

MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES DE SAPUCAIA (*LECYTHIS PISONIS* CAMBESS. - LECYTHIDACEAE)

EDSON FERREIRA DUARTE

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Avenida Esperança s/n, Campus Samambaia, 74.001-970, Goiânia, Goiás, Brasil, efd@ufg.br

DAIANE SAMPAIO ALMEIDA

Universidade Estadual de Feira de Santana, Unidade Experimental Horto Florestal, Departamento de Biologia, Av. Presidente Dutra, Santa Mônica, 44.077-760, Feira de Santana, Bahia, Brasil

JAYLSON ARAUJO DOS SANTOS

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

ANDRÉ DIAS DE AZEVEDO NETO

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

CLAUDINEIA REGINA PELACANI CRUZ

Universidade Estadual de Feira de Santana, Unidade Experimental Horto Florestal, Departamento de Biologia, Av. Presidente Dutra, Santa Mônica, 44.077-760, Feira de Santana, Bahia, Brasil

CLOVIS PEREIRA PEIXOTO †

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

Resumo: Estudos de maturação são importantes para definir o momento de colheita, para tanto objetivou-se avaliar a maturação de frutos e sementes de *Lecythis pisonis*. Estudou-se frutos e sementes 1, 2, 3, 4 e 5 meses de idade, avaliou-se a morfologia e a morfometria, a massa das sementes nos frutos (%), o teor de água (%) e a massa seca (g) e a composição química das reservas nas sementes com 4 e 5 meses. No teste de emergência determinou-se as plântulas emergidas, a protrusão das raízes, a mortalidade e a dormência. Os frutos tornaram-se elítico-ovóides após 2 meses, distinguindo a região mediana em que está presente a calicina e uma constricção que marca o opérculo. As sementes ariladas se formaram em quatro lóculos. As sementes inicialmente hialinas, tornaram-se marrons aos 4 meses e o embrião foi observado após 3 meses, mantendo-se indiferenciado e envolto pelo endosperma, com reservas lipídicas. Sementes com 5 meses apresentaram 60,3% de água, a máxima massa seca (3 g), a máxima emergência ($67,0 \pm 15,3\%$) e a menor mortalidade (9%), contudo, exibiram 9% de dormência. A maturidade morfológica de frutos e sementes é alcançada aos 4 meses, mas a maturidade fisiológica das sementes ocorre aos 5 meses.

Palavras-chave: morfologia, morfometria, constituição química, maturidade fisiológica.

MATURATION OF FRUITS AND SEEDS OF SAPUCAIA (*LECYTHIS PISONIS* CAMBESS. - LECYTHIDACEAE)

Abstract: Maturation studies are important for establishing the harvest time, in this view we aim to evaluate the maturation of *Lecythis pisonis* fruits and seeds. Fruits and seeds with 1, 2, 3, 4 and 5 months old was studied about morphology and morphometry, the fresh mass of seeds in fruits (%), the water content (%) and the dry mass of seeds (g), and chemical constituents of the reserves in seeds with 4 and 5 months old. In the emergence test, seedling emergence and root protrusion, mortality and seed dormancy were determined. The fruits became elliptical-ovoid on 2 months, distinguishing the median region in which the calicin is present and a constriction that marks the operculum. The arillate seeds were formed in four locules. At the beginning the seeds were hyaline and became brown until 4 months and the embryo was observed from 3rd month, but it remained undifferentiated and surrounded by endosperm, with lipid reserves. The seeds of 5 months old presented 60.3% of the water content, higher dry mass (3 g), greater emergence ($67.0 \pm 15.3\%$) and lower mortality (9%), but 9% was dormant. The morphological maturity of fruits and seeds was achieved on 4 months but physiological maturity occurs on 5 months.

Keywords: morphology, morphometry, chemical constitution, physiological maturity.

INTRODUÇÃO

Na década da restauração (2021-2030) instituída pela ONU (WRI Brasil, 2021) haverá uma grande necessidade de sementes de espécies nativas para o cumprimento da meta de restauração florestal de 12 milhões de hectares, prevista no Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - Planaveg (Brasil, 2017), sendo estimada uma demanda de até 25,5 mil toneladas para atender aos objetivos propostos neste último plano (Urzedo et al., 2020). Os desafios para cumprir tais metas são tão grandes quanto às demandas, pois a produção de sementes com qualidade física, fisiológica e genética tem se mostrado um limitante para a restauração em todo o mundo (Jalonen et al., 2017).

A produção de pesquisa científica básica para auxiliar na produção de mudas não tem sido o foco no Brasil, mas há necessidade de compatibilizar a demanda de informações básicas com as novidades científicas (Piña-Rodrigues et al., 2018). As informações sobre a maturação de sementes das espécies ocorrentes na Amazônia e na Mata Atlântica são relativamente escassas em relação à proporção de 31 mil espécies de plantas nativas presentes na flora brasileira (Forzza et al., 2010). Pois no levantamento de informações de sementes florestais realizado por Piña-Rodrigues et al. (2007a) analisando 1015 publicações, foram verificados apenas 13 trabalhos com maturação de sementes de espécies de Mata Atlântica. Esse levantamento ampliado foi atualizado por Duarte et al. (2020) que encontraram informações para 33 espécies da Mata Atlântica e da Floresta Amazô-

nica em 36 trabalhos publicados entre 1979 e 2019. E neste estudo, os autores estudaram a maturação de *Lecythis lurida* [Miers] S. A. Mori. E no presente trabalho foram encontrados outros estudos para *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore (Santos et al., 2019), para *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T.D. Penn. (Lamarca & Barbedo, 2021) ampliando para 36 o número de espécies vegetais investigadas quanto à maturação das sementes.

Os estudos de maturação são ainda mais raros quando se trata de uma abordagem ampliada, que incluía a composição química, tais como os que foram realizados para *Caesalpinia echinata* Lam. (Borges et al., 2006), para *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke (Souza et al., 2017) e o de *L. lurida* já mencionado anteriormente. Esse tipo de estudo sobre a composição química das reservas das sementes é importante por afetar a longevidade natural. Assim, os trabalhos encontrados também indicam que a compreensão do processo de maturação nas sementes de espécies arbóreas nativas e o conhecimento para determinar as condições adequadas de armazenamento também são limitados.

Somando-se às dificuldades já mencionadas, há a possibilidade de algumas espécies apresentarem sementes recalcitrantes e que não toleram a dessecação e/ou conservação sob condições de baixas temperaturas. Fonseca & Freire (2003) relataram que sementes recalcitrantes apresentam pouca longevidade em condições ambientais, variando de dias a poucos meses. Por isso, é importante investigar a maturação, pois pode ajudar na compreensão do potencial de armazenamento.

A questão chave para a colheita de sementes com qualidade fisiológica em espécies vegetais é a identificação da maturidade fisiológica das sementes. O que também é imprescindível para a manutenção de programas de colheita de sementes de espécies nativas, pois permite a obtenção de sementes de melhor qualidade, uma vez que o florescimento e a maturação podem ser desuniformes (Ferraz et al., 1999; Marcos-Filho, 2015; Piña-Rodrigues et al. 2007b; Pereira et al., 2008). Para a adequada identificação da maturidade a análise morfológica dos frutos e das sementes amplia os conhecimentos acerca dessas espécies, auxiliando na identificação em campo, por meio de indicadores visuais de maturidade.

