



GABRIELLE DE FARIA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA DA
PLANTA, FRUTO, SEMENTE E PLÂNTULA DE
MACAÚBA [*Acrocomia aculeata* (Jacq Lodd. ex
Martius)]**

LAVRAS – MG

2012

GABRIELLE DE FARIA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA DA PLANTA, FRUTO,
SEMENTE E PLÂNTULA DE MACAÚBA [*Acrocomia aculeata* (Jacq
Lodd. ex Martius)]**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dr^a. Maria Laene Moreira de Carvalho

LAVRAS – MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Faria, Gabrielle de.

Caracterização morfoanatômica da planta, fruto, semente e
plântula de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq. Lodd.ex. Martius)] /
Gabrielle de Faria. – Lavras : UFLA, 2012.

54 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.

Bibliografia.

1. Palmeira. 2. Biometria. 3. Biodiesel. 4. Germinação. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 584.5044

GABRIELLE DE FARIA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA DA PLANTA, PLÂNTULA
E SEMENTES DE MACAÚBA [*Acrocomia aculeata* (Jacq Lodd. ex
Martius)]**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 27 de julho de 2012.

Dr. Renato Mendes Guimarães UFLA

Dr. Pedro Castro Neto UFLA

Orientadora

Dr^a. Maria Laene Moreira de Carvalho

LAVRAS – MG

2012

*Àqueles que sempre estiveram ao meu lado e fazendo do meu sonho, o
sonho deles: minha mãe e meus irmãos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado sabedoria e coragem, ter iluminado todos os dias da minha vida.

À minha mãe, por todos os dias estar ao meu lado, sempre me ajudando e incentivando a ir atrás dos meus ideais.

Aos meus irmãos Andrei e Junior, que estão sempre prontos a me ajudar, sendo mais do que irmãos, verdadeiros amigos.

Aos meus sobrinhos, que me deram a oportunidade de viver a infância novamente durante alguns momentos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

Às agências de fomento, CAPES e Fapemig pela oportunidade, ao CNPq pelo auxílio com a concessão de bolsa.

À minha orientadora, Laene, pela oportunidade e exemplo de profissionalismo, competência e por todos os ensinamentos.

Ao professor Fraga, por toda a ajuda, conselhos, risadas e ensinamentos.

Ao professor Renato por todos os conselhos e contribuições, e ajuda nos momentos de desespero.

Ao professor Pedro, pela confiança, amizade, ensinamentos, conselhos e trovoadas nos momentos necessários.

A todos os funcionários do setor de fitotecnia, especialmente aos do Laboratório de Sementes, que se tornaram coadjuvantes desse trabalho, juntamente com todos os alunos da pós-graduação, iniciação científica.

Aos “escravos” e amigos do G-óleo, sem os quais esse trabalho para teria sido feito com tamanho êxito, e a mãe de todos desse grupo, Sandra.

Aos sempre membros da República Monarkia: Mônica, Stella, Sany, Susi, Franz, Ana Paula, Day, Carol, Thais e aos agregados Osmária, Valquíria, Bruno, Rafael por todo o apoio, companheirismo, amizade, ajuda e estímulo.

Aos amigos de Campo Belo, que mesmo longe não foram ausentes: Carlo e Ludmila.

Ao meu namorado, Conrado, pela paciência, conselhos, entendimento e apoio nessa etapa.

À toda minha família, em especial a minha avó, que sempre tiveram palavras amigas para me encorajar.

Enfim, a todos que de me ajudaram direta ou indiretamente e que acreditaram na realização deste trabalho.

“Todo mundo é um gênio. Mas, se você julgar um peixe por sua capacidade de subir em uma árvore, ele vai gastar toda a sua vida acreditando que é estúpido”.

Albert Einstein

RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq Lodd.) ex Martius), destaca-se entre as plantas oleaginosas promissoras para produção de biodiesel, sendo notável pelo seu potencial oleaginoso, mas também por ser uma espécie nativa do Brasil, que ocorre em grandes maciços naturais em boa parte no território nacional e principalmente no estado de Minas Gerais. Dada a importância da cultura para o estado foi criado pela Lei nº 19.485 de 13 de janeiro de 2011 e pelo Decreto 45.940 de 2012 o programa Pró-Macaúba que visa promover a integração das comunidades que tradicionalmente exploram a macaúba, e transformar a atividade em alternativa para a agricultura familiar e o agronegócio, observando os requisitos para a sustentabilidade ambiental. Devido a necessidade de difundir tecnologias e aperfeiçoamento técnico para a condução da espécie foi objetivo na presente pesquisa caracterizar a morfoanatomia das plantas, a germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de macaúba (*Acrocomia aculeata*). O trabalho foi realizado com material botânico obtido nos municípios de Lavras, Ijaci e Lima Duarte, no estado de Minas Gerais. Foram avaliadas as características botânicas das plantas, caracterizada a morfologia interna de frutos e descrito o processo de formação de plântula de macaúba. Dentre as características observadas, os pedúnculos apresentam padrão helicoidal com três helicóides paralelas com inclinação de 1°; a morfologia externa das sementes é influenciada pela quantidade de sementes por fruto, podendo ser elíptico ou piramidal. No início da germinação há exposição do pecíolo-cotiledonar que após seu desenvolvimento origina o botão germinativo de onde protunde a raiz primária. As imagens radiográficas possibilitam avaliar a morfologia interna de frutos de macaúba

Palavras-chave: Palmeira. Biodiesel. Germinação.

ABSTRACT

The macaw palm (*Acrocomia aculeata* (Lodd Jacq.) ex Martius), stands out among the promising oilseed plants for biodiesel production, is notable for its oleaginous potential, but also being a native of Brazil, which occurs in large massive natural in much of the country and especially in the state of Minas Gerais. Given the importance of culture for the state was created by law nº 19.485 of January 13, 2011 and Decree 45940 of 2012 the Pro-macaúba which aims to promote the integration of communities that traditionally exploit macaw palm, by encouraging the use and the rational management of the species, and transform into alternative activity for family farming and agribusiness, observing the requirements for environmental sustainability. Because of the need to disseminate technologies and technical improvement for the conduct of the species in the present study was aimed to characterize the morphoanatomy plants, germination and early development of seedlings macaw palm (*Acrocomia aculeata*). The work was carried out botanical material obtained from Lavras, Ijaci and Lima Duarte, in the state of Minas Gerais. Were evaluated the botanical characteristics of plants, characterized the internal morphology of fruits and described the process of formation of seedling macaw palm. It was found that the stems have helical pattern with three helical parallel with a slope of 1; external morphology of seeds is influenced by the number of seeds per fruit, can be elliptic or pyramidal; radiographic images allows to evaluate the internal morphology of fruits macaw palm germination and early exposure there cotyledonary petiole-after development that originates button germinal protunde where the primary root and then there is the growth of plumule.

Keywords: Palm. Biodiesel. Germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Plantas de macaúba da região de Ijaci, MG com diferentes alturas de caules	31
Figura 2	Folhas de macaúba coletadas em estádio jovem (A); estádio adulto (B); folha seca (C)	33
Figura 3	(A) Haste da folha de macaúba com acúleos; (B) variação no tamanho de acúleos foliares	34
Figura 4	Evolução dos estádios de desenvolvimento da floração até o fruto de macaúba, dos cinco aos 150 dias após a antese	34
Figura 5	Raque da inflorescência de macaúba com indicação de padrão helicoidal de inserção dos frutos	35
Figura 6	Projeção da raque de macaúba, com as três helicóides, simulada com auxílio do software Blender	36
Figura 7	(A) Placa de acrílico com três eixos (X, Y, Z); (B) Projeção do frutos acompanhando a helicóide; (C): Espelhamento da projeção dos frutos nas três helicóides	37
Figura 8	(A) Frequência de ocorrência de frutos de macaúba em relação ao seu diâmetro longitudinal; (B) Frequência de ocorrência de frutos de macaúba em relação ao seu diâmetro transversal	39
Figura 9	Aparência externa de sementes de macaúba: (A) formato piramidal; (B) formato elíptico; (C) região da micrópila indicada por seta	40
Figura 10	Aparência interna de sementes de macaúba: (A) Endosperma; (B) eixo embrionário indicado pela seta	40
Figura 11	Fruto de macaúba com suas estruturas: Epicarpo; Mesocarpo; Endocarpo; Semente	41
Figura 12	(A) Imagem radiográfica de fruto de macaúba de epicarpo	

	verde; (B) imagem radiográfica de fruto de macaúba com epicarpo marrom	42
Figura 13	Imagem radiográfica de frutos de epicarpo verde de macaúba em diferentes estádios de formação da estrutura interna	42
Figura 14	(A) Frequência observada de frutos de macaúba de epicarpo verde em relação a largura; (B) Frequência observada de frutos de macaúba de epicarpo marrom em relação a largura	43
Figura 15	Caracterização da plântula de macaúba. (A) região proximal do embrião; (B) botão germinativo, com a emissão da radícula e plúmula; (C) plântula de macaúba: eófilo (eo), raiz primária (rp), raízes seminais (rs)	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Importância e descrição botânica da macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq Lodd ex Martius)]	15
2.2	Germinação de palmáceas	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Coleta de material botânico para a caracterização de plantas e sementes de (<i>Acrocomia aculeata</i>)	26
3.2	Morfologia interna dos frutos de macaúba	27
3.3	Caracterização espacial dos frutos de macaúba no cacho	28
3.4	Coleta de frutos e obtenção das sementes para caracterização da germinação	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Caracterização da planta de macaúba	30
4.2	Biometria de frutos de macaúba	37
4.3	Morfologia da semente	40
4.4	Morfologia interna dos frutos – análise radiográfica	41
4.5	Caracterização de plântulas de macaúba	43
5	CONCLUSÕES	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq Lodd.) ex Martius), destaca-se entre as plantas oleaginosas promissoras para produção de biodiesel. Segundo Silva (1994), a macaúba tem possibilidade de se tornar comercialmente a palmeira oleaginosa mais importante no contexto brasileiro, destacando-se não só pelo seu potencial oleaginoso considerável, mas também por ser uma espécie nativa do Brasil, que ocorre em grandes maciços naturais em grande parte do território nacional. O óleo extraído das sementes de macaúba tem sido utilizado nas indústrias de cosméticos, óleos e farinhas utilizadas na alimentação humana e, recentemente como matéria prima na produção do biodiesel.

