

PATRÍCIA PEREIRA DE SOUZA

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE VIGOR E PARA  
O ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE MACAÚBA  
(*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

Souza, Patrícia Pereira de, 1988-

S729d  
2013

Desenvolvimento de tecnologia de avaliação de vigor e para o armazenamento de sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart) / Patrícia Pereira de Souza. – Viçosa, MG, 2013.

ix, 35f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Palmeira. 2. Macaúba. 3. Sementes - Viabilidade.  
4. Germinação. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em  
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.851

PATRÍCIA PEREIRA DE SOUZA

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE VIGOR E PARA  
O ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE MACAÚBA  
(*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 05 de setembro de 2013.

---

Roberto Ferreira da Silva  
(Coorientador)

---

Eduardo Euclides de Lima e Borges  
(Coorientador)

---

Domingos Sávio Queiroz

---

Sérgio Yoshimitsu Motoike  
(Orientador)

*À minha família e aos meus amigos que estão sempre do meu lado,  
dando-me força para ir cada vez mais longe,  
dedico*

“Matar o sonho é matarmo-nos. É mutilar a nossa alma. O sonho é o que temos de realmente nosso, de impenetravelmente e inexpugnavelmente nosso.”

*(Fernando Pessoa)*

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela força, coragem e sabedoria.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia pela oportunidade e infraestrutura disponibilizada.

Ao CNPq e a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado;

À FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto;

Ao professor Sérgio Motoike pela orientação e confiança depositada.

À Mychelle Carvalho por toda ajuda do início ao fim na realização desse trabalho.

Aos professores Eduardo Euclides de Lima e Borges e Roberto Ferreira da Silva pela coorientação.

Ao professor Carlos Nick pela paciência e ajuda nas análises estatísticas.

À Naomi pelas contribuições para as correções desse trabalho.

À Glauciana e Mauro pela colaboração nas análises enzimáticas.

Aos estagiários Antônio, Vanessa e Mateus pela ajuda no desenvolvimento dos experimentos.

À Elaine e Francisco pelo auxílio nos experimentos.

Aos colegas e amigos de laboratório e ao grupo da macaúba (REMAPE) por todo companheirismo e amizade durante todo esse tempo que passamos juntos. Aprendi muito com vocês.

Às minhas amigas e irmãs para todo o sempre: Lays, Itaina, Priscila e Luana, muito obrigada pelo carinho amizade, por todos os momentos difíceis e alegres. Vocês também são minha família.

Ao meu amigo Rafael por todo carinho e amizade.

A todos os professores que participaram da minha formação, muito obrigada.

À minha família que está comigo todos os momentos da minha vida, muito obrigada pelo carinho, amor e paciência. Vocês são o que tenho de mais importante na vida... Amo vocês.

## SUMÁRIO

Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Introdução geral.....	1
Referências bibliográficas.....	3

### CAPÍTULO I. ADEQUAÇÃO DE METODOLOGIA DE TESTE DE VIGOR E VIABILIDADE PARA SEMENTES DE MACAÚBA

Resumo.....	6
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e métodos.....	9
Resultados.....	12
Discussão.....	15
Conclusões.....	17
Referências bibliográficas.....	17

### CAPÍTULO II. INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARMAZENAMENTO NO VIGOR E VIABILIDADE DE SEMENTES DE MACAÚBA

Resumo.....	21
Abstract.....	22
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	24
Resultados.....	27
Discussão.....	30
Conclusões.....	32
Referências bibliográficas.....	33

## RESUMO

SOUZA, Patrícia Pereira de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2013. **Desenvolvimento de tecnologia de avaliação de vigor e para o armazenamento de sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart).** Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike. Coorientadores: Mychelle Carvalho, Roberto Ferreira da Silva e Eduardo Euclides de Lima e Borges.

A macaúba, *Acrocomia aculeata*, palmeira nativa dos cerrados, savanas e florestas abertas da América Tropical, encontra-se amplamente distribuída nos estados de Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, Pará e Minas Gerais. Entre as espécies oleaginosas, a macaúba se destaca por ser uma palmeira altamente produtiva e nativa de regiões semi-áridas. Desse modo, no primeiro capítulo objetivou-se adequar metodologias para a avaliação do vigor e viabilidade das sementes. Os testes de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e tetrazólio foram analisados. Nesse experimento utilizaram-se quatro lotes de sementes, sendo que o lote 1 (Montes Claros) apresentou os melhores resultados para todos os testes aplicados. Dentre os testes aplicados o IVG e condutividade elétrica mostraram-se eficientes na avaliação da qualidade fisiológica das sementes. A utilização dos testes de envelhecimento acelerado e tetrazólio necessitam de maior aperfeiçoamento para serem empregados de forma segura para a avaliação das sementes de macaúba. O segundo capítulo teve como objetivo desenvolver um método de acondicionamento das sementes de macaúba garantindo a conservação da qualidade da fisiológica das mesmas. Foram realizados dois ensaios: no primeiro, as sementes foram armazenadas sob três faixas de umidade  $4,0 \leq 6,0\%$ ;  $6,0 \leq 8,0\%$  e  $8,0 \leq 10,0\%$  em embalagens impermeáveis em temperatura ambiente e  $10^{\circ}\text{C}$ . Aos 0, 4, 8, e 12 meses de armazenamento as sementes foram submetidas as seguintes avaliações: teor de água e teste de germinação. No segundo ensaio, as sementes foram armazenadas em três tipos de embalagem: a) permeável (papel tipo Kraft), b) semipermeável (polietileno rígido) e c) impermeável (folha flexível de alumínio). Foram comparadas três condições de armazenamento: a) temperatura ambiente em condição de laboratório (condição 1); b) 45% de UR e temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$  (Condição 2); e c) 55% de UR e temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  (Condição 3). Avaliou-se o teor de água, a taxa de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG); aos 0, 4, 8, 12 meses de armazenamento. No primeiro ensaio os melhores resultados de germinação foram obtidos com a faixa de umidade de  $6,0 \leq 8,0\%$ . No entanto, as sementes armazenadas em temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ , independente dos

teores de umidades não sobreviveram quando avaliadas aos quatro meses de armazenamento. No segundo ensaio as sementes armazenadas com 5,86% de teor de água e os ambientes de armazenamento de 15°C/45%UR e 20°C/55%UR independente do tipo de embalagem apresentaram os melhores resultados.

## ABSTRACT

SOUZA, Patrícia Pereira de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2013. **Development of evaluation technology of vigor and for the storage of macaw palm seeds (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart).** Adviser: Sérgio Yoshimitsu Motoike. Co-advisers: Mychelle Carvalho, Roberto Ferreira da Silva e Eduardo Euclides de Lima e Borges.

Macaw palm, *Acrocomia aculeata*, native palm tree from the cerrado, savannas and open forest in America tropical, is found widely distributed in the states of Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, Pará and Minas Gerais. Among the oleaginous species, macaw palm stands for being a palm tree highly productive and native from semi-arid regions. This way, in the first chapter the objective was to adequate methodologies to evaluate the vigor and viability of the macaw palm seeds. The germination tests, germination speed index (GSI), electrical conductivity, accelerate aging and tetrazolium were analyzed. In this experiment four seed lots were used, being Lot 1 (Montes Claros) that showed the best results for all of the tests applied. Among the applied tests the GSI and the electrical conductivity were efficient in the physiological quality evaluation of the seeds. The accelerate aging and the tetrazolium tests require more studies to adequate and posterior utilization to evaluate the macaw palm seeds. The second chapter had as an objective to develop a method for conditioning macaw palm seeds guarantying the conservation of the physiological quality. Two assays were performed: first assay, the seeds were stored under three moisture ranges  $4,0 \leq 6,0\%$ ;  $6,0 \leq 8,0\%$  and  $8,0 \leq 10,0\%$  in impermeable containers under environment temperature and  $10^{\circ}\text{C}$ . At 0, 4, 8 and 12 months of storing the seeds were submitted to following evaluations: water content and germination test. Second assay, the seeds were stored in three different kinds of containers: a) permeable (Kraft type paper), b) semi-permeable (rigid polyethylene) and c) impermeable (Flexible sheet of aluminium). Three storing conditions were compared: a) environment temperature in laboratory conditions (condition 1); b) 45% of UR and temperature of  $15^{\circ}\text{C}$  (condition 2); and c) 55% of UR and temperature of  $20^{\circ}\text{C}$  (condition 3). Water content, germination rate and germination speed index (GSI) were evaluated; at 0, 4, 8 and 12 months of storing. In the first assay the best germination results were obtained with the moisture range  $6,0 \leq 8,0\%$ . However, the seeds stored at temperature  $10^{\circ}\text{C}$ , independently from the humidity content didn't survive when they were evaluated at 4 months of storing. In the second assay, the stored seeds with 5,86% water content and

the storing environment 15°C/45%UR and 20°C/55%UR independently from the type of container showed the best results.

## INTRODUÇÃO GERAL

A macaúba, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius, é uma palmeira oleaginosa nativa dos cerrados, savanas e florestas abertas da América Tropical (Clement et al, 2005). No Brasil, encontra-se amplamente distribuída nos estados de Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, São Paulo, Pará e Minas Gerais (Lorenzi et al, 2004). Em Minas Gerais a espécie ocorre em maior concentração nas regiões do Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica e Montes Claros (Motta et al, 2002). Considerada uma grande produtora de óleo, tem sido apontada como uma das mais promissoras espécies nativas da flora brasileira para a produção de biocombustíveis (Lorenzi, 2006), tais como o biodiesel e o bioquerosene. Seu potencial é alicerçado na alta produtividade (5000 kg de óleo/ha) (CETEC, 1983) e no alto valor de co-produtos resultantes do processamento dos frutos (Pires et al, 2013).