Nas Lecythidaceae os frutos podem ser deiscentes ou indeiscentes, contendo sementes que possuem dispersão biótica e abiótica. As unidades de dispersão podem constituir-se do fruto inteiro ou das sementes individualmente, sendo que as sementes podem apresentar arilo, asas, tricomas ou sarcotesta, contendo embriões com ou sem cotilédones, conforme descreveram Tsou & Mori (2002). Esses autores, também relacionaram a morfologia dos frutos, das sementes e de agentes dispersores ao desenvolvimento de estruturas anatômicas no tegumento.

Os frutos em Lecythidaceae são pixídios compostos por uma urna e um opérculo, contudo a liberação do opérculo não ocorre em todas as espécies dessa família (Mori & Prance, 1987; Barroso et al., 1999; Tsou & Mori, 2002; Brasil, 2009a) o que pode afetar a estratégia de dispersão das sementes das espécies (Van der Pijl, 1972; Duarte et al., 2020).

Entre as espécies da família Lecythidaceae, a sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) se destaca pelo potencial ornamental, além de produzir madeira de grande durabilidade quando colocada em locais acima do nível do solo. Ocorre na floresta Amazônica e na Mata Atlântica, com altura entre 20 a 30 m, exibe um tronco que atinge entre 50 e 90 cm de diâmetro, floresce a partir da metade de setembro até outubro e frutifica entre agosto e setembro, produzindo uma grande quantidade de sementes (Lorenzi, 2002a; Smith, 2022). Existem recomendações para a remoção do arilo para a superação de dormência (Vieira & Fernandes, 1997), mas a falta de informações técnico-científicas sobre as sementes contrasta com a produção das sementes em viveiros, pois, foi já verificada a produção de mudas da espécie em mais 80% das instituições que atuam na produção de sementes de Mata Atlântica (Piña-Rodrigues et al., 2007b). E uma vez que a dormência afeta o tempo para a germinação, o seu entendimento pode ser usado para além dos aspectos ecológicos nas espécies vegetais. Pois o entendimento da dormência também tem interesse comercial, uma vez que sementes dormentes

requererem tempo para iniciar a germinação e necessita de métodos para superá-la (Baskin & Baskin, 2014; Sliwinska & Bewley, 2014).

Considerando o estado atual do conhecimento científico sobre maturação sementes da flora nativas brasileira e a demanda por sementes para a restauração florestal, objetivou-se estudar a maturação de frutos e sementes de sapucaia (*L. pisonis*) visando a determinação do momento de colheita, como forma de subsidiar os programas de produção de sementes em áreas da Amazônia e da Mata Atlântica.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL COLHIDO E ESTUDADO

Foram marcadas e acompanhadas cinco árvores matrizes de sapucaia (*L. pisonis*), ocorrentes no municípios de Cruz das Almas e de Dom Macedo Costa, Bahia, Brasil, nas quais foi feito o acompanhamento fenológico por meio de visitas regulares, sendo feita avaliação visual a cada semana com o uso de binóculo, até o início da fase reprodutiva. Realizou-se a coleta de material botânico e o depósito de material testemunho no Herbário da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (HURB) (3228; 3229; 3230; 3391; 3588). As plantas ocorreram em áreas remanescentes da Mata Atlântica e em áreas antropizadas convertidas para pastagem, em solos do tipo argissolos (Brasil, 1983), em um clima do tipo Aw quente e úmido com estação seca de inverno com temperaturas anuais que podem variar de 24 °C a 26 °C, com precipitação de 1.000 a 1.500 mm anuais ocorrendo principalmente de novembro a abril (Köppen, 1948; SEI, 2021).

Quando da iniciação reprodutiva em outubro de 2011, foram marcadas flores em antese, visto que, o florescimento ocorreu de forma concentrada por cerca de duas semanas nas plantas visitadas. Realizou-se o acompanhamento e a colheita mensal (1, 2, 3, 4 e 5 meses) de frutos com sementes por até cinco meses, pois ocorreu a dispersão no sexto mês, não sendo possível obter sementes para a avaliação naquele momento.

Os frutos foram colhidos na copa das árvores, utilizando-se técnicas de ascensão vertical e de descida, tipo rapel. Posteriormente, foram levados ao Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em Cruz das Almas, Bahia, Brasil, sendo realizada a caracterização morfológica e físico-fisiológica.

MORFOLOGIA, MORFOMETRIA, MASSAS SECA E FRESCA E TEOR DE ÁGUA

Foram feitas a análise e a descrição de aspectos morfológicos dos frutos e das sementes e a confecção de pranchas a mão livre em nanquim, utilizando uma amostra de pelo menos cinco frutos e sementes a cada mês. Para a

descrição morfológica, foram observadas sementes intactas e seccionadas longitudinal e transversalmente. Foi adotada a terminologia descrita por Ferraz et al. (2019) e por Brasil (2009a).

Foi realizada a caracterização morfométrica dos frutos e das sementes, após a extração manual das mesmas, avaliando o comprimento, a largura e a espessura, em 25 frutos e sementes, com auxílio de um paquímetro digital Digi-mess. Os resultados médios foram expressos em milímetros.

A massa fresca dos frutos e das sementes sem o arilo foi determinada em uma amostra de 10 frutos e nas sementes oriundas desses, sendo os resultados médios expressos em miligramas. Determinou-se o número médio de sementes por fruto e a massa fresca média das sementes de cada fruto, seguidos dos respectivos erros-padrão. A média da massa fresca das sementes nos frutos foi expressa em porcentagem, com vistas a estimar o rendimento proporcional de sementes na colheita.

O teor de água (%) foi obtido pelo método da estufa 105 ± 3 °C por 24 horas adaptado das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009b), com quatro repetições de 0,5 g contendo sementes picadas, em fragmentos menores que 0,5 cm. O teor de água das sementes foi calculado na base úmida e expresso em porcentagem média.

A massa de matéria seca (MS) de sementes (g) foi obtida utilizando a metodologia constante no item anterior, sendo convertida para a massa seca média de uma semente.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS RESERVAS NAS SEMENTES

A composição química foi determinada nas sementes sem tegumento com idade 4 e 5 meses, usando-se 0,5 g de amostras liofilizadas e trituradas e subdivida em quatro repetições. Não foi possível obter massa seca das reservas pelo processo de liofilização em qualidade suficiente para determinar a composição das sementes mais jovens (1, 2 e 3 meses de idade) devido ao endosperma apresentar-se líquido e/ou pouco celularizado (detalhes nas Fig. 1C, 1F e 1I). Para a determinação dos constituintes minerais (Nitrogênio - N, Fósforo - P e Potássio - K) seguiu-se os procedimentos descritos por Jones Jr. (2001), IAL (2005) e Weatherburn (1967), respectivamente. Na determinação de carboidratos (CH solúveis totais, CH redutores e amido), adotou-se a metodologia descrita por Dubois et al. (1956), Miller (1959) e Hodge & Hofreiter (1962), respectivamente. Para a determinação de aminoácidos seguiu-se os procedimentos descritos por Yemm & Cocking (1955) e as proteínas totais foram determinadas pelo método de Kjeldahl adaptado por Galvani & Gærtner (2006). Os lipídeos foram obtidos pelo método de Chenevard et al. (1994). E também seguiu-se as adaptações nos métodos anterior-

res descritas por Duarte et al. (2020) para todas as determinações relacionadas. Os resultados foram expressos em porcentagem da massa seca (% MS) seguidos dos respectivos erros-padrão das médias.