A introdução dos óleos da macaúba na produção do biodiesel ainda depende da solução de alguns desafios. Dentre eles, a implementação e instalação de plantios comerciais, uma vez que é explorada de forma extrativista. Este sistema de exploração gera, em função do sistema de colheita dos frutos já em processo de deterioração, um óleo de elevada acidez, levando a produção de um óleo de pior qualidade.

A instalação de lavouras comerciais é dificultada, visto que as sementes de macaúba apresentam dormência, o que ocasiona uma germinação lenta, de até três anos e desuniforme, além de baixo desenvolvimento inicial. Existem também poucas informações relativas à descrição das plantas, que podem diferir em suas características e seu potencial produtivo (ARKCOLL, 1990; LORENZI, 2006; TABAI, 1992).

Apesar da existência de povoamentos naturais de macaúba em diversas regiões do território brasileiro e da alta produtividade da planta, fatores como a alta heterogeneidade, a dormência da semente e principalmente, a escassez de informações quanto aos aspectos fisiológicos e bioquímicos, determinam um

avanço muito lento em sua propagação e melhoramento genético (BANDEIRA, 2008).

Para esclarecer alguns aspectos da cultura na região sul de Minas Gerais, a pesquisa foi realizada com objetivo de caracterizar a morfoanatomia da planta, fruto, semente e plântula de macaúba (*Acrocomia aculeata*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância e descrição botânica da macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq Lodd. ex Martius)]

A necessidade de diversificar a matriz energética substituindo as plantas oleaginosas anuais por culturas perenes que tenham uma maior produtividade e uma distribuição mais ampla no território nacional se faz necessária, uma vez que elas apresentam custos menores do que as espécies anuais, maior ciclo produtivo e não necessitam gastos anuais com plantio. Dentro deste grupo, as palmáceas constituem o grupo de maior vocação, e dentre elas, a macaúba tem gerado grande interesse, tanto pela sua produção de óleo quanto pela qualidade e potencialidade de uso de seus coprodutos (ALMEIDA et al., 1998).

Em Minas Gerais foi instituída a Lei nº 19.485 em 13 de Janeiro de 2011 e o Decreto nº 45.940 de 2012 que rege a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas, sendo este projeto denominado Pró-Macaúba (MINAS GERAIS, 2011, 2012), visando promover a integração das comunidades que tradicionalmente exploram a macaúba, por meio do incentivo ao uso e ao manejo racional da espécie, e de transformar a atividade em alternativa para a agricultura familiar e o agronegócio, observando os requisitos para a sustentabilidade ambiental.

A família Arecaceae (anteriormente denominada como Palmae) a qual pertence a macaúba, é constituída por um grupo de espécies genericamente conhecidas como palmeiras, com porte altaneiro que as distingue facilmente de outras plantas (BONDAR, 1964; LORENZI et al., 1996). O gênero *Acrocomia*, é composto por duas espécies, *A. aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. e *A. hassleri* (B. Rodr.) W. J. Hahn. Esta família é essencialmente tropical na sua distribuição,

mas de ocorrência em todo o mundo. O número de gêneros é de 236 e de aproximadamente 3400 de espécies (AGUIAR, 1988; LORENZI et al., 2004).

O termo *Acrocomia* deriva do grego “*Akron*” (uma) e “*Kome*” (cabeleira) sugerindo que as folhas estão dispostas no formato de uma coroa, de base única. A espécie é descrita como *aculeata*, em alusão ao grande número de acúleos escuros, pontiagudos, de cerca de 10 cm de comprimento, que se apresentam de forma abundante no caule e nas folhas desta palmeira (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995; NOVAES, 1952).

A *Acrocomia aculeata* é uma palmeira que foi primeiramente descrita por Jacquin em 1763 tendo como basinômio *Cocos aculeatus* Jacq. Em 1824, foi inserida por Martius no gênero *Acrocomia*, sendo designada como *Acrocomia sclerocarpa*. Posteriormente, em 1845, Loddiges coloca ambos em sinonímia, designando-a como *Acrocomia aculeata* (MISSOURI, 2011).

A espécie *Acrocomia aculeata* (Jacq Lodd.) ex Martius é uma palmeira amplamente distribuída no continente americano, incluindo o México, Antilhas, Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. Autores ainda descrevem que a distribuição se dá ao longo da América tropical e subtropical, desde o sul do México e Antilhas até o sul do Brasil, chegando ao Paraguai e Argentina, porém estando ausente no Equador e Peru (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995; MOTTA et al., 2002). Grupamentos igualmente importantes ocorrem no Paraguai, Argentina, Bolívia, Sul do Brasil, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso (MARKLEY, 1956; WANDECK; JUSTO, 1988) e no Ceará (SCARIOT; LLERAS; HAY, 1995).

No estado de Minas Gerais ocorrem grandes populações de macaúba, apontadas como economicamente promissoras. Markley (1956) associou o avanço da palmeira *Acrocomia* às atividades antrópicas, embora não esclareça até que nível essa “domesticação” foi planejada. A abundância da palmeira em

áreas alteradas é também comentada por Lorenzi (1992), Novaes (1952), e Scariot; Lleras; Hay (1991; 1995), segundo Motta et al. (2002).

A macaúba habita áreas abertas e com alta incidência solar, desenvolve-se bem em solos arenosos, porém, desenvolve-se melhor em locais onde há solos férteis. Planta pioneira e tolerante ao fogo, podendo ocorrer muitas vezes associadas às encostas rochosas (GRAY, 2005; LORENZI, 1996).

Para Costa e Marchi (2008) a macaubeira vegeta bem em regiões de altitude entre 500 m a 1.000 m, com índices pluviométricos inferiores a 1.500 mm e temperatura na faixa de 15°C a 35°C. Entretanto, pode ser encontrada em altitudes de até 1.600 m e em locais onde ocorrem geadas leves, como no sul dos estados de Minas Gerais e São Paulo.

Novaes (1952) descreve a ocorrência de macaubais do Estado de São Paulo em áreas de pastagens ou em áreas utilizadas, inclusive por povos indígenas, e hoje abandonadas. Comenta também a dificuldade de encontrar indivíduos nos remanescentes de mata nativa. Trabalhando na região de Brasília, Scariot; Lleras; Hay (1991) destacam a macaúba como única espécie arbórea das áreas de pastagens. Lorenzi (1992) salienta o pioneirismo da espécie e sua dispersão maior, embora descontínua, em formações secundárias como capoeiras e capoeirões.

Sua disseminação é facilitada por dois aspectos: a grande produção de frutos e o consumo destes por várias espécies de animais (MOTTA et al., 2002). Os mesmos autores reiteram que especificações referentes às exigências edáficas da macaúba carecem de observações sistemáticas, devido a posições discordantes. A espécie é citada por Ratter et al. (1977; 1996) como indicadora de solos mesotróficos do Brasil Central. Rocha (1946) e Lorenzi (1992) comentam a preferência da espécie por solos férteis, enquanto Novaes (1952), ao

contrário, afirma ser a palmeira adaptada a solos pobres cobertos por cerrados no estado de São Paulo.

A macaúba é produtiva e seus frutos podem gerar mais de 5.000 kg de óleo por hectare, não sendo exigente em termos climáticos, segundo Tickel (2000). Plantações de macaúba no Brasil e em muitos lugares do mundo ainda estão em sua fase primária. A exploração do fruto ocorre principalmente pela coleta em grandes populações naturais, dos povoamentos já existentes de forma extrativa e com baixa produtividade (MOTTA et al., 2002). A instalação de lavouras comerciais convive com dificuldade na quebra de dormência da semente e no baixo crescimento inicial (ARKCOLL, 1990), além do desconhecimento de suas exigências ecológicas.

A *Acrocomia aculeata* é uma palmeira com 10 a 15 metros de altura, mas há ocorrência de plantas com alturas superiores a 20 metros. O estipe é ereto, conservando por longos períodos os remanescentes da base das bainhas foliares, e variando de 20 a 30 centímetros de diâmetro. Uma de suas principais características são a presença de acúleos ao longo do estipe, folhas, folíolos e parte do cacho e inflorescência, podendo medir até 10 cm (MOTA et al., 2011).

As folhas da macaúba são pinadas, cada uma é dotada de uma haste central com 3 a 5 metros de comprimento, aculeadas e com folíolos lanceolados, de coloração verde-escura. As folhas estão presentes, geralmente, em número de 20 e 30 por planta, distribuídas em diferentes planos, dando aspecto plumoso à copa. A bainha da folha possui acúleos finos, agudos, resistentes e de coloração escura. Muitas vezes a bainha fica aderida ao estipe por vários anos. O pecíolo da folha também possui acúleos (NUCCI, 2007). As folhas podem ser utilizadas como alimentação para animais, nos períodos de seca, além de fornecerem fibras têxteis para a confecção de redes, linhas de pesca, cordas, cestos, balaios e chapéus (LORENZI, 2006).