Apesar do seu grande potencial, esta é uma espécie negligenciada da flora, sendo os esforços para a sua domesticação iniciada no ano de 2007. Como parte desse esforço, Motoike et al, (2007) desenvolveu o primeiro processo para a germinação e produção de sementes pré-germinadas de macaúba, o que possibilitou o estabelecimento de plantios comerciais desta cultura no Brasil. Entretanto, ainda há a necessidade de gerar mais informações com a finalidade de compreender a biologia dessas sementes. De modo que, o conhecimento do comportamento das sementes após a colheita permite adotar medidas adequadas de manipulação, beneficiamento, secagem e métodos de armazenamentos que garantam a conservação da qualidade fisiológica das sementes até o período de plantio.

As palmeiras são propagadas, principalmente via seminífera e recomenda-se a semeadura logo após a colheita (Meerow, 1991), devido à desidratação das sementes que provoca a perda da viabilidade (Negreiros e Perez, 2004). A perda da viabilidade inicia-se logo após as sementes atingirem a maturidade fisiológica e sua longevidade depende das condições ambientais a que forem submetidas (Copeland and McDonald, 2001). Meerow (1991) relata que a viabilidade das sementes pode diferir entre plantas de uma mesma espécie, entre anos de produção dos frutos, idade da semente e métodos de armazenamentos adotados. As sementes de palmeiras apresentam uma diversidade de comportamento pós-colheita (Fintel, 2004), no entanto, o conhecimento sobre o comportamento das sementes durante o armazenamento ainda é restrito, mesmo sendo consideradas umas das famílias mais importantes economicamente.

As sementes são classificadas em três categorias de acordo com o seu comportamento fisiológico durante o armazenamento: ortodoxas, intermediárias e recalcitrantes. As sementes ortodoxas são sementes tolerantes a desidratação e a baixas temperaturas, permanecendo viáveis por um longo período durante o armazenamento. Entretanto, as sementes recalcitrantes são sensíveis à desidratação e a temperaturas baixas, apresentando curto período de viabilidade. As sementes intermediárias são resistentes à desidratação e sensíveis a baixas temperaturas (Hong e Ellis, 1996). Muitas espécies de palmeiras de ambientes tropicais úmidos são classificadas como recalcitrantes, e outras intermediárias, enquanto as ortodoxas são sementes de ambientes secos (Orozco-Segovia et al, 2003).

O armazenamento com temperatura e umidade relativa controladas proporciona a preservação das sementes garantindo a manutenção da viabilidade por um período maior (Copeland e McDonald, 2001). A secagem das sementes é um passo importante para manutenção da qualidade durante o armazenamento, pois o alto teor de água provoca a perda do potencial germinativo e do vigor das sementes (Garcia et al, 2004), mas a tolerância à dessecação depende da espécie, estágio de desenvolvimento e das condições e velocidade de secagem (Rosa et al, 2005).

O vigor das sementes é tido como conjunto de características que determina o seu potencial germinativo, permitindo uma germinação rápida e uniforme independente das condições ambientais (Tekrony, 2003). Segundo Qun et al (2007) o vigor é constituído por três fatores: genético, condições ambientais durante o desenvolvimento e condições de armazenamento das sementes.

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes é comumente realizada por meio dos testes de vigor. A utilização dos testes de vigor é um componente importante para avaliar a qualidade da semente, uma vez que o teste de germinação permite uma avaliação incompleta do potencial fisiológico das sementes (Kikuti e Marcos Filho, 2008). Os testes de vigor visam detectar pequenas diferenças no potencial fisiológico das sementes de lotes que possuem germinação semelhante, fornecendo informações adicionais que não são observadas através do teste de germinação (Custódio, 2005).

Considerando o grande potencial oleaginoso da macaúba e a sua aplicabilidade nos setores energéticos e industriais, é indispensável o desenvolvimento de mais estudos para ampliar o conhecimento sobre a espécie. Visto que há carência de informações que avaliem as condições adequadas para o armazenamento de sementes, de modo a manter o vigor e viabilidade das mesmas para a implantação de plantios comerciais que viabilizem uma produção homogênea. Assim, o presente estudo propõe avaliar a

eficácia de métodos de armazenamento de sementes de macaúba sob diferentes embalagens, temperaturas e período de armazenamento, e a adequação de testes de viabilidade e vigor que detectem a qualidade fisiológica das sementes.

O trabalho foi redigido sob a forma de dois capítulos intitulados “Adequação de metodologia de teste de vigor e viabilidade para sementes de macaúba” e “Influência do tipo de armazenamento no vigor e viabilidade de sementes de macaúba”.

## **REFERÊNCIAS**

CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Programa de energia. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Relatório final Belo Horizonte, 1983.

CLEMENT, C. R.; LLERAS. E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, v.9, p. 67-71, 2005.

COPELAND, L. D.; MCDONALD, M. B. **Principes of the Science and technology**. 2001.

FINTEL, G.T.; BERJAK P.; PAMMENTER, N.W. Seed behaviour in *Phoenix reclinata* Jacquin, the wild date palm. **Seed Science Research**, v. 14, p.197-204, 2004.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. P.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. IPGRI. Technical Bulletin. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy, n. 1, 1996.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS-FILHO, J. Physiological potential of cauliflower seeds, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.374-380, 2008.

LORENZI, G. M. A. C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex. Mart. – **Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 156, 2006.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T M; CERQUEIRA, L. S. C. de; FERREIRA, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 416, 2004.

MEEROW, A.W. **Palm seed germination**. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. 1991.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; OLIVEIRA, M. A. R.; CARVALHO, M.; SÁ JÚNIOR, A. Q. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero Acrocomia**. 2007. Patente: Privilégio de Inovação. n. PI0703180-7, "Processo" . 20 jul. 2007 (Depósito).

MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; GOMES, J. B.V. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relações com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1023-1031, 2002.

NEGREIROS, G. F.; PEREZ, S. C. J. G. A. Resposta fisiológica de sementes de palmeiras ao envelhecimento acelerado, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.4, p.391-396, 2004.

OROZCO-SEGOVIA, A.; BATHIS, A. I.; ROJAS-ARÉCHIGA, M.; MENDOZA, A. Seed biology of palms: a review. **Palms**, v.47, p.79-94, 2003.

PIRES, T. P.; SOUZA, E. S.; KUKI, K. N.; MOTOIKE.; S.Y. Ecophysiological traits of the macaw palm: A contribution towards the domestication of a novel oil crop. **Industrial Crops and Products**, v. 44, p. 200-210, 2013.

QUN, S.; JIM-HUA, W.; BAO-QI, S. Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 9, p. 1060-1066, 2007.

ROSA, S. D. V. F.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; PINHO, E. V. R. V.; VEIGA, A. D.; SILVA, L. H.C. Effects of different drying rates on the physiological quality of *Coffea*

*canephora* Pierre seeds. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 17, n. 2, p. 199-205, 2005.

TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science & Technology**, v. 31, 435-447, 2003.

## CAPÍTULO I

### AFERIÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE MACAÚBA

#### Resumo

A *Acrocomia aculeata* é uma palmeira oleaginosa, apontada como promissora para a produção de biodiesel. No entanto, a instalação de lavouras comerciais é dificultada devido à dormência das sementes que torna a germinação lenta e irregular. Entretanto, alguns estudos foram elaborados com intuito de melhorar o processo germinativo da espécie. Apesar desses avanços, pouco se conhece sobre a biologia de sementes de palmeiras, considerando a grande importância dessa família, os estudos permitirão a ampliação do conhecimento sobre a espécie. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi adequar metodologias dos testes de índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e tetrazólio para avaliação da viabilidade e vigor das sementes de macaúba. As sementes foram coletadas em quatro locais diferentes do estado de Minas Gerais: Montes Claros (lote 1), Acaiaca (lote 2), Rio Piracicaba (lote 3) e Piranga (lote 4). Os resultados dos testes mostraram que lote 1 obteve melhores respostas para todos os testes. Os testes de IVG e condutividade elétrica mostraram-se eficientes na avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Os testes de envelhecimento acelerado e tetrazólio são necessários mais estudos para adequação e posterior utilização para a avaliação de sementes de macaúba.

## STANDARDIZATION OF METHODOLOGIES TO EVALUATE THE QUALITY OF MACAW PALM SEEDS

### Abstract

*Acronomia aculeata* is an oilseed palm, pointing to be one of the best species to produce biodiesel. However, the setup of commercial crops is made difficult due to the seeds dormancy that leads a very slow and irregular germination. Meanwhile, some studies have been made with the intention to improve the germinal process of the specie. Regardless of those advances, a little is known about the palm seed's biology, considering the great importance of that family, the studies will give a much bigger knowledge about the specie. Thus, the objective of this work was to adequate methodologies from testing of germination speed index (GSI), electrical conductivity, accelerate aging and tetrazolium to evaluate the viability and vigor of the macaw palm seeds. The seeds were collected within four different locations in the Minas Gerais state: Montes Claros (Lot 1), Acaiaca (Lot 2), Rio Piracicaba (Lot 3) and Piranga (Lot 4). The results from the tests showed that Lot 1 obtained the best responses for all the tests. The GSI tests and the electrical conductivity were showed efficient in the physiological quality evaluation of the seeds. The tests of accelerate aging and tetrazolium, more studies are necessary to adequate and posterior utilization to evaluate the macaw palm seeds.