GERMINAÇÃO, EMERGÊNCIA, DORMÊNCIA E MORTALIDADE DE SEMENTES

Para o teste de germinação e de emergência foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes com idades de 3, 4 e 5 meses. Não foram usadas sementes mais jovens (1 e 2 meses) por não apresentarem embrião e/ou tecidos de reserva celularizados. Seguiu-se a recomendação de redução do número de sementes para 4 repetições x 25 sementes indicadas para sementes grandes (Ferraz & Calvi, 2011). O arranjo experimental seguiu um delineamento inteiramente casualizado, semeando-se as sementes entre 500 mL de vermiculita de granulometria média, em recipientes plásticos transparentes dotados de tampa (dimensões internas de 185 x 135 x 85 mm). O substrato foi umedecido inicialmente com 100% da capacidade de retenção de água (CRA), e sempre que necessário era feita reposição da água, aplicando-se um volume correspondente a 30% da CRA. O teste de germinação e emergência foi mantido em câmara germinadora tipo BOD à 25 °C sob fotoperíodo de 12 horas de luz. A emergência das plântulas foi avaliada a cada sete dias por um período de 180 dias, quando já tinha ocorrido a tendência de estabilização da emergência. Durante o teste, foi feita a contagem das plântulas que emergiram, as quais foram consideradas como plântulas normais quando a parte aérea e raízes apresentavam todas as estruturas essenciais (Brasil, 2009b; Ferraz & Calvi, 2011). Ao final do teste, foi feita a determinação do número de sementes, que protruíram apenas a raiz primária, as quais foram contadas como germinadas. Os resultados médios da porcentagem de germinação (emissão de raiz primária) e da emergência (plântulas normais) de cada estágio foram expressos em porcentagem.

A dormência (%) foi verificada pela presença de sementes firmes aos 180 dias, quando foi encerrado o teste de emergência. Essas sementes foram submetidas ao teste de corte (Brasil, 2009b; Ferraz & Calvi, 2011). Foram consideradas dormentes as sementes que apresentavam mais de 50% de tecidos de reserva e embrionários túrgidos e hialinos, expressando-se os resultados médios em porcentagem.

A mortalidade de sementes (%) foi determinada ao final do teste de emergência, também pelo teste de corte (Brasil, 2009b; Ferraz & Calvi, 2011). Considerou-se como mortas aquelas sementes que exibiram mais de 50% dos tecidos internos (embrião + endosperma) flácidos, oxidados e/ou necrosados. Expressou-se os resultados médios em porcentagem de sementes mortas.

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram compartilhados no repositório público fighshare (Duarte, 2022).

Foram feitas análises de regressão e ajustes de equações representativas dos modelos biológicos das variáveis morfométricas estudadas nos frutos e sementes, para as massas frescas e secas, teor de água, germinação e emergência (Santana & Ranal, 2004), com o auxílio do programa Table Curve Package (Jandel Scientific, 1991). Calculou-se o coeficiente de determinação (R^2) das mesmas variáveis e os desvios da regressão, os quais foram avaliados pelo teste F a 5% e a 1% de probabilidade (Zimmermann, 2004). Para os constituintes químicos das reservas das sementes, foi feita a análise descritiva, usando-se a média \pm o erro padrão da média, conforme realizado por Duarte et al. (2020).

RESULTADOS

MORFOLOGIA, MORFOMETRIA, MASSAS SECA E FRESCA E TEOR DE ÁGUA

Os frutos de sapucaia são pixídios ramentosos de coloração inicial marrom-esverdeados evoluindo para marrom ao final da maturação (Fig. 1A, 1D, 1J e 1M). Apresentaram um opérculo distal e uma calicina na região mediana, que se constitui em resíduos persistentes das sépalas que se mostraram secas aos cinco meses após a antese. A presença da calicina indicou que o fruto se originou de um ovário semi-ífero. Após um mês da antese, se apresentaram campanulados evoluindo para a forma ovóide a elipsóide aos dois e três meses podendo apresentar o ápice do opérculo retuso (Fig. 2A-2C).

Aos três meses, o mesocarpo começou a se tornar fibroso na porção mais interna, passando a exibir progressiva resistência à abertura até o quinto mês. Enquanto o endocarpo, passou a exibir aspecto mais esponjoso na porção meso-distal do fruto, como resultado da visível secagem. Internamente, o opérculo mostrou-se cônico e mais fibroso a partir do quarto mês. Os septos se projetaram longitudinalmente a partir do eixo axial ligando-se ao endocarpo, formando quatro lóculos, nos quais foram formadas as sementes. Mas ao final da maturação ocorre uma retração dos septos, restando um vestígio na porção proximal interna dos pixídios.

Ao quarto mês, os frutos apresentaram expansão mais acentuada no eixo longitudinal, ficando mais compridos que nos demais estádios, devido a visível expansão distal do opérculo (Fig. 2D, 2I e 4A).

Ao quinto mês, o sulco que marca a região de deiscência do opérculo se tornou mais evidente (Fig. 2E), sinalizando que o início do processo de liberação do opérculo estava iniciando. Internamente foi verificada a formação de

uma linha de deiscência do opérculo (Fig. 2J), de coloração marrom-clara. E em alguns frutos foi observado um pequeno espaço entre os tecidos do mesocarpo fibroso e do opérculo. Como resultado da visível secagem dos frutos, percebeu-se que o endocarpo estava menos aquoso. Foi observada a retração do endocarpo, deixando as sementes parcialmente livres no interior dos lóculos, possibilitando observar também, o desligamento dos septos com o opérculo.

As sementes se localizaram ao longo de um eixo axial, do qual se projetaram os funículos que nutriram as sementes e que ficaram envoltos por um arilo proximal (Fig. 1H, 1N, 2G-2J e 3A-3S).

As sementes de sapucaia apresentaram-se ariladas e variaram de elipsóides a parcialmente ovóides, com tegumento inicialmente hialino translúcido, tornando-se hialino e marrom após o quarto mês, assumindo aspecto marrom brilhante no quinto mês (Fig. 1L e 1O; 3B, 3F e 3K). A alteração na coloração do tegumento sinalizou a consolidação dos tecidos de proteção. A análise morfológica das sementes ao longo da maturação, demonstrou que as sementes desde o primeiro mês são providas de um arilo proximal-lateral que visualmente cresceu mais a partir do terceiro mês (Fig. 3A, 3J, 3P e 3S).

O arilo irregular exibiu a superfície sulcada, envolvendo o funículo fundindo-se ao hilo irregular na região proximal-lateral do tegumento. Foi observada a presença de uma micrópila na porção proximal do tegumento, com aspecto semelhante a um poro, posicionada em uma suave depressão (Fig. 3F, 3H e 3M).

O tegumento das sementes de sapucaia se mostrou longitudinalmente sulcado, alternados por costelas visíveis desde os primeiros estádios de maturação (Fig. 3A, 3B, 3D e 3E), acentuando a profundidade dos sulcos no tegumento a partir do terceiro mês (Fig. 3F, 3H, 3I, 3K, 3J, 3M, 3N, 3P e 3S). Grupos de fibras longitudinais foram sinalizadas pelas costeletas, sendo observadas após o segundo mês nas seções transversais das sementes (Fig. 3O, 3R e 3U).

