo Mangelsdorf, desde que se utilize o substrato de areia. No entanto, a utilização do substrato de areia em germinador tipo Mangelsdorf proporciona os melhores resultados, além de facilidade no manuseio quanto ao número de rega. É possível armazenar as sementes de mamoneira em temperatura ambiente, em torno de 28°C, em condições de laboratório por 18 meses em saco plástico sem que ocorra o comprometimento da germinação inicial. A embalagem exerce grande influência no armazenamento das sementes, porém, se as sementes forem armazenadas por até 14 meses, as embalagens de saco de papel Kraft, saco plástico e pote de polietileno, não influenciam na germinação. Contudo, as linhagens possuem comportamento diferenciado quanto à germinação, por isso, antes de se iniciar a propagação da espécie através de sementes, são necessários conhecimentos prévios sobre a linhagem a ser propagada. Quanto ao estudo de tolerância ao alumínio tóxico, ficou evidente que as linhagens de mamoneira podem ser classificadas em

tolerantes a sensíveis ao alumínio tóxico através do sistema hidropônico através da utilização de solução nutritiva, sendo que 6,67% das linhagens testadas foram consideradas tolerantes, 10% sensíveis e 83,33% foram classificadas como intermediárias. Este trabalho se reveste da importância de fomentar os programas de melhoramento genético da espécie, possibilitando a propagação, conservação e seleção de genótipos tolerantes ao alumínio tóxico, servindo de subsídio para trabalhos posteriores.