## INTRODUÇÃO

A macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius] é uma palmeira oleaginosa apontada como uma das mais promissoras fontes de matéria prima para a produção de biodiesel, alcançando produtividade superior a 5.000 kg/ha/ano de óleo (CETEC, 1983). Os seus frutos geram além do óleo de alta qualidade, diversos co-produtos, tais como tortas comestíveis de alto valor nutritivo (polpa e amêndoa) e carvão vegetal, agregando valor à produção (Lorenzi et al, 2011). Esta espécie apresenta vantagens em relação a outras oleaginosas, pois além da sua alta produtividade é considerada a palmeira de maior distribuição geográfica no país, é uma planta perene, nativa e se adapta a ambiente com deficiência nutricional e hídrica, áreas degradadas e em processo de recuperação.

Devido ao grande potencial agroindustrial desta espécie, principalmente para a produção de biocombustíveis, o seu cultivo tem despertado grande interesse no Brasil, entretanto, a instalação de lavouras comerciais de macaúba enfrentava dificuldades em função da dormência fisiológica das sementes (Ribeiro et al, 2011), que não permitiam a germinação e a produção de mudas em grande escala. Motoike et al (2007) desenvolveram uma técnica de germinação de sementes em laboratório, que resolveu a problemática. No entanto, apesar do sucesso do processo de germinação de sementes de macaúba, ainda pouco se conhece sobre a sua biologia, como o seu comportamento fisiológico, o ponto de maturação, condições de armazenamento, secagem das sementes e o uso de testes que permitam a avaliação da viabilidade e do vigor. A partir do conhecimento desses parâmetros é possível tomar as decisões corretas a cerca do seu beneficiamento e manipulação.

Os testes de vigor permitem uma avaliação rápida e confiável das características físicas e fisiológicas das sementes, permitindo a separação de lotes com maior ou menor vigor (Tekrony, 2003; Custódio, 2005), garantindo a qualidade dos lotes comercializados e, conseqüentemente, o desenvolvimento rápido e uniforme das mudas (Tekrony, 2003; Nascimento, 2006). A viabilidade e o vigor das sementes em diversas espécies têm sido avaliados pelos testes de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e de tetrazólio (Tekrony, 2003).

O teste de germinação é utilizado para avaliação da viabilidade das sementes, permitindo que a semente expresse sua máxima germinação sob condições controladas (Kikuti e Marcos Filho, 2008). O IVG é um teste de vigor que possibilita a separação de

lotes com maior ou menor vigor, a partir da velocidade de germinação das sementes. Sementes que tem velocidade de germinação maior são consideradas mais vigorosas. Já a condutividade elétrica tem a função de avaliar a qualidade das sementes baseada na integridade das membranas celulares, observada durante a embebição, uma vez que membranas celulares com a sua permeabilidade seletiva comprometida, permitem a passagem de maior quantidade de eletrólitos, indicando assim, baixo vigor. Outro teste de vigor é o envelhecimento acelerado que consiste em submete as sementes a condições de estresse, alta temperatura e umidade relativa do ar, sendo o vigor avaliado em função da capacidade das sementes tolerarem essas condições. Nesse caso, quanto maior a tolerância das sementes ao estresse, maior é o seu vigor. Por fim, o teste de tetrazólio indica viabilidade e vigor das sementes, baseando-se na coloração avermelhada dos tecidos induzida pela formação do formazan, composto originado a partir da redução do sal de tetrazólio pelas enzimas desidrogenases. Nesse caso, a coloração avermelhada dos tecidos indica tecido vivo (Krzyzanowski et al, 1999).

Considerando a escassez na literatura de metodologias adaptadas para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes de macaúba, o objetivo do trabalho foi avaliar e adequar testes de viabilidade e vigor para estas sementes. A adequação dessa técnica permitirá o monitoramento dos lotes de sementes durante a aquisição e armazenamento, contribuindo para obtenção de elevados rendimentos no processo de produção de sementes pré-germinadas.

## **MATERIAL E METÓDOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-colheita, setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa. Utilizado quatro lotes de sementes caracterizados de acordo com o local de origem: Montes Claros (lote 1); Acaiaca (lote 2); Rio Piracicaba (lote 3) e Piranga (lote 4), no estado de Minas Gerais (Tabela 1).

Os frutos maduros de Montes Claros foram colhidos em 2012 e as sementes foram extraídas e armazenadas por um ano sob temperatura de 20°C e umidade relativa do ar de aproximadamente 60%. Os demais lotes foram coletados em 2013. Os frutos maduros foram armazenados por quatro meses em condição ambiente e, após esse período, as sementes foram extraídas e beneficiadas manualmente para execução do experimento. Foi avaliado inicialmente o teor de água das sementes pelo método de estufa 105°C durante 24 horas, utilizando-se quatro repetições compostas por oito sementes de cada lote (Brasil, 2009).

**Tabela 1.** Caracterização dos lotes de sementes.

<b>Lote</b>	<b>Procedência</b>	<b>Armazenamento do fruto</b>	<b>Armazenamento da semente</b>	<b>Idade da semente</b>
1	Montes Claros-MG	-	T- 20°C/ 60%UR	1 ano
2	Acaiaca-MG	Condição ambiente	-	4 meses
3	Rio Piracicaba-MG	Condição ambiente	-	4 meses
4	Piranga-MG	Condição ambiente	-	4 meses

(-) Frutos/sementes sem armazenamento.

A viabilidade e vigor das sementes foram aferidas através de avaliações descritas abaixo:

- I. Teste de germinação:** O teste de germinação foi realizado no Laboratório de Pesquisa da Acrotech Sementes e Reflorestamento. Utilizou-se quatro amostras de 50 sementes por lotes. Após o tratamento de quebra de dormência as sementes foram mantidas no escuro sob temperatura de 28°C por 30 dias (Motoike et al, 2007). As sementes foram consideradas germinadas quando apresentaram raiz com 4 mm de extensão (Figura 1).
- II. Índice de velocidade de germinação (IVG):** O índice de velocidade de germinação foi realizado juntamente com o teste de germinação. Com os dados diários do número de sementes germinadas foi calculado o IVG (Maguirre, 1962). No IVG considerou-se a contagem a partir dos 14 dias até os 30 dias da semeadura.
- III. Teste de Condutividade Elétrica:** A condutividade elétrica foi avaliada utilizando-se quatro amostras com 25 sementes de cada lote. As sementes foram pesadas e embebidas em 75 mL de água destilada. Em seguida, as sementes foram transferidas para um germinador mantido a 25°C. As leituras foram realizadas as 8, 16, 24 e 32 horas seguintes. A condutividade elétrica da solução foi mensurada por meio de um condutivímetro. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$  de sementes.
- IV. Teste de envelhecimento acelerado:** As sementes foram tratadas com fungicida Derosol® (3mL do produto por kg de sementes). Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes de cada lote. As sementes foram distribuídas uniformemente sobre tela de arame em caixa "gerbox" contendo 40 mL de água destilada, coberta com tampa e transferidas para

uma câmara BOD regulada à temperatura de 45°C por 48, 72 e 96 horas. Após este período, as sementes foram colocadas para germinar conforme protocolo de germinação (Motoike et al, 2007).

- v. **Teste de Tetrazólio:** Os embriões foram destacados do tecido de reserva da amêndoa. Em seguida, foram submetidos ao pré-condicionamento por 16 horas em papel germitest umedecido à temperatura de 25°C. Após esse período, os embriões foram embebidos em solução de 2,3,5 cloreto de trifênil tetrazólio a 0,5% e mantidos no escuro por três horas sob temperatura de 40°C (metodologia adaptada, Ribeiro et al, 2010). Foram utilizadas quatro repetições com 20 sementes por lotes. A determinação da viabilidade dos embriões foi determinada a partir da avaliação da coloração observada com auxílio de lupa de mesa.



**Figura 1.** Semente de macaúba considerada germinada com raiz de 4 mm de tamanho. Pc – Pecíolo cotiledonar; Li – Lígula; Ra – Raiz.

### Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para cada metodologia utilizada. Os resultados da condutividade elétrica, germinação e IVG foram submetidos à análise de correlação a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS

Os lotes estudados apresentaram teores de água semelhantes, variando entre 6,25 a 7,32% (Tabela 2). Esse é um fator importante e que deve ser considerado para que haja uma padronização das metodologias dos testes. Quanto a porcentagem de germinação, o material de Montes Claros (Lote 1) apresentou germinação de 71,50%, diferindo estatisticamente do Lote 4 (Piranga) que obteve 48% de germinação. Os demais lotes apresentaram valores intermediários e não diferiram estatisticamente entre si e nem dos lotes 1 ou 4 (Tabela 2). O IVG do lote 1 e lote 2 foram os mais altos, sendo 2,11 e 1,70 respectivamente. Os menores resultados foram observados para os lotes 4 e 3, sendo 1,13 e 1,53, respectivamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teor de água (%), porcentagem de germinação (%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de quatro lotes de sementes de macaúba.