O seccionamento das sementes possibilitou avaliar o desenvolvimento dos tecidos de reserva e do embrião. Em sementes imaturas do primeiro e do segundo mês, o endosperma se apresentou aquoso e não foram observados os embriões no interior das sementes (Fig. 3C e 3G). Mas, quando as sementes estavam com três meses de idade, o endosperma passou a celularizar-se centripetamente, formando um tecido de aspecto mucilaginoso translúcido, justaposto ao tegumento e mantendo-se mais internamente aquoso (Fig. 3L e 3O). Nesse momento, o embrião globoso e translúcido foi observado localizado na região proximal da semente junto à micrópila, no interior do tecido de reserva que apresentava aspecto mucilaginoso (Fig. 1I e 3L).



Fig. 1. Frutos e sementes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) ao longo da maturação (meses). A-C. Frutos e sementes com um mês após a antese floral. A. Fruto. B. Secção longitudinal do fruto. C. Semente, secção longitudinal e detalhe. D-F. Frutos e sementes com dois meses. D. Fruto. E. Secção longitudinal do fruto. F. Semente, secção longitudinal e detalhe. G-I. Frutos e sementes com três meses. G. Fruto. H. Secção longitudinal do fruto. I. Semente, secção longitudinal e detalhes da região proximal com o embrião globoso e da região distal. J-L. Frutos e sementes com quatro meses. J. Fruto. K. Secção longitudinal do fruto. L. Semente e secção longitudinal. M-O. Frutos e semente com cinco meses. M. Fruto. N. Secção longitudinal do fruto. O. Semente.

Fig. 1. Fruits and seeds of sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) along of maturation (months). A-C. Fruits and seeds one month after floral anthesis. A. Fruit. B. Longitudinal section of fruit. C. Seed, longitudinal section and detail. D-F. Fruits and seeds two months old. D. Fruit. E. Longitudinal section of the fruit. F. Seed, longitudinal section and detail. G-I. Fruits and seeds three months old. G. Fruit. H. Longitudinal section of the fruit. I. Seed, longitudinal section and details of proximal region with globose embryo and from distal region. J-L. Fruits and seeds four months old. J. Fruit. K. Longitudinal section of the fruit. L. Seed and longitudinal section. M-O. Fruits and seeds five months old. M. Fruit. N. Longitudinal section of the fruit. O. Seed.

No quarto mês, o embrião ocupou todo o espaço no interior do endosperma, se tornou elipsóide de coloração alva. Ao quinto mês, não foram verificadas alterações morfológicas nos

embriões, os quais apresentaram semelhança com aqueles observados no quarto mês (Fig. 1L, 3Q, 3R, 3T e 3U).

O teor de água das sementes de sapucaia

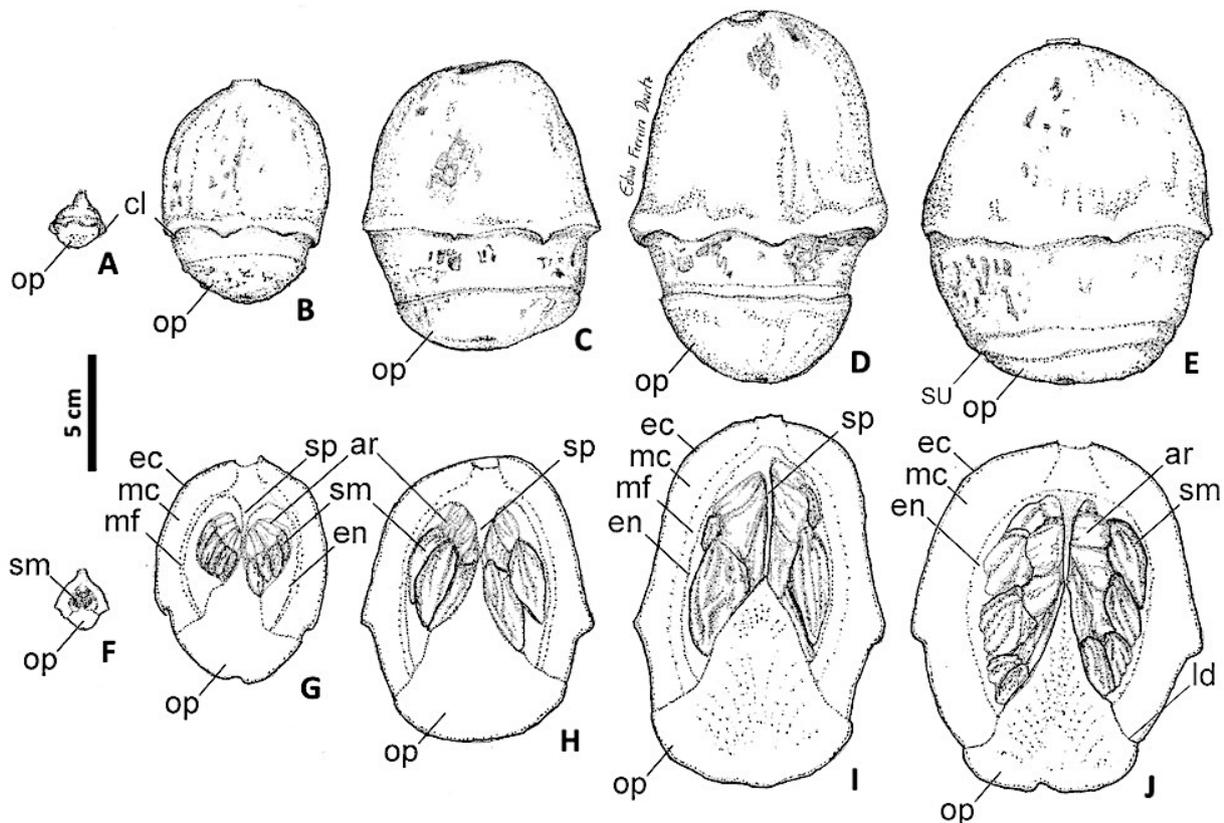


Fig. 2. Morfologia de frutos de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. – Lecythidaceae), ao longo da maturação (meses). A. Fruto com um mês de idade após a antese floral. B. Fruto com dois meses. C. Fruto com três meses. D. Fruto com quatro meses. E. Fruto com cinco meses. F. Secção longitudinal mediana do fruto com um mês. G. Secção longitudinal mediana do fruto com dois meses. H. Secção longitudinal mediana do fruto com três meses. I. Secção longitudinal mediana do fruto com quatro meses. J. Secção longitudinal mediana do fruto com cinco meses. ar: arilo; cl: calicina; ec: epicarpo; en: endocarpo; ld: linha de deiscência; mc: mesocarpo; mf: mesocarpo fibroso; op: opérculo; sm: semente; sp: septo; su: sulco.

Fig. 2. Morphology of sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. – Lecythidaceae) fruits along of maturation (months). A. Fruit one month after floral anthesis. B. Two months old fruit. C. Three months old fruit. D. Four months old fruit. E. Five months old fruit. F. Longitudinal section of the fruit with a month. G. Longitudinal section of the fruit with two months. H. Longitudinal section of the fruit with three months. I. Longitudinal section of the fruit with four months. J. Longitudinal section of the fruit with five months. ar: aril; cl: calyx; ec: epicarp; en: endocarp; ld: dehiscence line; mc: mesocarp; mf: fibrous mesocarp; op: operculum; sm: seed; sp: septum; su: groove.

variou de 86% a 60%, sendo a maior média observada em sementes com três meses de idade e a menor em sementes com cinco meses (Fig. 4D). No quinto mês o teor de água ainda estava elevado (60,3%), sinalizando que as sementes podem ser dispersas com teores de água elevados.