As inflorescências são amarelas, apresentam-se agrupadas em cachos pendentes de 80 a 130 cm de comprimento e protegidas por uma bráctea (espádice) que pode atingir até 2 m de comprimento, e ocorrem entre as folhas. Assim que a inflorescência alcança a maturidade, a bráctea torna-se túrgida, ficando perpendicular ao estipe, abre-se e libera a inflorescência. As inflorescências são andróginas e protogínicas. As flores masculinas nascem no ápice da inflorescência, enquanto que as flores femininas situam-se na base (NUCCI, 2007). Essa característica favorece a polinização cruzada, pois raramente as flores femininas e masculinas ficam simultaneamente receptivas na mesma planta (CONCEIÇÃO; MULLER, 2000). De acordo com Scariot; Lleras; Hay (1991), o número de flores masculinas é superior às femininas. Entretanto, todas as flores femininas são receptivas até 12 horas após a abertura da inflorescência. A predominância de alogamia na macaúba também foi evidenciada por Nucci (2007). Entretanto, a espécie apresenta comportamento facultativo com relação ao sistema reprodutivo. Em populações muito fragmentadas ou isoladas, há maior taxa de endogamia, confirmando que a planta é monoica, autocompatível. Contudo, quando há populações próximas, prevalece a fecundação cruzada entre os indivíduos (CARGNIN et al., 2008).

Os principais polinizadores são coleópteros das famílias Curculionidae, Nitidulidae e Scarabaeidae, essas espécies de coleópteros visitam a inflorescência como sítio de alimentação, proteção, acasalamento e reprodução (MARTINS, 2007). A inflorescência também é visitada pelas abelhas do grupo *Trigona*, que coletam o pólen das flores masculinas e polinizam as flores femininas (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995; SCARIOT, 1998).

A fase de desenvolvimento do fruto inicia-se no final do período chuvoso, contudo, é no período de seca que os frutos completam seu

desenvolvimento, culminando com sua queda em novembro e dezembro (LORENZI, 2006).

O fruto da macaúba é do tipo drupa e possui epicarpo (casca) de cor verde, quando em seus estádios iniciais de desenvolvimento, passando a coloração verde-amarela, amarela ou castanha quando maduro. Essa variação de cor é dependente da região de ocorrência e da planta (PIMENTEL et al., 2011). O epicarpo rompe-se facilmente quando maduro. O formato do fruto é globoso, sendo que seu tamanho pode variar de 2,0 a 5,0 cm. O mesocarpo é fibroso e mucilaginoso, de sabor adocicado, rico em glicerídeos, de cor amarela ou branca, dependente ou não do estágio de desenvolvimento do fruto, tal variação está relacionada com a localização geográfica de ocorrência, como também há variação em um mesmo aglomerado de plantas. A polpa recobre o endocarpo de cor preta, lenhoso, rígido, que protege uma semente oleaginosa, raramente duas ou três, de cor branca, recoberta por uma fina camada de tegumento (SCARIOT; LLERAS; HAY, 1991). Nos frutos ainda muito imaturos, o epicarpo encontra-se muito aderido ao endocarpo, porém, quando maduro, o epicarpo rompe facilmente. Como os frutos integram a dieta de vários animais como aves, mamíferos, roedores esta palmeira possui forte interação com a fauna, que auxiliam o processo de dispersão das sementes (POTT; POTT, 1994).

A semente da *A. aculeata* é formada por um endosperma (albúmen). O embrião está imerso no endosperma, normalmente em um extremo (SODRÉ, 2005).

Segundo Bicalho et al. (2011) as sementes de macaúbas são ortodoxas, de germinação remota e possuem dormência do tipo que ainda está sob pesquisa para identificação. Possivelmente, por causa desta dormência da semente, em condições naturais o cultivo da espécie é dificultado devido à baixa taxa de germinação, aproximadamente 3% e pela demora no processo podendo chegar

até dois anos (PIRES DOS SANTOS; MORAIS, 2011). Dessa maneira, Lorenzi e Negrelle (2006) atribuíram o fato da dificuldade de propagação ao processo lento e o baixo índice de germinação como uma das desvantagens ao cultivo da *A. aculeata*.

O embrião é cônico ou cilíndrico, muito pequeno e envolvido por todos os lados por uma massa enorme de tecido córneo, o albúmen, rico em material nutritivo que fornece ao embrião as substâncias necessárias ao seu desenvolvimento.

Alguns critérios podem ser utilizados para indicar o estágio de maturação dos frutos, como: coloração do epicarpo, consistência do mesocarpo, momento no qual os frutos caem no chão, ou deiscência (CHAPIN, 1999; MACIEL, 2001). Em geral, recomenda-se que as sementes sejam semeadas logo após a colheita, para evitar redução na viabilidade das mesmas (DONSELMAN, 1982; MEEROW, 1991).

As características morfológicas das plântulas, à semelhança das sementes, também permitem a identificação de famílias, gêneros e até espécies (AGUIAR; PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, 1993).

O conhecimento da morfologia de sementes e plântulas é essencial para a análise do ciclo vegetativo das espécies (KUNIYOSHI, 1983), como também para o reconhecimento das espécies no estágio juvenil, indispensável nos estudos de regeneração, manejo e dinâmica dos ecossistemas naturais ou implantados (RODERJAN, 1983).

Damião Filho (1993) ressaltou que a interpretação das estruturas da planta jovem é de fundamental importância quando se faz necessária a mensuração dos diferentes estádios de crescimento da planta. A partir de estudos morfológicos de sementes e plântulas, pode-se, ainda, obter informações sobre

germinação, armazenamento, viabilidade e métodos de semeadura (FERREIRA et al., 1998).

2.2 Germinação de palmáceas

As palmeiras são multiplicadas comercialmente por sementes, no entanto, este processo, frequentemente, é dificultado, pois a germinação das sementes de maneira geral é lenta e desuniforme e é influenciada por vários fatores, como grau de maturação, presença ou não do epicarpo, tempo entre a colheita e a semeadura, dormência física, temperatura e substrato (MEEROW, 1991).

Segundo Koebernik (1971), muitas variáveis podem afetar a germinação de sementes de palmeira, como a espécie, a temperatura, o tipo de substrato, as condições de umidade, aeração e o tempo de armazenamento. A presença do fenômeno de dormência, no qual sementes viáveis não germinam mesmo tendo todas as condições favoráveis (CARVALHO; NAKAGAWA, 1988; POPINIGIS, 1985), tem sido apontada como uma das causas de variação no período de germinação em palmáceas (MULLETT; BEARDSELL; KING, 1981; VILLALOBOS; HERRERA; GUEVARA, 1992).

Ainda para Tomlinson (1960), tanto a dureza e a espessura do mesocarpo e endocarpo de frutos quanto a estrutura rudimentar do embrião poderiam ser as causas da lenta velocidade de germinação em muitas palmáceas.

Em algumas espécies de palmáceas, maiores percentagens de germinação são obtidas em sementes provenientes de frutos não completamente maduros, provavelmente em razão da presença de inibidores encontrados nos

tecidos dos frutos maduros ou do aumento da impermeabilização do tegumento das sementes (BROSCHAT; DONSELMAN, 1987; MACIEL, 2001).

Conforme Tam (1976), Nikolaeva (1977) e Hartmann et al. (1996), o embrião de várias espécies de palmáceas não se encontra completamente desenvolvido quando a semente se desprende da planta-mãe, sendo necessário certo período em temperaturas elevadas para o início da germinação. Entretanto, de acordo com Ribeiro (2012), o embrião das sementes de macaúba não apresenta aberrações ou características típicas de imaturidade que possam impedir a germinação.

O embrião das sementes de palmeiras pode levar até quatro anos para germinar, provocando sério e desvantajoso atraso na produção de mudas, que por sua vez são muito desuniformes (TABAI, 1992). Adicionalmente, os métodos convencionais de propagação vegetativa não são possíveis para a espécie devido ao fato de, naturalmente, não produzirem perfilhos. Segundo Teixeira (2005), o índice de germinação *in situ* de embrião de macaúba é de apenas 3%. No entanto, as sementes de macaúba quando submetidas à escarificação e acondicionadas à temperatura superior a 35°C podem germinar entre quatro e seis meses.

De acordo com relatos da comunidade local de Lavras, MG, normalmente, quando as áreas florestadas ou próximas a estas passam por períodos de exposição ao fogo, decorrentes das queimadas que ocorrem na região, é comum observar a formação de bancos de plântulas de *A. aculeata*. Para Silva (1994) o fogo elimina a vegetação invasora e aumenta a reserva adicional de nutrientes, por meio da carbonização da matéria orgânica, propiciando a permanência das palmeiras adultas e favorecendo a produção e disseminação de novas plantas. O fogo também destrói a casca e a polpa, liberando a semente, estimulando e dando início ao processo germinativo.

Fogaça et al. (2008) visando à propagação *in vitro* via resgate de embriões zigóticos de macaúba realizou ensaios para a quebra da dormência, com tratamentos das sementes expostas a altas temperaturas como fogo, água quente (60°C) e estufa a 37°C; frutos com polpas, somente a semente, e embriões com parte da amêndoa ou somente o embrião. Como resultado, constataram que nenhum dos tratamentos realizados foi eficiente para promover a germinação das sementes de macaúba ou o desenvolvimento do embrião. Segundo Koebernik (1971), foi registrado o tempo médio de germinação de mais de 200 espécies de palmeiras, das quais 54% germinaram após mais de 100 dias e 19% necessitaram de mais de 200 dias para germinarem. De acordo com esse levantamento, para a germinação das sementes de tucumã e macaúba são necessários, respectivamente, 1044 e 878 dias.