Lote	Procedência	Teor de água (%)	Germinação (%)	IVG
1	Montes Claros-MG	6,64-6,83	71,50 a	2,11 a
2	Acaiaca-MG	6,25-6,75	66,00 ab	1,70 ab
3	Rio Piracicaba-MG	6,63-7,04	60,00 ab	1,53 bc
4	Piranga-MG	7,04-7,32	48,00 b	1,13 c

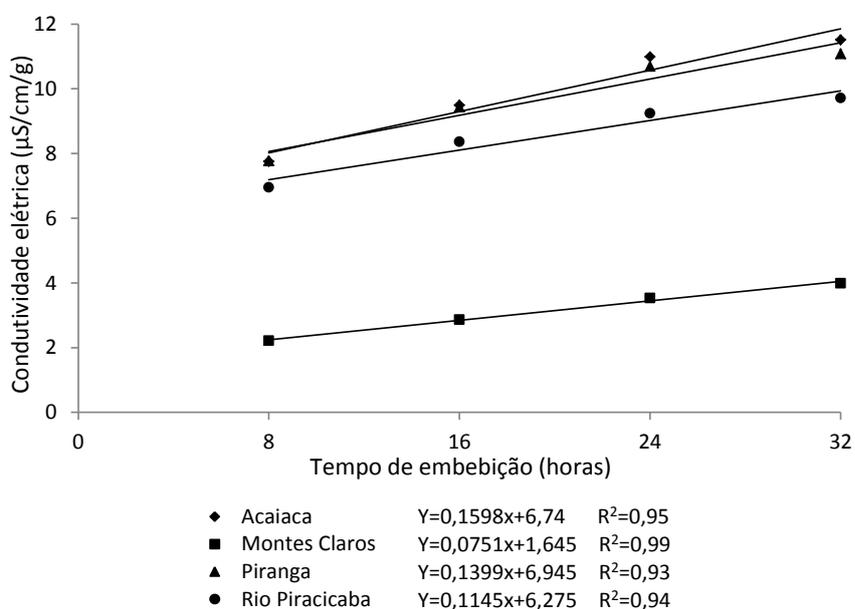
As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O extravasamento de eletrólitos detectado pela condutividade elétrica foi menor no lote 1, composto por sementes de Montes Claros, quando comparadas com as sementes dos demais lotes. Essa diferença pode ser percebida já nas primeiras oito horas de embebição (Tabela 3). Em todos os lotes, o extravasamento de eletrólitos aumentou linearmente ao longo do tempo de embebição, principalmente, para as sementes dos lotes de Acaiaca, Piranga e Rio Piracicaba (Figura 2).

**Tabela 3.** Condutividade elétrica de quatro lotes de sementes de macaúba.

Lote	Procedência	Tempo (horas)			
		8	16	24	32
1	Montes Claros-MG	2,21 a	2,86 a	3,53 a	3,99 a
2	Acaiaca-MG	7,75 b	9,49 b	10,99 b	11,51 b
3	Rio Piracicaba-MG	6,95 b	8,36 b	9,24 b	9,71 b
4	Piranga-MG	7,77 b	9,43 b	10,69 b	11,08 b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 2.** Condutividade elétrica de quatro lotes de sementes de macaúba submetidas a diferentes tempos de embebição.

O tratamento de envelhecimento aplicado não apresentou resultados conclusivos, uma vez que sementes dos lotes submetidas ao tratamento de estresse não apresentaram diferença significativa na germinação e no IVG ao longo dos tempos de exposição ao estresse estudado (Tabela 4 e 5). Dessa forma não foi possível definir um tempo para aplicação do teste de envelhecimento acelerado em sementes de macaúba, sendo necessário a realização de mais estudos.

**Tabela 4.** Porcentagem de germinação de sementes de macaúba submetidas ao envelhecimento acelerado sob temperatura de 45°C.

Lote	Procedência	Tempo (horas)			
		0	48	72	96
1	Montes Claros-MG	71,50 a	74,50 a	73,00 a	70,00 a
2	Acaiaca-MG	66,00 a	71,00 a	58,50 ab	70,00 a
3	Rio Piracicaba-MG	60,00 ab	63,00 ab	59,00 ab	63,00 ab
4	Piranga-MG	48,00 b	48,00 b	53,00 b	53,50 b

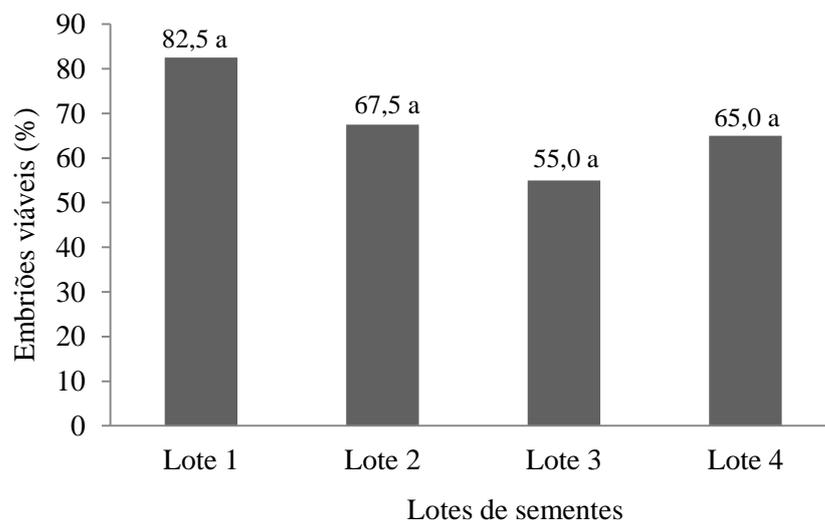
As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de macaúba submetidas ao envelhecimento acelerado sob temperatura de 45°C.

Lote	Procedência	Tempo (horas)			
		0	48	72	96
1	Montes Claros-MG	2,11 a	1,97 a	2,00 a	1,99 a
2	Acaiaca-MG	1,70 ab	1,78 ab	1,68 ab	1,83 a
3	Rio Piracicaba-MG	1,53 bc	1,43 bc	1,38 bc	1,62 ab
4	Piranga-MG	1,13 c	1,03 c	1,15 c	1,31 b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No teste de tetrazólio, não houve diferença significativa de viabilidade dos embriões entre os lotes avaliados (Figura 1). No entanto, como observado para os outros testes realizados, o lote 1 apresentou a maior porcentagem de embriões viáveis com 82,50%.



**Figura 1.** Porcentagem de embriões viáveis dos lotes submetidos ao teste de tetrazólio, as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey.

## DISCUSSÃO

As diferenças na germinação e no IVG observado entre os lotes de sementes estudados podem ser devido a fatores genéticos e ambientais (Qun et al, 2007). A fase de maturação das sementes é influenciada por esses fatores, que determinam tanto a viabilidade quanto o vigor das sementes (Tekrony, 2003). Os diferentes lotes estudados têm origem em regiões geograficamente distintas, assim é de se esperar que a distância geográfica favoreça a formação de climas diferentes e de populações de background genético distintos, o que pode explicar a grande variabilidade na germinação e no vigor das sementes.

Do ponto de vista geográfico, a população da região de Montes Claros - MG é a que se encontra mais distante e inclusive, mais divergente em termos de clima, pois a mesma está inserida em uma região de transição entre o cerrado e a caatinga, enquanto as populações das demais regiões estão localizadas na Zona da Mata Mineira. Apesar da germinação e o IVG não ter diferido entre alguns lotes de sementes de origem da Zona da Mata Mineira e de Montes Claros, é evidente a diferença observada no teste de condutividade elétrica, que aponta o lote 1 como o que apresentou a menor lixiviação de eletrólitos, demonstrando a superioridade dessas sementes.

A lixiviação de eletrólitos é observada quando a estabilidade da membrana celular é comprometida. Com a perda da permeabilidade seletiva, a membrana deixa extravasar de forma descontrolada os eletrólitos para o meio externo, durante a

embebição da semente. A perda da integridade das membranas, dentre outros danos são os primeiros sinais de deterioração das sementes (Matthews e Powell, 2006), os quais culminam na queda da porcentagem de germinação. Sharma et al (2011) observaram que como consequência da perda da integridade das membranas houve o aumento da lixiviação de íons Ca, N e K em sementes de *Macrotyloma uniflorum* que está diretamente relacionado com a perda do vigor.

A estabilidade da membrana celular pode ser influenciada pela composição química da semente, estrutura dos fosfolipídios da membrana, disposição das proteínas e de processos celulares como a reconstituição após a desidratação, peroxidação lipídica, produção de antioxidantes, aminoácidos e ânions (Tripathy et al, 2000).

A constituição e quantidade de ácidos graxos, por exemplo, em frutos e sementes podem variar de acordo com a origem geográfica dos mesmos, a depender do genótipo e clima (Hou et al, 2006). Os lipídios saturados são responsáveis por proporcionar uma maior estabilidade às membranas, por contribuir para uma menor oxidação lipídica. Plantas de *Atriplex lentifomis* cultivadas em alta temperatura apresentaram maior porcentagem de ácidos graxos saturados se comparado a plantas cultivadas em baixas temperaturas (Percy, 1978). A Região de Montes Claros apresenta clima conhecido mais quente do que a Região da Zona da Mata Mineira, o que pode ter influenciado positivamente a composição química das sementes, levando a um melhor desempenho no teste de condutividade elétrica. Já nas primeiras oito horas de embebição foi possível perceber a superioridade das sementes provenientes de Montes Claros, no entanto considerando o tamanho das sementes de macaúba o mais aconselhável seria a utilização dos tempos de 24 e 32 horas para a avaliação da qualidade das sementes pelo teste de condutividade elétrica, visto que sementes maiores precisam de um tempo maior de embebição.