O crescimento das sementes apresentou desempenho semelhante ao dos frutos, com maiores médias observadas em sementes também com quatro meses de idade (47 x 45 x 22 mm de comprimento, largura e espessura, respectivamente) (Fig. 4B), ocorrendo redução no quinto mês, como resultado da dessecação das sementes (Fig. 4D).

A massa fresca dos frutos de sapucaia apresentou incrementos mais evidentes entre o segundo e quarto mês da maturação, possibilitando a obtenção de frutos com massa fresca média maior que 1.900 g após quatro e cinco meses de idade. A equação ajustada para a massa dos frutos demonstrou que essa variável apresenta ajuste ao modelo logístico, e que os incrementos observados ao longo da maturação foram significativos ($p < 0,05$) (Fig. 4C). Os demais ajustes de equações serão discutidos mais adiante. E os frutos de sapucaia produziram 22 ± 11 sementes, nos quais a variação da massa fresca das sementes sem arilo foi expressa em porcentagem e verificou-se que ao longo da

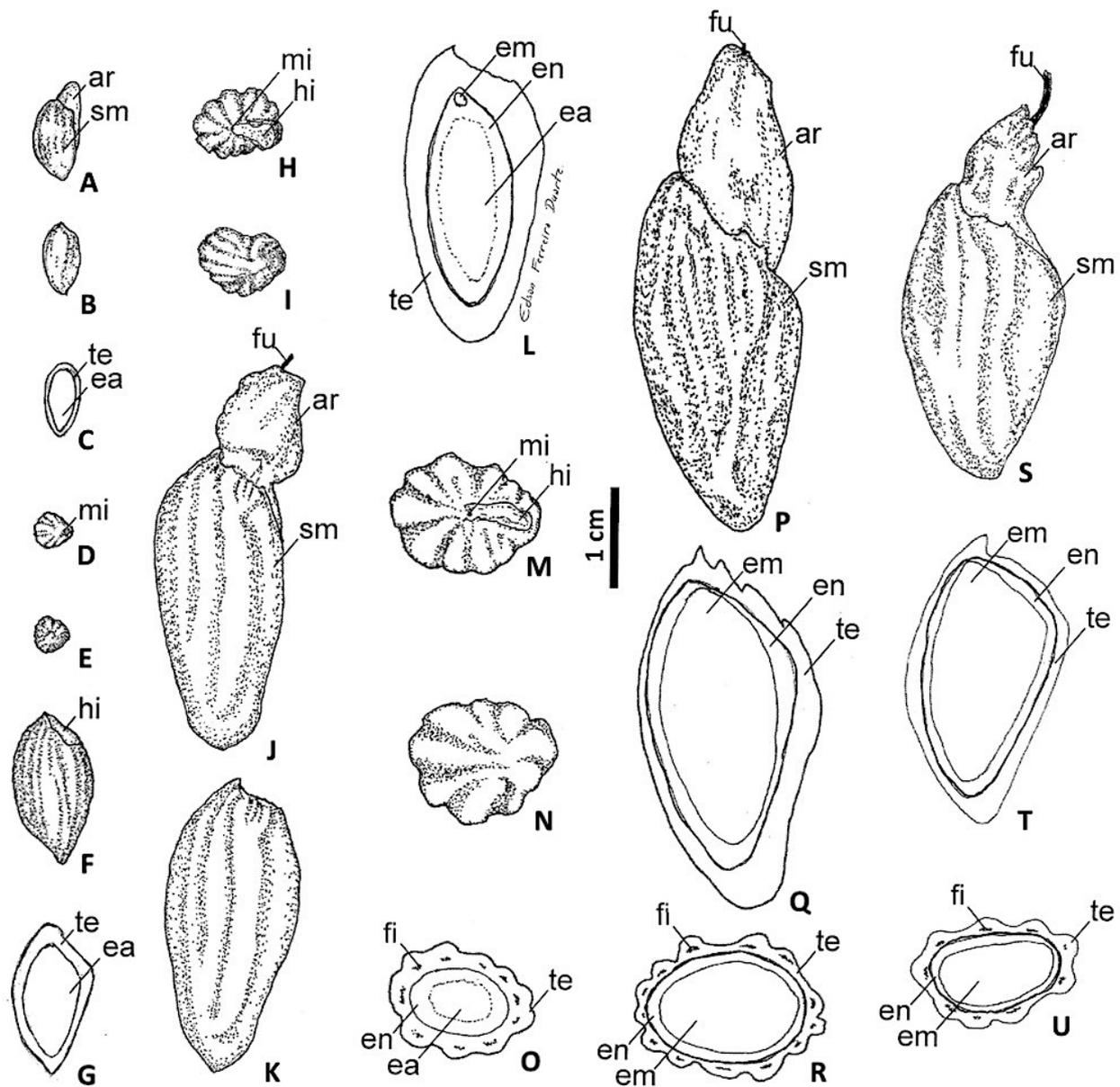


Fig. 3. Morfologia de sementes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. – Lecythidaceae), ao longo da maturação (meses). A-E. Um mês de idade após a antese. A. Vista lateral da semente com arilo. B. Vista lateral da semente sem o arilo. C. Secção longitudinal mediana. D. Vista da região proximal. E. Vista da região distal. F-I. Sementes com dois meses. F. Vista lateral. G. Secção longitudinal mediana. H. Vista da região proximal. I. Vista da região distal. J-O. Sementes com três meses. J. Vista lateral da semente com arilo. K. Vista lateral. L. Secção longitudinal mediana. M. Vista da região proximal. N. Vista da região distal. O. Secção transversal mediana. P-R. Sementes com quatro meses. P. Vista lateral da semente com arilo. Q. Secção longitudinal mediana. R. Secção transversal mediana. S-U. Sementes com cinco meses. S. Vista lateral. T. Secção longitudinal mediana. U. Secção transversal mediana. ar: arilo; ea: endosperma aquoso; en: endosperma; em: embrião; fi: fibras; fu: funículo; hi: hilo; mi: micrópila; te: tegumento; sm: semente.

Fig. 3. Morphology of sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. – Lecythidaceae) seeds along of maturation (months). A-E. Seeds one month after anthesis. A. Side view of seed with aril. B. Side view of seed without aril. C. Longitudinal section. D. Proximal view. E. Distal view. F-I. Two months old seeds. F. Side view. G. Longitudinal section. H. Proximal view. I. Distal view. J-O. Three months old seeds. J. Side view of seed with aril. K. Side view. L. Longitudinal section. M. Proximal view. N. Distal view. O. Transversal section. P-R. Four months old seeds. P. Side view of seed with aril. Q. Longitudinal section. R. Transversal section. S-U. Five months old seeds. S. Side view of seed with aril. T. Longitudinal section. U. Transversal section. ar: aril; ea: wet endosperm; en: endosperm; em: embryo; fi: fibers; fu: funicle; hi: hilum; mi: micropyle; te: integument; sm: seed.