Lorenzi et al. (1996) relataram genericamente que várias espécies de palmeiras apresentam o intervalo de temperatura de 24 a 28°C como o mais favorável para germinação, enquanto Broschat (1994) observou que muitas sementes de palmeiras germinam melhor na faixa entre 30 a 35°C.

Vários tratamentos têm sido empregados para promover a germinação de sementes de palmeiras, como remoção dos tecidos do fruto que envolvem as sementes (EHARA et al., 2001; RAUCH, 1994), imersão das sementes em água, escarificação das sementes, utilização de reguladores de crescimento, exposição das sementes à luz ou à radiação, estratificação fria ou quente ou, simplesmente, lavagem das sementes em água.

No caso de sementes de macaúba, a escassez de informações é ainda maior, o que faz com que a produção de mudas da espécie seja um grande desafio. Loomis (1958) relatou que a imersão de sementes de espécies dos gêneros *Acrocomia* e *Astrocaryum* em banho-maria (65°C a 71°C), por dois a três semanas, foi benéfica à germinação. Entretanto, a imersão de sementes de

macaúba em água, por sete dias, seguida da estratificação quente, a 39°C, por 80 dias, não foi um método eficiente para superação da dormência (REES, 1963).

Segundo Costa e Marchi (2008) a germinação das sementes de palmeiras pode ser classificada em dois tipos, de acordo com as estruturas essenciais da plântula: germinação remota e germinação adjacente. Nas sementes que apresentam germinação remota, o eixo embrionário expande-se, ocorre a emissão de uma estrutura a partir do cotilédono, denominada pecíolo cotiledonar, a partir da qual ocorrerá a emissão da raiz primária e parte aérea da plântula. O cotilédono permanece no interior da semente, funcionando como um órgão para absorção de nutrientes, denominado haustório, que transfere nutrientes do endosperma para a plântula em desenvolvimento. Em sementes de palmeiras com germinação remota, a raiz primária persiste por algum tempo e produz raízes laterais. De acordo com Bicalho et al. (2011), as sementes de macaúba apresentam germinação do tipo remota.

Oliveira (1993) menciona que muitos autores ressaltaram que, além da unidade de dispersão, é imprescindível um melhor conhecimento da germinação, do crescimento e do estabelecimento da plântula para compreender o ciclo biológico e a regeneração natural da espécie.

O conhecimento da morfologia de sementes e plântulas é essencial para a análise do ciclo vegetativo das espécies (KUNYOSHII, 1983), como também para o reconhecimento das espécies no estágio juvenil, indispensável nos estudos de regeneração e manejo de florestas naturais ou implantadas (RODERJAN, 1983) e ainda, pode fornecer subsídios à implantação de testes de germinação, por meio do conhecimento das estruturas baseado na morfologia (OLIVEIRA, PEREIRA, 1986).

Uma das ferramentas mais eficientes para o estudo da morfologia interna de sementes é o uso de raios-x que permite, sem a destruição das sementes, a

observação de estruturas internas de várias espécies (CARVALHO, ALVES, OLIVEIRA, 2010).

No caso da maioria das palmeiras, o processo germinativo não foi completamente descrito, assim como não foram identificadas estruturas das plântulas em formação (GENTIL e FERREIRA, 2005).

A escassez de informações botânicas, ecológicas e agronômicas tem dificultado a implantação de sistemas de cultivo ou manejo sustentável desta espécie.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos Laboratório Central de Sementes e no Laboratório de Óleos, Gorduras e Biodiesel da Universidade Federal de Lavras, MG, no período de dezembro de 2010 a janeiro de 2012.

A caracterização botânica das plantas, frutos e sementes foi efetuada em plantas selecionadas aleatoriamente em Lavras, Ijaci e Lima Duarte, MG. Os estudos referentes a germinação foram efetuados com sementes coletadas em Lavras, MG.

3.1 Coleta de material botânico para a caracterização de plantas e sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata*)

As plantas foram selecionadas em um maciço de ocorrência natural de plantas de macaúba na latitude Sul 44°58' e de longitude Oeste de 21°11', altitude de 900 m e clima Cwa de acordo com a classificação climática de Köppen, no município de Ijaci, MG.

Para a coleta de dados referentes à altura e diâmetro do estipe, foram amostradas aleatoriamente dez plantas de macaúba, pelo padrão de percurso em zigue-zague em todo o maciço. A altura foi medida do solo ao topo das árvores com auxílio de escada telescópica e o diâmetro foi medido com uma fita métrica a 1,5 metros do solo.

Nas plantas selecionadas foram coletadas duas folhas dispostas em posições variadas na coroa da planta. As folhas foram medidas desde a bainha até o final da haste central com auxílio de uma trena e as medidas dos folíolos foram obtidas com uma fita métrica.

Foi obtido um cacho maduro por planta na mesma área, no início da época de coleta em dezembro de 2010. Os frutos foram classificados conforme sua posição no cacho em três categorias: superior (mais próxima ao pedicelo), mediana e inferior. Foram analisados o comprimento e largura de 180 frutos aleatórios de cada uma das três regiões. Utilizando paquímetro digital, o diâmetro longitudinal dos frutos foi obtido a partir da região de ligação do fruto ao pedúnculo a extremidade oposta. A medida do diâmetro transversal dos frutos foi obtida na região mediana do fruto com auxílio de paquímetro digital.

As análises estatísticas foram realizadas pelo teste Scott-Knott do software estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2000), com três tratamentos (região superior, média e inferior do cacho) e nove repetições de 20 frutos.

3.2 Morfologia interna dos frutos de macaúba

Os frutos foram coletados em um maciço situado na cidade de Lima Duarte com latitude Sul de 21°51" e longitude oeste de 43°52", altitude de 930 m e clima Cwb de acordo com a classificação climática de Köppen, na Zona da Mata, MG.

A coleta dos frutos foi realizada em dois estádios fisiológicos de acordo com a coloração da casca: 230 frutos de casca verde e 258 frutos de casca marrom.

Os frutos foram radiografados em um equipamento Faxition X- Ray MX-20 por período de 18 segundos com intensidade de radiação de 15 kv para visualização da morfologia interna.

Foram realizadas as medições do diâmetro longitudinal e transversal dos frutos com auxílio de paquímetro digital.

Os dados referentes aos diâmetros dos frutos foram analisados pelo programa STATISTIC SPSS[®], para a análise da frequência relativa.

3.3 Caracterização espacial dos frutos de macaúba no cacho

Para estabelecer um padrão de distribuição espacial de frutos de macaúba, um cacho com frutos de macaúba foi coletado em um maciço de ocorrência natural de plantas de *A. aculeata* que apresentavam frutos maduros no período de dezembro de 2011, no município de Lavras com latitude sul de 21°8' e longitude oeste de 45°0", altitude de 918 m e clima Cwa de acordo com a classificação climática de Köppen.

O cacho colhido foi acondicionado em sacos de polietileno trançado e após o corte, levado até o solo com auxílio de corda e carretilha.

Elaborou-se um equipamento em acrílico, de 8 mm de espessura, onde a raque foi acondicionada de modo a se obter os valores correspondentes aos eixos X, Y, e Z de cada fruto dentro de um plano tridimensional. As coordenadas foram determinadas da seguinte forma: eixo X (distância da base da raque ao fruto, na horizontal); Y (distância do eixo da raque ao fruto, na horizontal) e eixo Z (distância da base da raque ao fruto, na vertical).

A raque foi segmentada em 4 partes iguais de 25 cm cada, e para cada segmento foi alocado um quadrante.

Os valores foram plotados no *software* livre Blender[®], a fim de determinar o ângulo de inclinação da raque e da distribuição espacial dos frutos ao longo do cacho, visando a previsão de estimativa de produção do cacho através de análise de imagem.

3.4 Coleta de frutos e obtenção das sementes para caracterização da germinação

Os frutos foram coletados em janeiro de 2011 no município de Lavras, MG, com latitude sul de 21°8' e longitude oeste de 45°0", altitude de 918 m e clima Cwa de acordo com a classificação climática de Köppen.

Para a obtenção das sementes, os frutos foram colocados em bancadas ao abrigo de sol e chuva por 10 dias. Após os 10 dias tiveram seu epicarpo removido e foram mantidos novamente em bancadas por mais sete dias. Ao final do período os frutos foram quebrados em uma morsa instalada em uma mesa de madeira. As 300 sementes obtidas foram submersas em solução de hipoclorito de sódio, por 2 minutos, lavadas em água corrente por 5 minutos e mantidas em condições ambientais a 25°C até o equilíbrio higroscópico.

Foram retiradas 15 sementes para determinação da umidade pelo método de estufa a alta temperatura 130-133°C por 1 hora \pm 3 minutos (BRASIL, 2009).

A germinação foi realizada em substrato areia, esterilizada a 120°C. As bandejas com substrato e as sementes foram mantidas a 30°C em câmara de crescimento, na presença de luz branca e fria. A umidade do substrato foi de 70% da capacidade de retenção da areia e foram feitas irrigações semanalmente.

A avaliação do número de plântulas emergidas foi realizada semanalmente até o início da germinação que se deu aos 140 dias após sementeira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da planta de macaúba

O maciço natural de Ijaci é formado por uma população de 200 plantas de macaúba aproximadamente. As plantas amostradas para a medição do altura, apresentam-se menores que as citações na literatura para a espécie que é de 10 a 15 m. Isso pode ser explicado pelo fato destas plantas ainda não terem atingido totalmente o estágio reprodutivo da espécie e das 20 folhas amostradas para o comprimento apenas sete se encontravam dentro das referências descritivas da espécie que é de 3 a 5 m de comprimento (Figura 1). Entretanto, os diâmetro dos caules possuem valores superiores as informações referentes na descrição morfológica da espécie, que varia de 20 a 30 cm, segundo (MOTA et al., 2011). A planta 4 apresentou a maior altura e também maior diâmetro do caule, maiores médias de comprimento foliar e número médio de folíolos. Nos dados da planta 5, verificamos ser a de menor altura, menor diâmetro do caule e menor média dos comprimentos foliares. Porém, não apresentou menor valor para a média de comprimento de folhas e de número médio de folíolos, conforme Tabela 1.