Considerando-se que o teste de germinação em sementes de macaúba leva 30 dias para ser completado, o uso da condutividade elétrica facilita e acelera a avaliação de lotes de sementes. O uso de testes rápidos e confiáveis é importante para a indústria de sementes, pois a identificação de problemas e a rápida tomada de decisões são procedimentos importantes para evitar prejuízos e comercialização de lotes de sementes com baixa qualidade (Custódio, 2005; Milosevic et al, 2010).

No presente estudo, o envelhecimento acelerado aplicado às sementes de macaúba não apresentou resultados conclusivos, já que a porcentagem de germinação e IVG das sementes, após 96 horas de exposição ao estresse, não apresentaram diferença significativa do controle. Quando comparado a outras espécies de palmeira, as sementes

de macaúba se mostraram muito mais resistente às condições de estresse. Temperatura de 43°C por 48 horas é eficiente para avaliação do vigor de diásporos de *Oenocarpus bacaba* (Silva et al, 2009). Temperatura de 45°C por 48 horas levam a redução acentuada da germinação de sementes de *Phoenix reclinata* e *Roystonea oleracea*. Já a mesma temperatura por 12 horas é letal às sementes de *Dypsis lutescens* e *Euterpe edulis* (Negreiros e Perez, 2004).

Essa resistência ao estresse pode ser devida a constituição da semente, que apresenta tegumento formado por 20 camadas de células isodiamétricas, endosperma duro e oleoso com células de parede espessa, rico em pectina (Moura et al, 2010). Nesse caso, o tegumento e o endosperma certamente funcionam como uma barreira mecânica, protegendo o embrião do contato direto com as condições impostas (alta temperatura e umidade relativa do ar). Para recomendar o uso do teste de envelhecimento acelerado para a semente de macaúba é necessário a realização de mais estudos, que avaliem outras temperaturas e tempos de exposição ao estresse, permitindo adequar a metodologia do teste para esta espécie.

Como observado para o envelhecimento acelerado, o teste de tetrazólio também não mostrou diferença estatística entre os lotes estudados. Esse resultado pode estar relacionado à subjetividade na avaliação, uma vez que a viabilidade é determinada a partir da intensidade e extensão das manchas coloridas.

## CONCLUSÕES

Os testes de vigor e viabilidade para os quatro lotes de sementes apresentaram padrões similares, porém o Lote 1 (Montes Claros) apresentou superioridade em todos os testes, o que pode ter relação com as características genéticas desse material.

O teste de condutividade elétrica é o mais adequado para a avaliação da viabilidade e vigor das sementes de macaúba.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, p. 395, 2009.

CETEC – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Programa de energia. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Relatório final Belo Horizonte, 1983.

CUSTÓDIO, C. C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão, *Colloquium Agrariae*, v.1, n.1, p. 29-41, 2005.

HOU, G.; ABLETT, G. R.; PAULS, K. P.; RAJCAN, I. Environmental effects on fatty acid levels in soybean seed oil. *Jaocs*, v. 83, n. 9, 2006.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS-FILHO, J. Physiological potential of cauliflower seeds, *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.65, n.4, p.374-380, 2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

LORENZI, G. M.A. C.; PIMENTEL, L. D.; PAULA, S. R.; NEGRELLE, R. R. B.; PAES, J. M. V. Prospecção da cadeia produtiva dos frutos da palmeira macaúba no estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, v. 32, n. 265, p. 7-14, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MATTHEWS, S.; POWELL, A. Electrical conductivity vigour test: physiological basis and use. *Seed Science*, Seed Testing International, n.131, 2006.

MILOSEVIC, M.; VUJAKOVIC, M.; KARAGIC, D. Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika*, v. 42, n. 1, p. 103 -118, 2010.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; OLIVEIRA, M. A. R.; CARVALHO, M.; SÁ JÚNIOR, A. Q. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia***. 2007. Patente: Privilégio de Inovação. n. PI0703180-7, "Processo" . 20 jul. 2007 (Depósito).

MOURA, E. F.; VENTRELLA, M. C.; MOTOIKE, S. Y. Anatomy, histochemistry and ultrastructure of seed and somatic embryo of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Scientia Agricola**, v. 67, n.4, p.399-407, 2010.

NASCIMENTO, W. N. O. **Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, p. 60, 2006.

NEGREIROS, G. F.; PEREZ, S. C. J. G. A. Resposta fisiológica de sementes de palmeiras ao envelhecimento acelerado, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.4, p.391-396, 2004.

PEARCY, R. W. Effect of growth temperature on the fatty acid composition of the leaf lipids in *Atriplex lentiformis* (Torr.) Wats. **Plant Physiology**, v. 61, p.84-486, 1978.

QUN, S.; JIM-HUA, W.; BAO-QI, S. Advances on seed vigor physiological and genetic mechanisms. **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 9, p. 1060-1066, 2007.

RIBEIRO, L. M.; GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, D. M. T.; NEVES, S. C. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.4, p.361-368, 2010.

RIBEIRO, L. M.; SOUZA, P. P.; RODRIGUES, JR., A.G.; OLIVEIRA, T. G. S.; GARCIA, Q. S. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science & Technology**, v. 39, p. 303-317, 2011.

SHARMA, P.; MISHRA, M.; SINGH, N. I.; CHAUHAN, J. S. Determination of integrity of seed membrane systems and mineral ions leakage in horse gram. **World Journal of Agricultural Sciences**, v.7, n. 4, p.476-479, 2011.

SILVA, B. M. S.; SADER, R.; MORO, F. V.; OLIVEIRA, C.; SILVEIRA, C. M. Envelhecimento acelerado em diásporos de *Oenocarpus bacaba* (Arecaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 950-955, 2009.

TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science & Technology**, v. 31, 435-447, 2003.

TRIPATHY, J. N.; ZHANG, J.; ROBIN, S.; NGUYEN.; T. T.; NGUYEN, H.T. QTLs for cell-membrane stability mapped in rice (*Oryza sativa* L.) under drought stress. **Theor Appl Genet**, v. 100, p. 1197-1202, 2000.

## Capítulo II

### INFLUÊNCIA DO TIPO DE ARMAZENAMENTO NO VIGOR E VIABILIDADE DE SEMENTES DE MACAÚBA

#### Resumo

A macaúba destaca-se no cenário da produção de biodiesel por apresentar características favoráveis à sua produção, tais como grande produtividade de óleo pelos frutos. Considerando o grande potencial oleaginoso da espécie e a sua aplicabilidade nos setores energéticos e industriais torna-se indispensável o desenvolvimento de métodos de acondicionamento das sementes e condições adequadas de armazenamento que garantam a manutenção da viabilidade das mesmas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do teor de água, embalagens, temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento sobre a qualidade das sementes durante 12 meses. O trabalho foi dividido em dois ensaios: no primeiro as sementes foram armazenadas sob três faixas de umidade  $4,0 \leq 6,0\%$ ;  $6,0 \leq 8,0\%$  e  $8,0 \leq 10,0\%$  em embalagens impermeáveis em temperatura ambiente e  $10^{\circ}\text{C}$  as sementes foram submetidas às seguintes avaliações: teor de água e teste de germinação. No segundo, as sementes foram acondicionadas em três tipos de embalagem: a) permeável (papel tipo Kraft), b) semipermeável (polietileno rígido) e c) impermeável (folha flexível de alumínio). Foram comparadas três condições de armazenamento: a) temperatura ambiente em condição de laboratório (condição 1); b) 45% de UR e temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$  (Condição 2); e c) 55% de UR e temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  (Condição 3). Avaliou-se o teor de água, a taxa de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Para os dois ensaios as avaliações foram realizadas aos 0, 4, 8 e 12 meses de armazenamento. No primeiro ensaio a faixa de umidade de  $6,0 \leq 8,0\%$  em temperatura ambiente possibilitou a melhor conservação das sementes durante os 12 meses de armazenamento, enquanto que as sementes em temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ , independente dos teores de umidades não sobreviveram quando avaliadas aos quatro meses de armazenamento. No segundo ensaio o teor de água de 5,86% e os ambientes de armazenamento de  $15^{\circ}\text{C}/45\% \text{UR}$  e  $20^{\circ}\text{C}/55\% \text{UR}$  independente do tipo de embalagem apresentaram os melhores resultados ao longo do armazenamento.