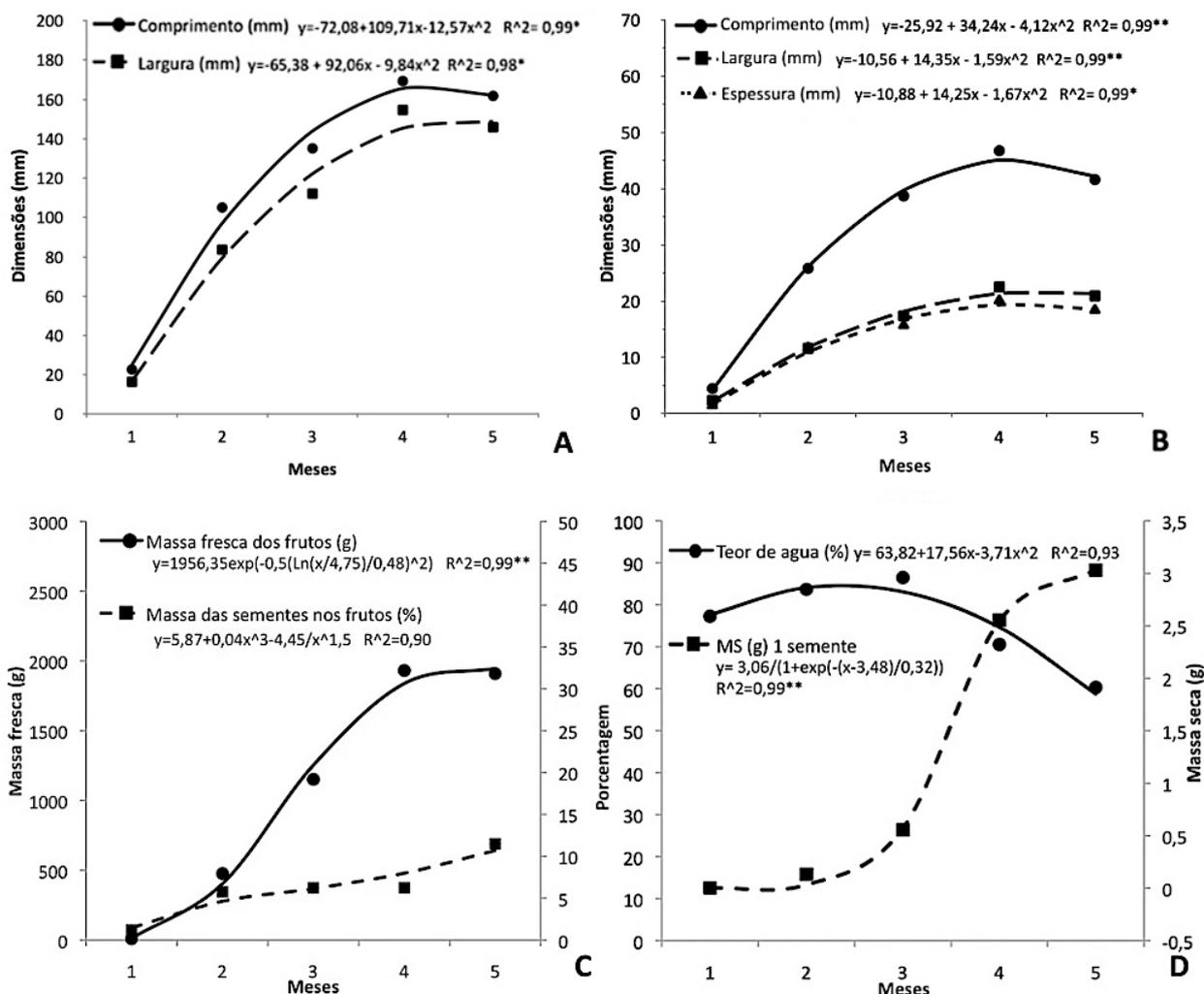


Fig. 4. Dimensões de frutos e sementes, massa fresca dos frutos, proporção da massa das sementes nos frutos, teor de água e massa seca de sementes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) ao longo da maturação (meses). A. Dimensões de frutos (mm). B. Dimensões de sementes (mm). C. Massa fresca dos frutos (g) e porcentagem da massa das sementes nos frutos. D. Teor de água (%) e massa seca de uma semente (MS (g)). Coeficientes de determinação (R^2) seguidos por * e **, indicam resultados significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Fig. 4. Fruits and seeds dimensions, fruits fresh mass, proportion of seed mass in the fruits, water content and dry mass of sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) seeds along of maturation (months). A. Fruit dimensions (mm). B. Seed dimensions (mm). C. Fruit fresh mass (g) and percentage of seeds mass in the fruits. D. Water content (%) and dry mass of a seed (MS (g)). Determination Coefficient (R^2) followed by * e **, indicates significant results at 5% and 1% of probability by the F test.

maturação, a massa das sementes representou entre 1,5% e 11% da massa dos frutos (Fig. 4C).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS RESERVAS NAS SEMENTES

Os constituintes minerais (N e K) estudados nas sementes de sapucaia tenderam a reduzir ao final do processo de maturação (Tab. 1), assim como o teor de CH Solúveis totais, que inclui os açúcares redutores e os não redu-

tores. Também foi observada a redução nos teores de Proteínas totais de 30,6% para 24,1% do quarto para o quinto mês no presente estudo.

Os teores de lipídeos aumentaram suas concentrações ao final dos cinco meses de maturação nas sementes de sapucaia (Tab. 1), ficando evidente que a maior proporção das reservas ao final do processo, passou a ser constituída por lipídeos (41,5%) seguido por

Tab. 1. Composição química das reservas das sementes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) ao final da maturação (4 e 5 meses).

Tab. 1. Chemical composition of sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) seed reserves at the end of maturation (4 and 5 months).

| Variáveis (% da MS) * | | 4 meses | 5 meses |
|------------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Minerais | Nitrogênio (N) | 4,9 ± 0,2 | 3,8 ± 0,4 |
| | Fósforo (P) | 0,6 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1 |
| | Potássio (K) | 10,5 ± 0,5 | 5,3 ± 1,1 |
| Carboidratos (CH) | CH solúveis totais | 19,8 ± 0,1 | 16,4 ± 0,1 |
| | CH redutores | 2,4 ± 0,2 | 1,1 ± 0,1 |
| | Amido | 4,1 ± 0,4 | 4,3 ± 0,1 |
| Aminoácidos | | 3,3 ± 0,6 | 3,5 ± 0,2 |
| Proteínas | | 30,6 ± 1,4 | 24,1 ± 2,8 |
| Lipídeos | | 24,7 ± 7,5 | 41,5 ± 3,5 |

* Médias ± Erro Padrão.

proteínas (24,1%) e depois por amido (4,3%), o que possibilita classificar as sementes de sapucaia como oleaginosas.

GERMINAÇÃO, EMERGÊNCIA, DORMÊNCIA E MORTALIDADE DE SEMENTES

O teste de germinação e de emergência foi realizado em sementes com idades a partir dos três meses, pois, a análise morfológica prévia revelou que o os tecidos de reserva e o embrião não estava desenvolvidos, sendo que embrião não foi observado antes desse momento (Fig. 1C, 1F, 2C, 2G, 3C e 3G).

Sementes com três meses de idade, não demonstraram capacidade de germinação e de emergência, pois, o embrião estava imaturo (Fig. 3L), levando a completa mortalidade (100%) dessas sementes (Fig. 5A e 5B). Mas sabe-se que em sementes com embrião imaturo o processo de maturação pode continuar após a dispersão, pois há necessidade de certo tempo para que a maturidade seja alcançada, o que resulta em uma germinação lenta e irregular que apareceu no presente estudo pelo longo tempo de emergência de plântulas (49-126 dias) e pela diferença entre a protrusão da raiz primária e formação das plântulas normais (emergência).