Figura 1 Plantas de macaúba da região de Ijaci, MG com diferentes alturas de caules

Tabela 1 Altura, diâmetro de plantas de macaúba, comprimento de folhas, número e comprimento de folíolos e número de acúleos

Planta	Altura (m)	Ø caule (cm)	\bar{x} compr. folhas (m)	Nº \bar{x} folíolos	Compr. \bar{x} folíolos (cm)	Nº \bar{x} acúleos
1	5,3	36,0	2,70	155	61	297
2	1,4	24,0	2,56	160	58	398
3	6,4	37,0	3,10	170	69	216
4	6,6	39,0	3,23	205	70	161
5	1,3	21,0	2,10	180	45	305
6	3,4	29,0	2,35	150	52	91
7	5,0	28,0	2,96	166	54	176
8	4,8	26,0	2,84	197	61	313
9	3,7	26,0	2,55	150	57	271
10	2,1	23,0	1,65	150	50	275

\bar{x} : média; compr.: comprimento; Nº: número

A quantidade média de pares de folíolos foi de 168 por folha, valor superior ao encontrado por Nucci (2007) que foi de 130 em cada lado da haste central da folha. Devido à caracterização das plantas ter sido realizada em maciços naturais e em plantas aleatórias e sem acompanhamento ao longo de todo o desenvolvimento, não é possível inferir que as diferenças encontradas entre os dados obtidos e a literatura são de espécie diferentes. Tais variações podem ser devido a influência do ambiente. Segundo Manfio et al. (2010; 2011), levantamentos de campo indicaram que maciços naturais de macaúba ocorrem em diferentes condições climáticas. A ocorrência dessa palmeira acompanha áreas de solos com maior fertilidade natural e vegetação primitiva de fisionomia florestal, evitando extremos de deficiência de nutrientes e de água (MOTTA et al., 2002).

As folhas velhas da macaúba apresentam seus folíolos endurecidos provavelmente relacionado com a presença de lignina, o que dificulta o manuseio e favorece o seu desprendimento da planta. A sua coloração amarronsada também se difere da coloração das demais folhas que são verdes.

A coloração das folhas está diretamente relacionada com sua idade. As folhas novas são verde-cana, as folhas adultas são verde-bandeira e as velhas são amarronzadas. Esta variação na tonalidade das folhas é devido a posição no ápice da estipe e sua participação na taxa de fotossíntese da planta Figura 2A, 2B, 2C.



Figura 2 Folhas de macaúba coletadas em estágio jovem (A); estágio adulto (B); folha seca (C)

A macaúba possui estruturas de defesa em suas folhas, estipe e cachos descritas na literatura como espinhos e/ou acúleos. Devido a uma flexibilidade no ponto de inserção dessa estrutura com a planta, infere-se que se trata de acúleos. Os acúleos estão presentes em grande quantidade nas folhas e em diferentes tamanhos desde o início da sua formação (Figura 3A, 3B). Nas folhas mais velhas, uma menor quantidade de acúleos foi observada, levando a acreditar que com o desenvolvimento da folha, os espinhos se desprendam, tanto pela menor quantidade de fotoassimilados que chega a essa folha como também pelos movimentos devido ao vento.

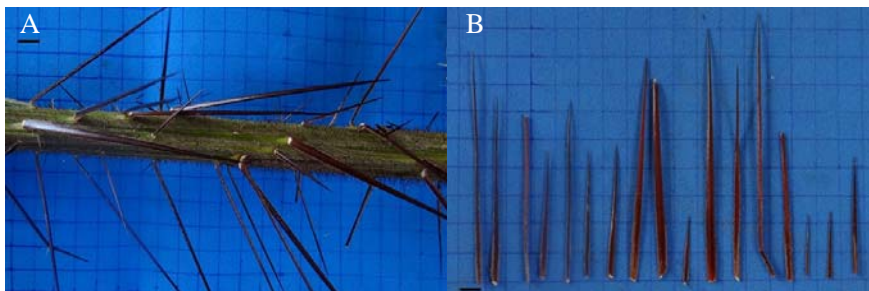


Figura 3 A: haste da folha de macaúba com acúleos; B: variação no tamanho de acúleos foliares

A inflorescência é em espádice, pendente, protegida pela espata. À medida que os frutos desenvolvem, ocorre a senescência e a queda das flores masculinas ainda presentes no pedúnculo, conforme Figura 4.



Figura 4 Evolução dos estádios de desenvolvimento da floração até o fruto de macaúba, dos cinco aos 150 dias após antese

Os pedúnculos se inserem na raque para a formação da inflorescência, respeitando um padrão helicoidal, com ângulo de inclinação de aproximadamente 1° , de acordo com o cálculo realizado no *software* Blender. Esta inclinação ocorre no sentido da região mais próxima à inserção do cacho na planta para a extremidade do cacho, de onde ocorrem 3 helicóides paralelas que caminham no sentido anti-horário. A distância entre as helicóides é aumentada em função da diminuição do diâmetro da raque, porém o número de inserções dos pedúnculos por helicóide permanece constante por todo cacho, conforme Figura 5.

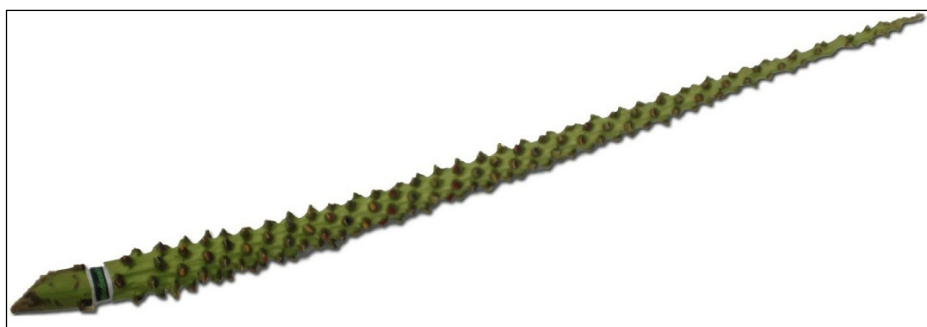


Figura 5 Raque da inflorescência de macaúba com indicação de padrão helicoidal de inserção dos frutos

Ao determinar as helicóides, a raque foi dividida em porções de 10 cm, onde foram medidos o diâmetro da raque e a distância entre duas inserções de pedúnculos, estes dados foram plotados no *software* Blender, Tabela 2. O *software* criou uma imagem na qual foram definidas as três helicóides, demonstrando sua projeção ao longo da raque, Figura 6.

Tabela 2 Valores médios observados na avaliação do padrão helicoidal de inserção de frutos de macaúba na raque

Distância (cm)	Distância entre 2 pedúnculos (mm)	Diâmetro da raque (mm)
0	47,43	41,32
10	65,57	40,8
20	69,1	33,88
30	76,59	31,1
40	79,22	28,37
50	86,73	23,98
60	106,52	22,61
70	117,41	19,66
80	139,38	11,75

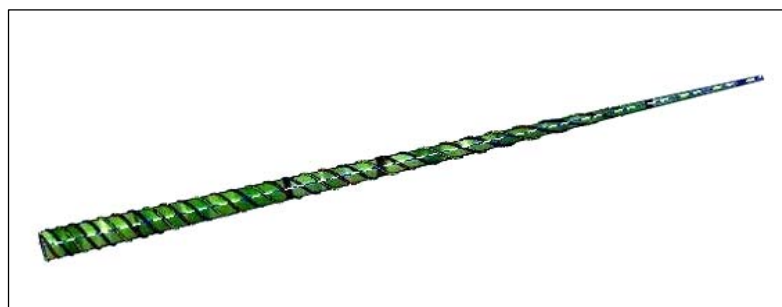


Figura 6 Projeção da raque de macaúba, com as três helicóides, simulada com auxílio do software Blender

Utilizando a simulação da projeção da raque e os dados das coordenadas relativas aos frutos do cacho estudado, obtidos com o auxílio da placa de acrílico (Figura 7A) foram inseridos no *software*, considerando a região superior da raque como o eixo de origem (0, 0, 0), dos três eixos (X, Y, Z), Figura 7B. Posteriormente, a imagem foi espelhada, preenchendo todos os quadrantes de todos os segmentos, resultando na projeção do cacho como um todo, Figura 7C.



Figura 7 A Placa de acrílico com três eixos (X, Y, Z), B Projeção do frutos acompanhando a helicóide, C Espelhamento da projeção dos frutos nas três helicóides

A quantidade de frutos da imagem espelhada se aproximou da quantidade real de frutos do cacho. Pela projeção foi calculada uma produtividade de 949 frutos, enquanto a produção real foi de 953 frutos, o que implica em um erro de 0,004%, indicando alta precisão. Utilizando os princípios amostrais adequados seria possível dessa forma, calcular a produtividade esperada de frutos de determinada área.

4.2 Biometria de frutos de macaúba

A biometria dos frutos fornece informações para detectar a variabilidade genética de populações de uma mesma espécie e as relações com os fatores ambientais. A análise do rendimento de polpa dos frutos fornece subsídios para o aproveitamento agroindustrial. Assim, informações sobre características biométricas do fruto e semente, bem como sua correlação podem fornecer subsídios para seleção de sementes, aproveitamento das partes comestíveis e

estudos de viabilidade econômica dos seus frutos, visando a subsidiar o uso sustentável dessa espécie (MANFIO et al., 2011).