## INFLUENCE OF THE STORING TYPE ON THE VIGOR AND VIABILITY IN MACAW PALM SEEDS

### Abstract

Macaw palm stands on the biodiesel production for having favorable features to its production, such as high fruits oil productivity. Considering the big oleaginous potential of the species and their applicability in the energetics areas and industrial, it became indispensable the development of methods for conditioning the seeds and the right conditions of storing that guarantee viability maintaining. The objective of this work was to evaluate the effect of water content, containers, temperature and relative humidity of storing on the quality of the seeds during 12 months. The work was divided in two assays: first assay, the seeds were stored under three moisture ranges  $4,0 \leq 6,0\%$ ;  $6,0 \leq 8,0\%$  and  $8,0 \leq 10,0\%$  in impermeable containers under environment temperature and  $10^{\circ}\text{C}$ , the seeds were submitted to the following evaluations: water content and germination test. Second assay, the seeds were stored in three different kinds of containers: a) permeable (Kraft type paper), b) semi-permeable (rigid polyethylene) and c) impermeable (Flexible sheet of aluminium). Three storing conditions were compared: a) environment temperature in laboratory conditions (condition 1); b) 45% of UR and temperature of  $15^{\circ}\text{C}$  (condition 2); and c) 55% of UR and temperature of  $20^{\circ}\text{C}$  (condition 3). Water content, germination rate and germination speed index (GSI) were evaluated; for both assays the evaluations were made at 0, 4, 8 and 12 months of storing. In the first assay the best germination results were obtained with the moisture range  $6,0 \leq 8,0\%$ , in environment temperature the seeds had the best conservation during the 12 months storing, while the seeds stored at temperature  $10^{\circ}\text{C}$ , independently from the humidity content didn't survive when they were evaluated at 4 months of storing. In the second assay, the stored seeds with 5,86% water content and the storing environment  $15^{\circ}\text{C}/45\%\text{UR}$  and  $20^{\circ}\text{C}/55\%\text{UR}$  independently from the type of container showed the best results along the storing.

## INTRODUÇÃO

*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Martius, popularmente conhecida como macaúba, é uma palmeira arborecente nativa da América Tropical (Clement et al, 2005). No Brasil, esta espécie apresenta ampla ocorrência no estado de Minas Gerais, principalmente nas regiões do Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica e de Montes Claros (Motta et al, 2002), sendo geralmente encontrada em áreas de cerrado e mata semi-decídua. A macaúba tem grande potencial energético e industrial em função de sua alta produtividade (25 ton/ha de fruto) e por produzir óleo de características excepcionais à produção de biocombustíveis. A concentração de óleo no mesocarpo do fruto da macaúba pode chegar a mais de 70% (base seca), enquanto na amêndoa varia entre 46 e 58% (Mota et al, 2011). O óleo produzido pelos frutos é considerado o produto de maior importância econômica, no entanto, o processamento dos frutos e das demais partes da planta apresenta uma variedade de usos que aumentam o interesse comercial da espécie (Bandeira, 2008).

Embora a macaúba seja considerada uma das mais promissoras fontes de matéria prima para a produção de biocombustíveis, a dormência das sementes foi uma barreira para a produção de mudas e seu plantio em escala comercial (Ribeiro et al, 2011). Porém, em 2007, a Universidade Federal de Viçosa desenvolveu uma técnica eficiente para aumentar as taxas de germinação da macaúba e obter sementes pré-germinadas (Motoike et al, 2007). Entretanto, muito há que ser feito para possibilitar a consolidação de uma indústria de produção de sementes de macaúba, dentre os quais se destacam o estudo de sua fisiologia, para possibilitar o armazenamento seguro das sementes e atender a entressafra de sua produção, uma vez que a produção de frutos é marcada pela sazonalidade, concentrando-se em setembro a janeiro (Lorenzi, 2006).

Para a realização do armazenamento seguro e eficiente das sementes é necessário o conhecimento prévio do comportamento fisiológico das mesmas. As sementes de um modo geral são classificadas em três grupos, de acordo com o seu comportamento fisiológico durante o armazenamento. Sementes resistentes à desidratação entre 2 e 6% do teor de água, dependendo da espécie, tolerantes a temperaturas abaixo de zero e com longevidade durante o armazenamento são classificados como sementes ortodoxas (Hong e Ellis, 1996). Exemplos de espécies com esse comportamento são *Chamaerops humilis* (González-Benedito, 2004) e *Phoenix dactylifera* (Hong et al, 1997). Sementes sensíveis à desidratação, a baixas temperaturas e de curta longevidade, são classificados como sementes recalcitrantes. *Euterpe edulis*

(Andrade, 2001) e *Euterpe espirosantensis* (Martins et al, 2007) são exemplos de espécies pertencentes a esse grupo. Por fim, têm-se as sementes intermediárias que são tolerantes a desidratação com teores de água entre 7 a 10%, porém sensíveis à temperatura abaixo de 10°C (Hong e Ellis, 1996), como por exemplo, *Elaeis guineenses* (Ellis et al, 1991), *Phoenix reclinata* (Fintel et al, 2004). Ribeiro et. al. (2012) sugerem que as sementes de *Acrocomia aculeata* apresentam comportamento ortodoxo, baseados no estudo de viabilidade *in vitro* de embriões de frutos armazenados.

A longevidade das sementes depende da espécie, mas a preservação da qualidade fisiológica é influenciada, principalmente, pelas condições de armazenamento (Ellis et al, 1990). A forma de armazenamento influencia diretamente sobre a viabilidade e vigor das sementes, uma vez que as mesmas são expostas por um longo período a esta condição modificada, especialmente, teor de água da semente e temperatura. Assim, a primeira decisão a ser tomada antes do armazenamento é a secagem das sementes logo após a colheita, pois o alto teor de água provoca perda do potencial germinativo e vigor das sementes (Garcia et al, 2004). A redução do teor de água permite a diminuição do metabolismo celular, e conseqüentemente reduz a taxa de deterioração e aumenta o tempo de armazenamento das sementes. A temperatura é outro fator importante na conservação das sementes durante o armazenamento. No caso das sementes ortodoxas, a baixa temperatura reduz os processos bioquímicos e fisiológicos que provocam a deterioração das sementes, porém as sementes recalcitrantes e intermediárias não resistem à redução drástica da temperatura (Hong e Ellis, 1996). Sendo assim, o seu controle de acordo com o comportamento da semente permitirá a longevidade das mesmas no armazenamento.

Devido à inexistência de informações quanto às condições adequadas para o armazenamento de sementes de macaúba, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do teor de água da semente, da temperatura, da umidade relativa do ar e do tipo de embalagem na preservação da qualidade fisiológica das sementes.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi dividido em dois ensaios: “Efeito da umidade das sementes e da temperatura de armazenamento na conservação da qualidade fisiológica das sementes” e “Efeito do tipo de embalagem e condições de ambiente sob a viabilidade e vigor de sementes de macaúba durante o armazenamento”.

## **Ensaio I: Efeito da umidade das sementes e da temperatura de armazenamento na conservação da qualidade fisiológica das sementes**

As sementes utilizadas nesse experimento foram obtidas de frutos provenientes de plantas localizadas em população natural da Região de Luz, Minas Gerais, safra 2011/2012. Após a secagem dos frutos à sombra por aproximadamente 30 dias, as sementes foram extraídas com auxílio de um torno mecânico de bancada e beneficiadas pela empresa Acrotech Sementes e Reflorestamento.

A fim de se obter lotes de sementes com distinto conteúdo de água as mesmas foram submetidas ao processo de secagem artificial em estufa de ventilação forçada com temperatura de 30°C. A umidade das sementes foi monitorada pelo acompanhamento da diferença de peso de amostras (Brasil, 2009). Durante o processo de secagem as sementes foram pesadas em intervalos de uma hora até atingirem a faixa de umidade desejada e tratadas com fungicida Derosal®, sendo utilizado 3mL do produto por kg de sementes. Três faixas de umidade para o armazenamento de sementes foram testados:  $4,0 \leq 6,0\%$ ;  $6,0 \leq 8,0\%$  e  $8,0 \leq 10,0\%$ . Ao final do processo as sementes foram acondicionadas em embalagem impermeável confeccionada com folha flexível de alumínio e armazenadas em temperatura ambiente (condição de laboratório) e em BOD com temperatura de 10°C. O experimento foi instalado utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 x 4 (3 faixas de umidade das sementes, 2 temperatura e 4 tempos de armazenamento), com quatro repetições de 58 sementes por tratamento. Aos 0, 4, 8, e 12 meses de armazenamento as sementes foram submetidas as seguintes avaliações:

- **Umidade da semente:**

Pelo método de estufa 105°C durante 24 horas, foram utilizados quatro repetições de oito sementes (Brasil, 2009), sendo que os resultados foram expressos em porcentagem.

- **Germinação:**

O teste de germinação foi realizado no Laboratório de Pesquisa da Acrotech Sementes e Reflorestamento, de acordo com o protocolo desenvolvido por Motoike et al (2007). Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes. As sementes foram mantidas no escuro sob uma temperatura de 28°C por 30 dias.

## **Ensaio II: Efeito do tipo de embalagem e condições de ambiente sob a viabilidade e vigor de sementes de macaúba durante o armazenamento**

As sementes utilizadas nesse ensaio foram coletadas na região de Santa Luzia, Minas Gerais. A preparação dessas sementes segue o método adotado no ensaio anterior. A umidade das sementes foi padronizada a partir da secagem em estufa a temperatura de 30°C até atingir 5,86% (faixa de  $4,0 \leq 6,0\%$ ). Posteriormente, as sementes foram tratadas com Derosal® a 3 mL/kg de semente, e em seguida acondicionadas em três tipos de embalagem: a) permeável (papel tipo Kraft), b) semipermeável (polietileno rígido) e c) impermeável (folha flexível de alumínio). Foram comparadas três condições de armazenamento: a) temperatura ambiente em condição de laboratório; b) 45% de UR e temperatura de 15°C; e c) 55% de UR e temperatura de 20°C. Aos 0, 4, 8, 12 meses de armazenamento as sementes foram avaliadas. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 x 4 (3 embalagens, 3 condições de armazenagem e 4 tempos de avaliação) composto por quatro repetições de 58 sementes.