Ao final dos 180 dias, quando foi finalizado o teste de emergência, verificou-se a protrusão de raízes em sementes do quarto e quinto meses de idade (6,7% e 9,0%, respectivamente), sendo consideradas como sementes germinadas (Fig. 5A). Porém, não ocorreu a emissão da parte aérea, demonstrando retardo no pro-

cesso germinativo. Considerou-se o retardo na emergência como consequência da dormência embrionária, que resultou na ocorrência de 9,0% de dormência em sementes aos cinco meses (Fig. 5B).

O processo de germinação das sementes e emergência de plântulas de sapucaia é do tipo bipolar (Fig. 5A), de acordo com critérios descritos por Ferraz & Calvi (2011) e ocorreu de maneira lenta e irregular. Iniciou-se após 49 dias e tendeu a se estabilizar após 126 dias, razão pela qual foi feita a condução por 180 dias do teste de emergência. Ocorreu a emergência e a formação de plântulas normais em 31,6% das sementes com quatro meses de idade, e de até 67,0 ± 15,3% em sementes com cinco meses (Fig. 5A).

Os resultados indicaram que a maturidade fisiológica ocorreu aos cinco meses. Em sementes com essa idade verificou-se o maior acúmulo de massa seca, maior capacidade emergência e maior vigor, o qual foi associado, a menor mortalidade das sementes (Fig. 4D, 5A e 5B).

DISCUSSÃO

Os frutos das Lecythidaceae apresentam variações morfológicas entre e dentro dos indivíduos, esse conhecimento ajuda a compreender que frutos com idades semelhantes podem apresentar alguma variação. Enquanto que a descrição do desenvolvimento é importante para determinar as características dos frutos (Mori & Prance, 1987). Os autores citados propuse-

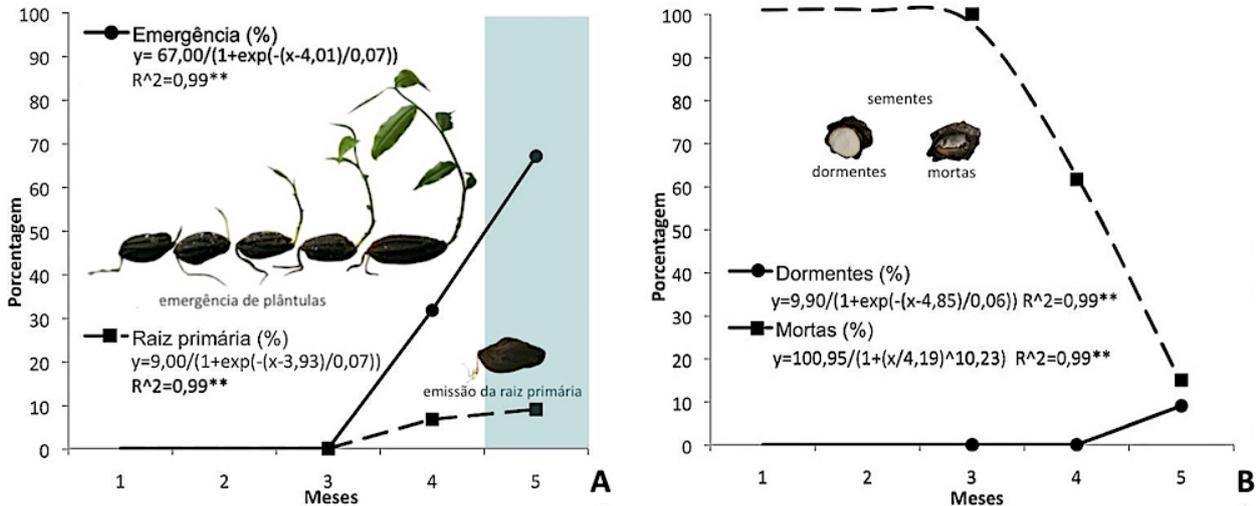


Fig. 5. Emergência de plântulas e protrusão de raiz primária (A). Dormência e mortalidade (B) em sementes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) ao longo da maturação (meses) com imagens dos critérios de avaliação. Coeficientes de determinação (R^2) seguidos por **, indicam resultados significativos a 1% de probabilidade pelo Teste F. A área sombreada indica a maturidade fisiológica.

Fig. 5. Seedlings emergence and primary root protrusion (A). Dormancy and mortality (B) of sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae) seeds along of maturation (months) with images of the evaluation criteria. Determination Coefficient (R^2) followed by ** indicates significant results at 1% of probability by the F test. The shaded area indicates physiological maturity.

ram uma nomenclatura para as estruturas morfológicas nos frutos; em que a porção proximal exibiu uma cicatriz peduncular, sendo delimitada até o início da porção expandida (mediana) por uma zona infracálcina que apresenta cicatrizes de pétalas, alternadas por um anel de sépalas persistentes (calicina) e pela zona supracálcina (mais distal) que é dividida pela linha de deiscência do opérculo, o qual marca o fim da porção distal. Em de sapucaia com até um mês de idade, as regiões descritas não são claramente perceptíveis, ficando evidente que a terminologia pode ser aplicada à descrição dos frutos de sapucaia após o 2º mês de idade (Fig. 2B). E no quinto mês ocorreu o espessamento dessa região nos frutos analisados (Fig. 2E).

A presença de fibras nas costelas do tegumento das sementes de sapucaia, foi observada por Tsou & Mori (2002) em outras espécies de *Lecythis*, em que as fibras se dispõem externamente aos feixes vasculares e podem apresentar até 1 mm de diâmetro. Saber que as fibras estão agrupadas nas regiões das costelas do tegumento e que estão associadas aos feixes vasculares, demonstra que a venação nas sementes de sapucaia é do tipo paquichalazal. E a formação de feixes vasculares ramificados no tegumento das sementes é a sinalização da presença de um caráter ancestral, uma vez que sementes de grupos mais derivados tem vascularização mais simples (Beltrati & Paoli, 2006).

O mesmo tipo de venação foi observado em sementes de *L. lurida* e ajudou a formar o padrão reticulado na superfície do tegumento (Duarte et al., 2020), mas em sapucaia os grupos de feixes fibro-vasculares contribuíram para a formação das costelas visíveis no tegumento. A determinação da vascularização e outras especializações tegumentares são importantes para compreender os locais prioritários de entrada de água nas sementes no momento da reidratação, quando as sementes estão secas e são colocadas para germinar, o que foi demonstrado para espécies de *Senna* spp. (Rodrigues-Júnior et al. 2019; Rodrigues-Júnior et al. 2021) e também pode ser usado na identificação taxonômica (Sliwiska & Bewley, 2016).