Com base nos dados de diâmetro longitudinal e transversal dos frutos de macaúba nas três regiões dos cachos (superior, médio e inferior) observa-se que estatisticamente os frutos não se diferem entre si pelo diâmetro longitudinal, mas no diâmetro transversal os frutos superiores e médios são estatisticamente iguais entre si e maiores que os frutos inferiores, Tabela 3. Entretanto, apesar de haver essa diferença pelo teste estatístico, os frutos de macaúba podem ser considerados em formato esférico devido a pequena diferença dentre os diâmetros.

Tabela 3 Médias das dados de diâmetros longitudinais e transversais de frutos de macaúba em função da posição no cacho

Tratamento	\bar{x} Ø longitudinal (mm)	\bar{x} Ø transversal (mm)
Inferior	45,43 a	44,78 b
Médio	45,87 a	45,41 a
Superior	46,03 a	45,76 a
CV	6,31	6,72

Médias seguidas pelas mesmas letras, não se diferem estatisticamente entre si, a nível de 5% pelo teste de Scott-Knott

\bar{x} : média dos dados observados; Ø: diâmetro

Analisando 255 frutos que já estavam desprendidos do cacho, obtivemos a distribuição da frequência dos frutos em função dos seus diâmetros longitudinais e transversais (Figura 8A, 8B).

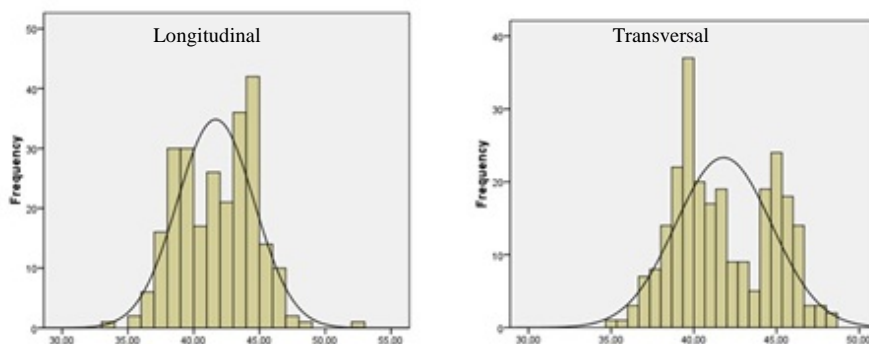


Figura 8 A: Frequência de ocorrência de frutos de macaúba em relação ao seu diâmetro longitudinal; B: Frequência de ocorrência de frutos de macaúba em relação ao seu diâmetro transversal

As médias dos diâmetros dos frutos praticamente não variaram indicando formato esférico, como pode ser comprovado com os valores de diâmetro máximo e mínimo no sentido longitudinal e transversal. No entanto, para os dados referentes a moda, há indícios de ocorrência de frutos oblongos, correlacionando com as características do tipo de inflorescência em que há concorrência do espaço entre os frutos (Tabela 4).

Tabela 4 Estatística descritiva referente a análise de 255 frutos de macaúba analisados em seu diâmetro longitudinal e transversal

Dados	Ø longitudinal (mm)	Ø transversal (mm)
Média	41,8023	41,7855
Mediana	41,9000	41,1400
Moda	43,89	38,91
Maior	48,81	48,58
Menor	33,52	34,72
Desvio Padrão	2,93935	2,97989

Ø: diâmetro

4.3 Morfologia da semente

A semente apresenta formato piramidal quando encontrado uma única semente por fruto (Figura 9A), e formato elíptico quando apresenta duas ou mais sementes por fruto (Figura 9B). O pericarpo é seco e tenro, de aspecto áspero, de cor castanho-escuro e região da micrópila é de coloração castanho-claro (Figura 9C). A parte interna da semente é constituída pelo endosperma (Figura 10A) que é oleaginoso e comestível e pelo embrião que é aderido ao endosperma (Figura 10B) e possui forma de clave (MOURA; VENTRELLE; MOTOIKE, 2010).



Figura 9 Aparência externa de sementes de macaúba: A: formato piramidal; B: formato elíptico; C: região da micrópila indicada por seta

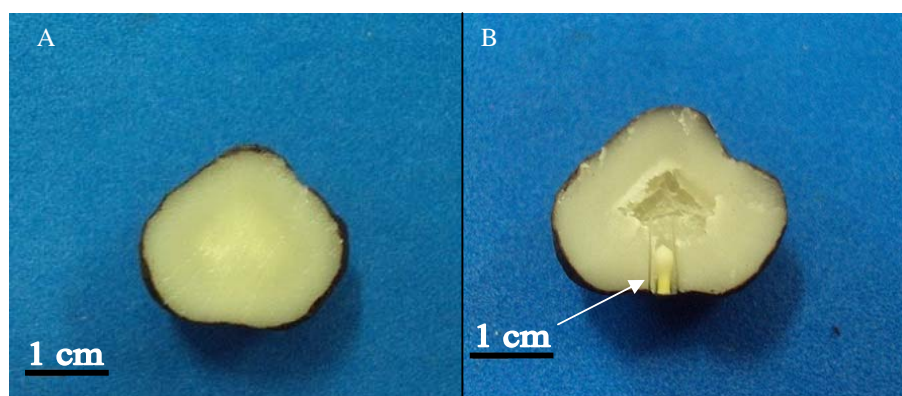


Figura 10 Aparência interna de sementes de macaúba: A: Endosperma; B: eixo embrionário indicado pela seta

4.4 Análise radiográfica da morfologia interna dos frutos

Considerando a cor do epicarpo como critério de separação em duas categorias (verdes e marrons), os frutos foram radiografados e analisados de acordo com as imagens obtidas. Os frutos que apresentavam o epicarpo marrom possuíam suas imagens radiográficas com uma maior diferença de opacidade do que os frutos com epicarpo verde. Isto porque as diferenças de opacidade que se correlacionam com a densidade existente entre as estruturas e tecidos dos frutos (epicarpo, mesocarpo, endocarpo e semente) Figura 11, portanto, a cor do epicarpo foi eficaz para separar os frutos em função da morfologia interna. Os frutos de coloração verde ainda não apresentavam o mesocarpo totalmente desenvolvido como foi encontrado nos frutos de coloração marrom (Figura 12A, 12B). No trabalho realizado por Rodrigues (2008), estudando a fenologia reprodutiva e vegetativa da macaúba apresentou que o processo de formação e amadurecimento da macaúba se estende por diversos meses sendo, portanto comum encontrar na mesma época de colheita frutos em diferentes estádios fenológicos.

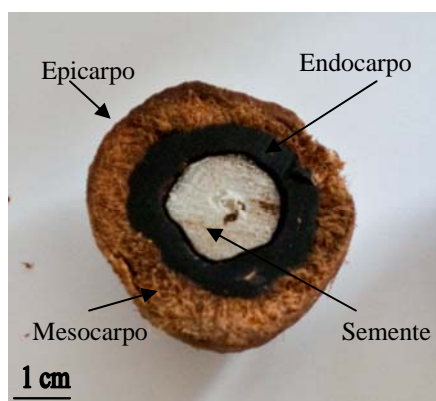


Figura 11 Fruto de macaúba com suas estruturas: Epicarpo; Mesocarpo; Endocarpo; Semente

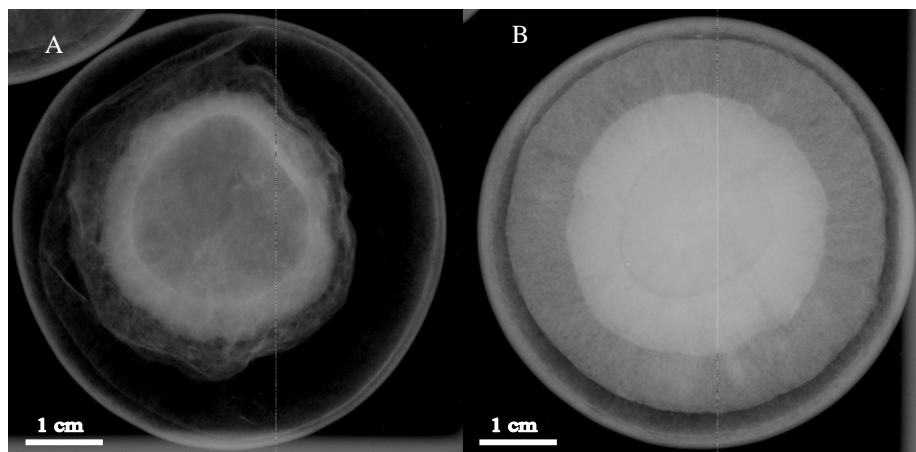


Figura 11 A: Imagem radiográfica de fruto de macaúba de epicarpo verde; B: imagem radiográfica de fruto de macaúba com epicarpo marrom

Com as imagens radiográficas dos frutos de cor verde ainda foi possível inferir que o epicarpo dos frutos é formado em um primeiro estágio, enquanto que o mesocarpo é formado posteriormente, no sentido de dentro para fora dos frutos (Figura 13).