### *Avaliações*

A Germinação e o vigor das sementes foram avaliados através da determinação dos parâmetros abaixo:

- **Umidade da semente**

Pelo método de estufa 105°C durante 24 horas, foram utilizados quatro repetições de oito sementes (Brasil, 2009), sendo que os resultados foram expressos em porcentagem.

- **Germinação**

O teste de germinação foi realizado no Laboratório de Pesquisa da Acrotech Sementes e Reflorestamento, de acordo com protocolo desenvolvido por Motoike et al (2007). Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes por repetições. As sementes foram mantidas no escuro sob uma temperatura de 28°C por 30 dias.

- **Índice de velocidade de germinação (IVG)**

O índice de velocidade de germinação foi realizado juntamente com o teste de germinação. Com os dados diários do número de sementes germinadas foi calculado o IVG (Maguirre, 1962). A contagem iniciou-se aos 14 dias e estendeu-se até os 30 dias após a semeadura das sementes.

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F. O teste de Tukey a 5% de significância foi utilizado para a comparação das médias dos tratamentos.

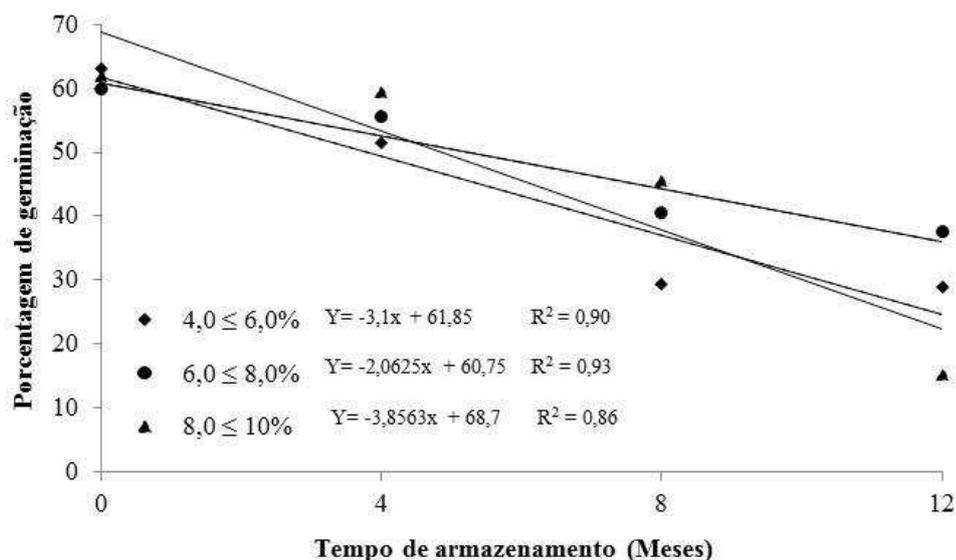
## **RESULTADOS**

### ***Ensaio I***

Ao longo do período de armazenamento as sementes mantiveram sua umidade dentro da faixa previamente estabelecida.

As sementes acondicionadas em embalagens impermeáveis e mantidas a 10°C, independente da faixa de umidade das sementes, perderam totalmente sua viabilidade no quarto mês de armazenamento, sendo descartadas do experimento.

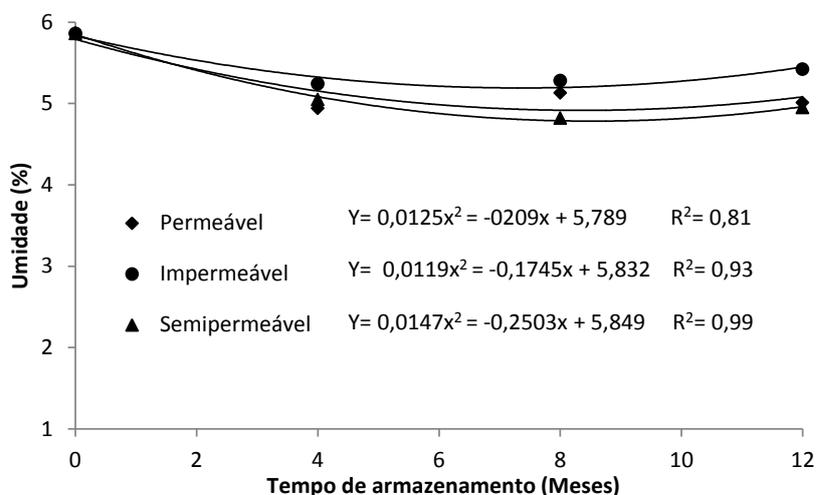
Inicialmente as sementes de todos os tratamentos apresentaram porcentagens de germinação similares. Essa germinação foi reduzindo linearmente ao longo do tempo de armazenamento. As sementes armazenadas com  $8,0 \leq 10,0\%$  de umidade apresentaram uma maior redução na porcentagem de germinação ao longo do tempo, seguida pelas sementes armazenadas com  $4,0 \leq 6,0\%$ . Já a germinação das sementes com umidade de  $6,0 \leq 8,0\%$ , decresceu lentamente durante o armazenamento. A faixa de umidade que permitiu a melhor conservação das sementes foi entre  $6,0 \leq 8,0\%$ .



**Figura 1.** Germinação de sementes de macaúba, com diferentes faixas de umidade, armazenadas em temperatura ambiente durante 12 meses.

### Ensaio II

A análise de variância para o parâmetro umidade apresentou interação significativa entre os fatores tempo x embalagem e entre condição de armazenamento x embalagem. Para a interação tempo x embalagem foi possível observar pequena alteração na umidade das sementes ao longo do armazenamento, sendo que a embalagem impermeável permitiu menor variação da umidade das sementes (Figura 2), no entanto, essa alteração permaneceu dentro do intervalo fixado de  $4,0 \leq 6,0\%$  de umidade.



**Figura 2.** Umidade de sementes de macaúba armazenadas em diferentes tipos embalagem durante doze meses.

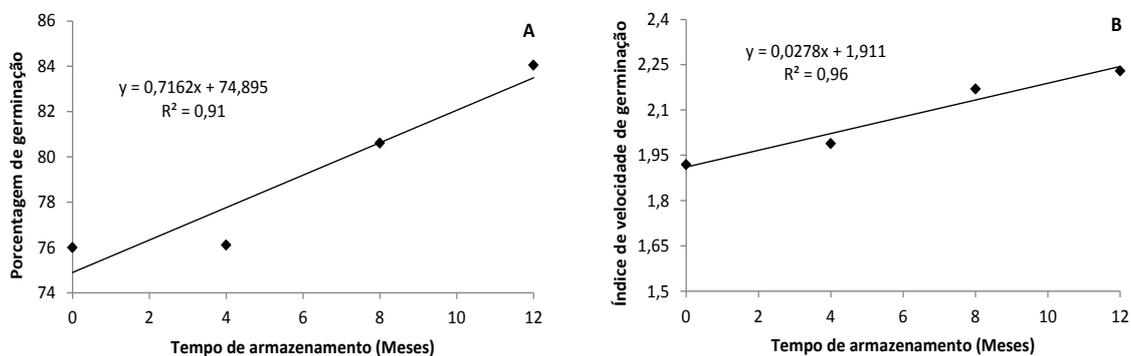
Para o desdobramento condição de armazenamento x embalagem foi observado redução na umidade das sementes nas condições de 20°C/55%UR e 15°C/45%UR armazenadas em embalagens permeável e semipermeável. Já as sementes acondicionadas em embalagem impermeável não apresentaram variação significativa da umidade (Tabela 1).

**Tabela 1.** Umidade (%) de sementes de macaúba sob diferentes condições de armazenamento e de embalagem.

	Teor de água (%)		
	Permeável	Impermeável	Semipermeável
<b>Ambiente (Laboratório)</b>	5,90 Aa	5,32 Ac	5,59 Ab
<b>15°C/45%UR</b>	4,57 Bb	5,23 Aa	4,54 Bb
<b>20°C/55%UR</b>	4,62 Bb	5,39 Aa	4,69 Bb

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de variância dos dados de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) não acusou interação entre os fatores estudados. Entretanto, o tempo e o ambiente apresentaram efeito significativo na germinação e IVG. Tanto a germinação quanto o IVG aumentaram linearmente ao longo do tempo de armazenamento (Figura 3).



**Figura 3.** Percentagem de germinação (A) e Índice de velocidade de germinação (B) de sementes de macaúba armazenadas durante doze meses.

A avaliação do fator ambiente demonstrou que a porcentagem de germinação de sementes armazenadas sob ambiente controlado é superior ao armazenado em

ambiente não controlado, sendo que a condição de 20°C/55%UR proporcionou melhor conservação às sementes, expressando maior taxa de germinação e IVG (Tabela 2).

**Tabela 2.** Porcentagem de germinação e Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de macaúba armazenadas sob diferentes condições de ambientes.