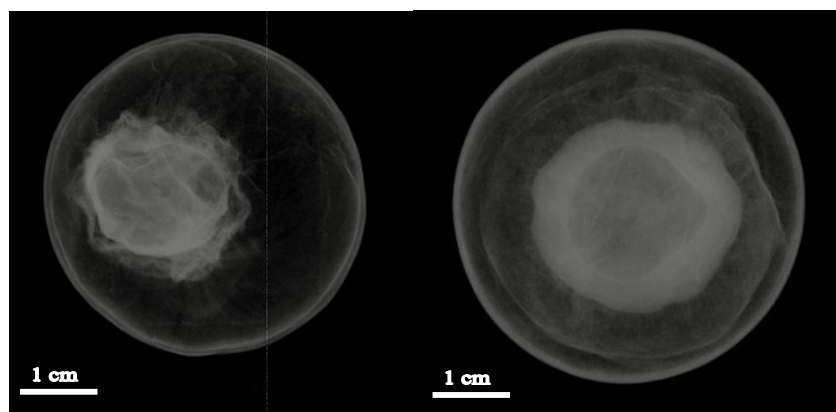


Figura 12 Imagem radiográfica de frutos de epicarpo verde de macaúba em diferentes estádios de formação da estrutura interna

Foram radiografados e obtidos o diâmetro transversal 230 frutos de epicarpo verde e 258 frutos de epicarpo marrom. As frequências das medições estão representadas na Figura 14A e 14B para os frutos de casca verde e marrom. Pode-se inferir com base na Figura 14 que os frutos de epicarpo marrom apresentam uma maior uniformidade dos diâmetros em relação aos frutos de epicarpo verde.

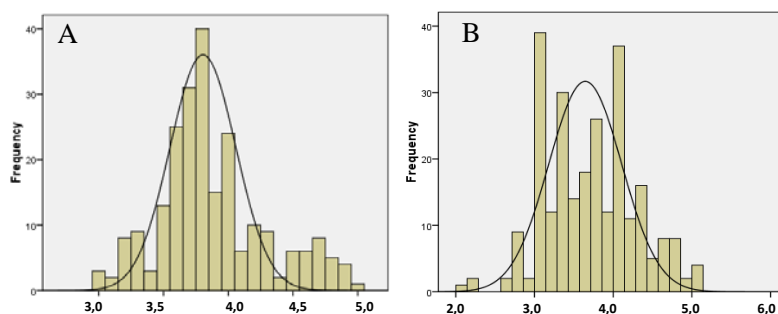


Figura 13 A: Frequência observada de frutos de macaúba de epicarpo verde em relação a largura; B: Frequência observada de frutos de macaúba de epicarpo marrom em relação a largura

4.5 Caracterização de plântulas de macaúba

Das 300 sementes que foram submetidas ao teste de germinação em areia, apenas 5% germinaram após um período de 170 dias. Após 140 dias houve o início da germinação e o teste foi mantido por mais 30 dias para garantir a ocorrência de sementes em diferentes estádios de germinação. A caracterização da germinação foi feita em plântulas aleatórias que apresentavam indícios de germinação.

O primeiro desenvolvimento visível da germinação das sementes de macaúba é o alongamento da região proximal do embrião contendo os

meristemas apicais, caulinares e radiculares (MOURA; VENTRELLE; MOTOIKE, 2010) (Figura 15 A), que por Bicalho et al. (2011) é denominado de pecíolo cotiledonar, mesma nomenclatura citada por Costa e Marchi (2008) ao descrever o processo de germinação do tipo remota das palmáceas. Essa estrutura muitas vezes é confundida com a radícula, e por não ser, a estrutura no interior da semente não deve ser considerado embrião e sim eixo embrionário. O alongamento apresenta-se na região da micrópila da semente, e segundo Araújo; Leitão; Mendonça (2000) estudando a morfologia das sementes da palmeira Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) observaram que o embrião se localiza na extremidade basal da semente, onde observa-se a micrópila. Para alguns autores estudando espécies de palmeiras como Gentil e Ferreira (2005) com tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer), Ribeiro et al. (2012) para macaúba, esta região é denominada opérculo, porém opérculo é uma estrutura comum em alguns tipos de frutos para a liberação das sementes. Portanto, acredita-se que o mecanismo de exposição do pecíolo-cotiledonar das sementes de macaúba é associado ao processo de liberação das sementes.

A partir do pecíolo-cotiledonar é formada uma estrutura mais volumosa, chamada de botão germinativo, de onde sai a raiz primária. Em seguida, a plúmula começa a crescer em direção à superfície (Figura 15B). As estruturas da parte aérea que saem do botão germinativo para a superfície, podem ser folhas primárias e brácteas, que possuem função de proteção, pois ainda apresentam-se aclorofiladas. Ao atingir a superfície, antocianinas são formadas dando as folhas primárias uma coloração arroxeadada, conferindo função de proteção.

Simultaneamente, uma estrutura de absorção se desenvolve dentro da semente para nutrir as estruturas emergentes. Essa estrutura é denominada haustório, e é responsável pela transferência de nutrientes do endosperma para a plântula em desenvolvimento, já que o cotilédone praticamente permanece todo

dentro da semente. Segundo Bicalho et al. (2011) essa ligação com a semente de macaúba pode permanecer por longo período e ser superior a seis meses. Durante os primeiros três meses do desenvolvimento da planta é fundamental que a conexão da semente com a muda seja preservada para garantir o seu desenvolvimento rápido. Nesse estágio também é possível identificar raízes seminais saindo da região do botão germinativo. Após o desenvolvimento do sistema radicular e das folhas primárias, os eófilos são liberados e já são clorofilados e fotossintéticos (Figura 15C).

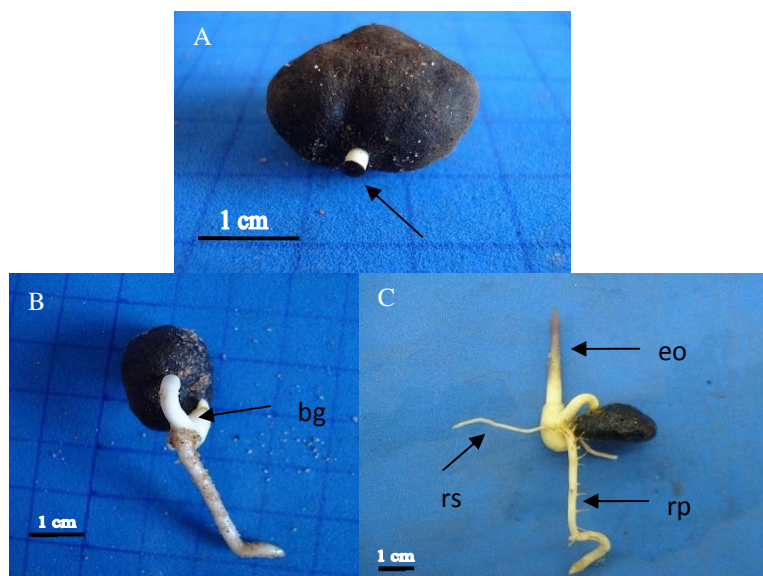


Figura 14 Caracterização da plântula de macaúba. A: região proximal do embrião; B: botão germinativo (bg), com a emissão da radícula e plúmula; C: plântula de macaúba: eófilo (eo), raiz primária (rp), raízes seminais (rs)

5 CONCLUSÕES

Os pedúnculos dos frutos de macaúba apresentam padrão helicoidal de inserção na raque com três helicóides paralelas com inclinação de 1° .

A posição dos frutos no cacho (superior, médio, inferior) não interfere no diâmetro longitudinal dos frutos. O diâmetro transversal dos frutos da porção inferior são menores.

Os frutos de macaúba podem ser considerados de formato circular devido a pequena diferença entre os diâmetros longitudinais e transversais.

A morfologia externa das sementes é influenciada pela quantidade de sementes por fruto. Frutos com duas ou mais sementes apresentam formato elíptico e frutos com uma semente formato piramidal.

Com a utilização de imagens radiográficas é possível avaliar a morfologia interna de frutos de macaúba.

A germinação de sementes de macaúba se dá pela exposição do pecíolo-cotiledonar, que origina o botão germinativo de onde protunde a raiz primária.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, F. F. A. **Caracterização morfológica das principais espécies de palmeiras exóticas na cidade de São Paulo**. 1988. 91 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1988.
- AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 175-214, 1993.
- ALMEIDA, S. P. et al. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. 1. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA- CPAC, 1998, p. 464.
- ARAÚJO, M. G. P.; LEITÃO, A. M.; MENDONÇA, M. S. Morfologia do fruto e da semente de Inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) – *Palmae*. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 31-38, 2000.
- ARKCOLL, D. New crops from Brazil. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCES IN NEW CROPS, 1., 1988, Indianapolis, **Proceedings** Portland: Timber, 1990, p. 367-371.
- BANDEIRA, F. S. **Cultivo in vitro e embriogênese somática de embriões zigóticos de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges)**. 2008. 108p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008..
- BICALHO, E. M. et al. Propagação da macaúba: ciência e desafio. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 265, p. 81-87, 2011.
- BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil**. São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, n. 2; p. 50-554, 1964.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa da Agropecuária, 2009. p. 365.
- BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 360, p. 141-147, 1994.

BROSCHAT, T. K.; DONSELMAN, H. Effects of fruit maturity, storage, presoaking, and seed cleaning on germination in three species of palms. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, D. C., v. 5, p. 6-9, 1987.

CARGNIN, A. et al. Potencial da macaubeira como fonte de matéria prima para produção de biodiesel. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília. **Anais...** Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD-ROM.

CARVALHO, M.L.M; ALVES, R.A.; OLIVEIRA, L.M. Análise radiográfica em sementes de mamona (*Ricinus communis* L.). **Revista Brasileira de Sementes**. Londrina, v. 32, n.1, 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes, ciência, tecnologia e produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1988. p. 424.