	<b>Germinação</b>	<b>IVG</b>
<b>Ambiente (Laboratório)</b>	77,28 b	2,02 b
<b>15°C/45%UR</b>	80,83 a	2,14 ab
<b>20°C/55%UR</b>	82,66 a	2,23 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## **DISCUSSÃO**

A faixa de umidade utilizada no segundo ensaio permitiu o armazenamento seguro das sementes de macaúba durante 12 meses. A secagem das sementes é a primeira decisão a ser tomada para o armazenamento a longo prazo (Pritchard et al, 2004), uma vez que o teor de água influencia diretamente sobre a atividade metabólica das mesmas. Em seguida, recomenda-se o controle da temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenagem com o intuito de manter a umidade das sementes. As sementes de macaúba armazenadas apresentaram pequenas variações na umidade, principalmente, as sementes acondicionadas em embalagens permeáveis e semipermeáveis. Essa alteração da umidade pode ter relação com a porosidade das embalagens e o ambiente de armazenamento, visto que as sementes têm a capacidade de ganhar ou perder água, dependendo do ambiente a que estão submetidas até atingirem o equilíbrio higroscópico. O equilíbrio higroscópico é alcançado quando as sementes são submetidas a uma determinada temperatura e umidade relativa do ar e seus teores de água se equilibram com o ambiente ao qual estão expostas (Carvalho e Nacagawa, 2000). Sementes de macaúba extraídas de frutos submetidos a diferentes condições de armazenamento por um período de um ano mostraram variações na umidade das sementes, mesmo estando protegidas pelos envoltórios do fruto (Ribeiro et al, 2012).

A umidade das sementes está diretamente relacionada com a composição das sementes e pode variar entre as espécies. Em sementes oleaginosas, a variação na

umidade correlaciona-se diretamente com a quantidade de lipídios armazenados. Considerando que as sementes de macaúba apresentam alto teor de óleo (Hiane et al, 2005), a redução da umidade da semente é o método mais adequado para o armazenamento seguro (Vertucci e Roos, 1990), uma vez que, a degradação das reservas das sementes sofre influência da umidade da semente e pode levar a redução da qualidade fisiológica das mesmas durante o armazenamento (Walters, 1998).

As sementes de macaúba mostraram-se tolerantes a dessecação, pois quando desidratadas a 4,0% de umidade sobreviveram e, somente após o armazenamento, observou-se a redução da viabilidade das sementes. Ribeiro et al (2012) observaram tolerância à dessecação das sementes de macaúba a 3,8% de umidade. Tweddle et al (2003), relataram que a tolerância à dessecação está relacionada à dormência das sementes e presença em ambientes secos. Assim, pode-se destacar a tolerância à dessecação das sementes de macaúba, pois a espécie apresenta dormência (Ribeiro et al, 2011), e é nativa de savanas, cerrados e florestas abertas (Clement et al, 2005). Acredita-se que a espécie possa formar bancos de sementes persistentes (Ribeiro et al, 2012), característica observada em sementes resistentes à desidratação. A tolerância à dessecação facilita a conservação *ex situ* das sementes e contribui para preservação da espécie (Wood and Pritchard, 2003; Pritchard et al, 2004).

No presente estudo, as sementes de macaúba mostraram-se sensíveis a baixas temperaturas, induzindo a acreditar que as mesmas sejam de comportamento intermediário, contrapondo o que foi relatado por Ribeiro et al (2012). Sementes intermediárias são tolerantes a dessecação, porém sensíveis a baixas temperaturas (Hong e Ellis, 1996). Essa característica foi observada também em outras espécies de palmáceas, como por exemplo, sementes de *Elaeis guineensis* (Ellis et al, 1991) e *Phoenix reclinata* (Fitel et al, 2004).

O fato de Ribeiro et al (2012), terem observado comportamento ortodoxo em sementes de macaúba coletadas em populações naturais da região de Montes Claros, não significa que a espécie apresente unicamente esse comportamento. Os resultados observados no presente estudo demonstram que o comportamento fisiológico das sementes de macaúba pode diferir em função da população de origem. Nesse caso, a população estudada por Ribeiro et al (2012), se encontra a mais de 700 km ao norte das populações objeto desse estudo, e estão localizadas em região que apresenta clima e fisionomia vegetal diferentes da região da população estudada por Ribeiro et al (2012). Essa diferença é provavelmente devido ao componente genético das populações. Berton et al (2013), verificaram grande variação na porcentagem de germinação (19,14 a

98,64%) e índice de velocidade germinação (0,34 a 3,39) de sementes de macaúba coletadas em diferentes populações de São Paulo e Minas Gerais, atribuindo essa diferença ao background genético de cada população.

As sementes de macaúba armazenadas por 12 meses mantiveram a viabilidade independente da embalagem utilizada, demonstrando que o controle do ambiente per si é eficiente na conservação da qualidade da semente. A melhor conservação das sementes foi verificada para a condição 20°C/55%UR (Tabela 2).

As sementes de macaúba tiveram um aumento na porcentagem de germinação e IVG ao longo do armazenamento (Figura 3), esse resultado pode ter relação com a superação da dormência das sementes. Esse comportamento foi também observado por González-Benito et al (2006), em sementes da palmeira *Chamaerops humilis*, a qual teve sua germinação aumentada quando armazenadas a temperatura de 15°C por aproximadamente, 18 meses. Pritchard et al (2004) observaram aumento na germinação de sementes de *Syagrus flexuosa* e *S. yungasensis* armazenadas a 15°C durante algumas semanas.

## CONCLUSÕES

A faixa de umidade de  $6,0 \leq 8,0\%$  permitiu a melhor conservação das sementes de macaúba.

A viabilidade das sementes de macaúba é afetada pelas condições de armazenamento e pela umidade das sementes.

As sementes mostraram-se sensíveis a temperatura de 10°C, no entanto, apresentam tolerância a dessecação, apresentando comportamento fisiológico intermediário. O controle da temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenagem é eficiente na preservação da qualidade fisiológica das sementes.

As condições de 15°C e 45% UR; e 20°C e 55% UR proporcionaram a conservação do vigor e viabilidade das sementes por doze meses.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C. S. The effect of moisture content and temperature on the longevity of heart of palm seeds (*Euterpe edulis*). **Seed Science & Technology**, v. 29, p. 171-182, 2001.

BANDEIRA, F. S. **Cultivo in vitro e embriogênese somática de embriões zigóticos de macaúba *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges**. Universidade Federal de Viçosa. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, p. 92, 2008.

BERTON, L. H. C.; AZEVEDO FILHO, J. A.; SIQUEIRA, W. J.; COLOMBO, C. A. Seed germination and estimates of genetic parameters of promising macaw palm (*Acrocomia aculeata*) progenies for biofuel production. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 258-266, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, p. 395, 2009.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, p.588, 2000.

CLEMENT, C. R.; LLERAS. E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, v.9, p.67-71, 2005.

ELLIS. R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behaviour? Coffee. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H; SOETISNA, U. Seed storage behaviour in *Elaeis guineensis*. **Seed Science Research**, v. 1, p. 99-104, 1991.

FINTEL, G.T.; BERJAK P.; PAMMENTER, N.W. Seed behaviour in *Phoenix reclinata* Jacquin, the wild date palm. **Seed Science Research**, v. 14, p.197-204, 2004.

GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T. P.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.

GONZÁLEZ-BENITO, M.E.; HUERTAS-MICÓ, M.; PÉREZ-GARCÍA, F. Seed germination and storage of *Chamaerops humilis* (Dwarf Fan Palm). **Seed Science & Technology**, v. 34, p. 143-150, 2006.

HIANE, P. A.; RAMOS FILHO M.M., RAMOS M.I.L.; MACEDO, M.L.R. Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: Characterization and fatty acid composition. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, p.256-259, 2005.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. IPGRI Technical Bulletin. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. n. 1, 1996.

LORENZI, G. M. A. C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex. Mart. – **Areaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 156, 2006.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177,1962.

MARTINS, C. C; BOVI, M. L. A; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de palmitero-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira** v. 25, n. 2, p. 188-192, 2007.

MOTA, C. S.; CORRÊA, T. S.; GROSSI, J. A. S.; CASTRICINI, A.; RIBEIRO, A. S. Exploração sustentável da macaúba para a produção de biodiesel: colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 41-51, 2011.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; OLIVEIRA, M. A. R.; CARVALHO, M.; SÁ JÚNIOR, A. Q. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia***. 2007. Patente: Privilégio de Inovação. n. PI0703180-7, "Processo" . 20 jul. 2007 (Depósito).

MOTTA, P. E. F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A. T; GOMES, J. B. V. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relações com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1023-1031, 2002.

PRITCHARD, H.W.; WOOD, C.B.; HODGES, S.; VAUTIER, H.J. 100-seed test for desiccation tolerance and germination: a case study on eight tropical palm species. **Seed Science & Technology**, 32, p. 393 - 403, 2004.

RIBEIRO, L. M; OLIVEIRA, T. G. S; CARVALHO, V. S; SILVA, P. O; NEVES, S.C; GARCIA, Q.S. The behaviour of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seeds during storage. **Seed Science & Technology**, v. 40, p. 1-10, 2012.

RIBEIRO, L. M.; SOUZA, P. P.; RODRIGUES JUNIOR, A.G.; OLIVEIRA, T. G. S.; GARCIA, Q. S. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, v. 39, 303-317, 2011.

TWEDDLE, J. C.; DICKIE, J. B.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 294 - 304, 2003.

VERTUCCI, C. W; ROOS, E. E. Theoretical basis of protocols for seed storage. **Plant Physiology**, v. 94, p.1019 -1023, 1990.

WALTERS, C. Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. **Seed Science Research**, v. 8, p. 223 - 244, 1998.

WOOD, C. B.; PRITCHARD, H. W. Germination characteristics of fresh and dried *Hyophorbe lagenicaulis* seeds. **Palms**, v. 47, n. 1, p. 45–50, 2003.