CHAPIN, M. H. Flowering and fruiting phenology in certain palms. **Palms**, v. 43, n. 4. p. 161-165, 1999.

CONCEIÇÃO, H. E. O.; MULLER, A. A. Botânica e morfologia do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. (Ed.). **A Cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. p. 31-44.

COSTA, C. J.; MARCHI, E. C. S. Germinação de sementes de palmeiras com potencial para produção de agroenergia. **Informativo Abrates**, v. 18, 2008.

DAMIÃO-FILHO, C. F. **Morfologia vegetal**. Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993. p. 243.

DONSELMAN, H. Palm seed germination studies. **Florida Horticultural Society**, Florida, v. 95, p. 256-257, 1982.

EHARA, H. et al. Effect of physical treatment and presence of the pericarp and sarcotesta on seed germination in sago palm. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 29, p. 83-90, 2001.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000.

FERREIRA, R. A. et al. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de capitão-do-campo (*Terminalia argentea* Mart & Zucc - Combretaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, p.441-448, 1998.

FOGAÇA, C. M. et al. **Propagação in vitro de Macaúba (*Acrocomia aculeata*) via resgate de embriões zigóticos**. XI Simpósio Nacional do Cerrado, II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, Brasília, 2008.

GENTIL, D. F. O.; FERREIRA, S. A. N. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecacea). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 337-342, 2005.

GRAY, 2005. **Palm and Cycad Societies of Australia**. Disponível em: <<http://www.pacsoa.org.au/palms/Acrocomia/aculeata.html>> Acesso em 20. out. 2011.

HARTMANN, H. T. et al.. **Plant propagation: principles and practices**. 6. ed. New York: Prentice Hall, 1996. p. 770.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas** New Jersey: Princeton University, p..166-167, 1995.

KOEBERNIK, J. Germination of palm seed. **Principes**, v. 15, p. 134-137, 1971.

KUNIYOSHI, Y. S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com araucária**. 1983. 233 p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

LOOMIS, H. F. The preparation and germination of palm seeds. **Principes**, v. 2, p. 98-102, 1958.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Editora Plantarum, p. 1-20, 1996.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras Brasileiras e exóticas cultivadas**, Instituto Plantarum, Nova Odessa, p. 416, 2004.

LORENZI, G. M. A. C. ;NEGRELLE, R. R. B.. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.:aspectos ecológicos, usos e potencialidades. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 7, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. p. 352.

MACIEL, N. Emergencia de la palma real venezolana (*Roystonea oleracea* (Jacq.) O. F. Cook) en función de condiciones variables del fruto y la semilla. **Bioagro**, Barquisimeto, v. 13, n. 3, p. 105-110, 2001.

MANFIO, C. E. et al. Coleta de germoplasma de macaúba no estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 4; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010, Belo Horizonte. **Anais... Biodiesel: inovação tecnológica e qualidade**. Lavras: UFLA, 2010. p. 1849-1850.

MANFIO, C. E. et al. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, 2011.

MARKLEY, K. S. Mobocayá or Paraguay coco palm: an important source of oil. **Economic Botany**, New York, v. 10, n. 1, p 3-32, 1956.

MARTINS, R. C. **Biodiversidade do bioma Cerrado**. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal, 2007. Disponível em: <http://www.semarh.df.gov.br/semarh/site/cafuringa/Sec04/Sec_04_08.htm> Acesso em: 10. mar. 2012.

MEEROW, A. W. **Palm Seed Germination**. Florida: Cooperative Extension Service, 1991. p. 10. Bulletin 274.

MINAS GERAIS. Decreto nº 45.940, de 27 de março de 2012. Dispõe sobre a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas – Pró-Macaúba, instituída pela Lei nº 19.485, de 13 de janeiro de 2011. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 28 mar 2012. Diário do executivo, p. 2, col. 1. Disponível em : <<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/index.html>>. Acesso em: 14. abr. 2012.

MINAS GERAIS. Lei nº 19.485, de 13 de janeiro de 2011. Institui a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da macaúba e das demais palmeiras oleaginosas- PRO-MACAÚBA. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 1 jan. 2011. Diário do executivo, p. 2, col. 1. Disponível em :

<<http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/index.html>. Acesso em: 22. mai. 2011.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN. *Acrocomia aculeata* Disponível em: <<http://www.mobot.mobot.org/cgi-bin/search>> Acesso em: 16. out. 2011.

MOTTA, P. E. F. et al. Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 1023-1031, 2002.

MOTA, C. S. et al. Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n, 265, p. 41-51, 2011.

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

MULLETT, T. H.; BEARDSELL, D. V.; KING, H.M. The effect of seed treatment on the germination and early growth of *Euterpe edulis* (Family Palmae). **Scientia**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 239-244, 1981.

NIKOLAEVA, M. G. Factors controlling the dormancy pattern. In: KHAN, A. A. (Ed.) **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1977. p. 51-57.

NOVAES, R. F. **Contribuição para o estudo do coco macaúba**. 1952. 85 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 1952.

NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microssatélites em genética de população de macaúba**. 2007. 82p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas. SP, 2007.

OLIVEIRA, E. C. Morfologia de plântulas. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Abrates, 1993. p.175- 213.

OLIVEIRA, E. C.; PEREIRA, T. S. Euphorbiaceae – morfologia de germinação de algumas espécies I. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 9-29, 1986.

PIMENTEL, L. D. et al. Diversidade no gênero *Acrocomia* e proposta de subdivisão da espécie *Acrocomia aculeata*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 265, p. 81-87, 2011.

PIRES DOS SANTOS, N.; MORAIS, G. A. Aspectos da germinação de Bocaiúva (*Acrocomia Aculeata* (Jacq) Lodd. ex mart.). Disponível em: <<http://periodicos.uems.br/index.php/enic7/article/view/1786>>. v.1, n. 1(1), **Anais do 7º ENIC**, 2011.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: ABEAS, 1985. 289 p.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 1994. 320p.

RATTER, J. A. et al. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation. II. Comparison of the woody vegetation of 98 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 53, n. 2, p. 153-180, 1996.

RATTER, J.A. et al. Observações adicionais sobre o cerrado de solo mesotrófico no Brasil Central. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 4, 1976, Brasília. **Anais...** São Paulo: Edusp, 1977, p. 306-316.

RAUCH, F. D. Palm seed germination. **International Plant Propagators' Society: Combined Proceedings**, v. 44, p. 304-307, 1994.

REES, W. A. Germination of palm seeds using a method developed for the oil palm. **Principes**, v.7, p. 27-30, 1963.

RIBEIRO, L.M.; OLIVEIRA, D.M.T.; GARCIA, Q.S. **Structural evaluations of zygotic embryos and seedlings of the macaw palm (*Acrocomia aculeata*, *Arecaceae*) during in vitro germination**. **Trees**, Germany, v. 26, n. 3, p. 851-863, 2012.

ROCHA, O. O coco macaúba. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 21, p. 345-358, 1946.

RODERJAN, C. V. **Morfologia do estágio juvenil de 24 espécies arbóreas de uma floresta com araucária**. 1983. 148p. Dissertação –(Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

RODRIGUES, P.M.S et al. **Fenologia reprodutiva e vegetativa da *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart. (Arecaceae)**. XI Simpósio Nacional do Cerrado, II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, Brasília, 2008.

SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. **Biotropica**, Washington, v. 27, n.2 , p. 168-173, 1995.

SCARIOT, A.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 23, n. 1, p. 12-22, 1991.

SCARIOT, A. Seed dispersal and predation of the Palm *Acrocomia aculeata*. **Principes**, v. 42, p. 5-8, 1998.

SILVA, J. C. **Macaúba: fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial**. 1994, 41 p. Trabalho de conclusão da disciplina (Cultivo de Essências Exóticas e Nativas - Departamento de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

SILVA, V. L. et al. Morfologia e avaliação do crescimento inicial de plântulas de *Bactris gasipaes* Kunth. (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 477-480, 2006.

SODRÉ, J. B. **Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico**. 2005. 65p. Monografia (Curso de especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo) - - Universidade Federal de Lavras, MG, 2005.

TABAI, S. A. **Propagação da palmeira macaúba *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Loddiges, através de métodos *in vitro***. 1992. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1992.

TAM, T. K. The production and distribution of oil palm seeds in Malaysia. In: CHIN, H. F.; ENOCH, I. C.; RAJA HARUN, R. M. (Ed.). **Seed technology in the tropics**. Malasya: University Pertanian, p. 153-159, 1976.

TEIXEIRA, L. C. Produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 79-86, 2005.

TICKEL, J. From the fryer to the fuel tank: the complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel. Tallahassee, FL: Tickel **Energy Consulting**, 2000. 155 p.

TOMLINSON, P. B. Essays on the morphology of palms; germination and seedlings. **Principes**, v. 4, n. 2, p. 56-61, 1960.

VILLALOBOS, R.; HERRERA, J.; GUEVARA, E. Germinacion de la semilla de pejibaye (*Bactris gasipaes*). II. Ruptura Del reposo. **Agronomia Costarricense**, San José, v. 16, n. 1, p. 61-68, 1992.

VILLALOBOS, R.; HERRERA, J.; MORA-URPI, J. Germinacion de la semilla de pejibaye (*Bactris gasipaes*). Iii. Efecto del contenido de agua y de las condiciones de almacenamiento. **Agronomia Costarricense**, San José, v. 16, n. 1, p. 69-76, 1992.

WANDERCK, F.A.; JUSTO, P.G. A macaúba, fonte de energética e insumo industrial: sua significação econômica no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, SAVANAS. 6., 1982, Brasília. **Anais...** Savanas: alimento e energia. Planaltina: EMBRAPA- CPAC, 1988. p. 541-577.