Não houve diferenciação dos cotilédones no embrião, nem da plúmula e/ou do eixo hipocótilo-radical, o que permitiu classificar o embrião como conferruminado, o que já foi descrito para o gênero *Lecythis* (Barroso et al., 1999). Esse também foi o tipo de embrião também observado em *L. lurida* (Duarte et al., 2020). A presença deste tipo de embrião pode estar associada à germinação bipolar, observada no presente estudo e também por Ferraz et al. (2019) em outras nove espécies de Lecythidaceae (*Lecythis* e *Eschweileia*). Mas, o rápido crescimento do embrião de sapucaia do terceiro para o quarto mês (Fig. 2I, 2L, 3L e 3Q) e das sementes que atingiram até 46,7 mm de comprimento até o quarto mês (Fig. 4B), pode estar

associado ao acúmulo de substâncias osmoticamente ativas (K, CH solúveis totais, aminoácidos, tais como a prolina, a glicina, o glutamato e a glutamina que tem reconhecidas propriedades osmoprotetoras). Foram determinadas substâncias osmoticamente ativas nas reservas das sementes de sapucaia no quarto mês (Tab. 1) as quais devem ter contribuído, para manutenção do teor de água nas sementes acima de 70% no mesmo momento (Fig. 4D).

Sabe-se que sementes recalcitrantes atingem a maturidade fisiológica contendo mais que 50% de água e que são dispersas com elevados teores de água, mas perdem a viabilidade caso sejam secas até níveis críticos (Marcos-Filho, 2015; Peske et al., 2006). Contudo, as sementes de sapucaia atingiram a maturidade fisiológica com teores de água acima de 60%, mas foram classificadas como ortodoxas por tolerarem a dessecação até 6,3% de umidade e o armazenamento sob temperatura de -18°C por 90 dias (Lima JR. et al., 2014). Mas a habilidade de tolerar a dessecação e o armazenamento em baixas temperaturas desenvolve-se nas sementes durante a maturação e depende das condições em que as sementes foram formadas, conforme foi demonstrado para *I. vera* subsp. *affinis* (Lamarca & Barbedo, 2021) que também atinge a maturidade fisiológica com elevados teores de água e que podem apresentar variação na capacidade de dessecação, de acordo com as condições ambientais em que as sementes se formam (Lamarca & Barbedo, 2015).

As reduções nas dimensões dos frutos e das sementes ao final da maturação ocorreram devido à dessecação e possibilitaram o ajustes de equações polinomiais de segundo grau, com coeficientes de determinação (R^2) maiores ou igual a 0,98, o que demonstrou alta representatividade das equações. Em geral, espera-se que o crescimento de sementes se ajustem à modelos matemáticos que representem curvas sigmóides (Labouriau, 1983; Carvalho & Nakagawa, 2012). Mas no presente trabalho o crescimento dos frutos e das sementes foi melhor representado por modelos polinomiais, assim como já havia sido observado para *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e para *L. lurida* (Duarte et al., 2016; Duarte et al., 2020). Os modelos matemáticos em estudos morfométricos durante a maturação de frutos e sementes são importantes em espécies que não apresentam variações facilmente perceptíveis na cor ou outros atributos externos dos frutos, devido ao potencial de usá-los em condições em que não se conheça a idade desses órgãos. Nessa situação, pode-se usar os modelos matemáticos para estimar a idade e planejar a colheita no momento mais adequado.

As variações descritas pelas equações ajustadas foram significativas para o compri-

mento, largura dos frutos ($p < 0,005$) e para a espessura das sementes ($p < 0,01$) na análise de regressão, demonstrando que as mudanças nas dimensões ao longo do tempo são relevantes e que as variáveis analisadas podem ser usadas para avaliação da maturação dos frutos e sementes de sapucaia.

A porcentagem que massa fresca das sementes sem arilo representou nos frutos de sapucaia apresentou pequenos incrementos ao longo de 5 meses (1,5 a 10,7%). Mas não foram significativas ($p > 0,05$), assim como as variações no teor de água das sementes (Fig. 4C e 4D). Demonstrando que a massa fresca das sementes apresenta certa estabilidade em relação à massa dos frutos e também que ocorreu pouca variação no teor de água ao longo da maturação.

O acúmulo de massa seca nas sementes foi representado por um modelo logístico, o qual demonstrou incrementos significativos ($p < 0,01$) até o quinto mês (3,0 g) (Fig. 4D). Os maiores incrementos ocorreram entre o terceiro e quarto meses, tendendo à estabilidade no quinto mês, o que sinalizou que a maturidade de massa havia sido alcançada.

O afrouxamento das sementes no interior dos frutos aos cinco meses, foi devido a redução nas dimensões das sementes foi promovido pela dessecação (Fig. 3A-3U e 4B). Aos seis meses, quando foram feitas novas visitas às matrizes para a colheita de novos frutos, os opérculos dos frutos que estavam nas matrizes haviam se desprendido e as sementes tinham sido dispersas, demonstrando que a dessecação das sementes nos meses anteriores (4 e 5 meses) também estava sinalizando o final do processo de maturação.

A presença de opérculos funcionais nos frutos de Lecythidaceae foram descritas em sapucaia (*L. pisonis*), em *Cariniana estrellensis* Kuntze, *Cariniana legalis* Kuntze, *Cariniana rubra* Gardner ex Miers, *Couratari asterotricha* Prance, *Couratari stellata* A. C. Smith, *Escheweileira coriacea* (DC.) S. A. Mori, *Escheweileira ovata* Miers, *Holopxidium latifolium* R. Knuth., *Lecythis chartacea* O. Berg, *Lecythis lanceolata* Poir. (Lorenzi, 2002A; Lorenzi, 2002B; Cruz & Carvalho, 2003). No presente estudo verificou-se que o preparo para a liberação do opérculo iniciou-se um mês antes (quinto mês), percebido no presente estudo pela formação da linha de deiscência, sendo esse aspecto não relatado pelos autores citados. Do ponto de vista prático, verificou-se que os frutos colhidos após o início da formação da linha de deiscência completaram a abertura do opérculo após colhidos e mantidos em condições de repouso à sombra, em ambiente arejado.

O rendimento de colheita de sementes aumentou com o avanço da maturação, alcançando cerca de 11% da massa dos frutos, aos cinco meses. Essa informação deve ser usada para a estimar a produção de sementes a partir de certa massa de frutos colhidos e uma vez que a comercialização de sementes florestais é feita com base na massa. O rendimento de colheita de sementes florestais pode também ser expresso pela quantidade de frutos necessários para se obter um quilograma de sementes (Figliolia & Piña-Rodrigues, 1995). Sendo estimado no presente trabalho a necessidade de 4,6 frutos de sapucaia, com cinco meses de idade, para a obtenção de cada quilograma de sementes beneficiadas (sementes sem o arilo).

Quanto à composição química das reservas das sementes de sapucaia, o teor de proteínas foi relativamente alto ao final da maturação (24,1% da MS), quando comparado com a espécie simpátrica *L. lurida* que apresentou cerca de 11% ao final da maturação (Duarte et al., 2020).

Mas o acúmulo de lipídeos como principal tipo reserva nas sementes de sapucaia pode se refletir no potencial de longevidade natural das sementes. Sabe-se que lipídeos são mais suscetíveis à deterioração pela rancificação natural (Carvalho & Nakagawa, 2012; Baudet & Villela, 2006) e que este processo está associado ao aumento do processo de respiração celular. Mas a rancificação pode produzir espécies reativas de oxigênio (EROs) com capacidade de remover a hidroxila (HO-) de cadeias lipídicas próximas, levando à formação de lipídeo hidroperóxido em uma reação em cadeia que leva à deterioração de sementes oleaginosas, mesmo quando secas (Barbedo et al., 2018). As sementes de *Bertholletia excelsa* Bonpl. também são ricas em óleos (Balbi et al., 2014), enquanto *L. lurida* que passou a acumular principalmente amido (Duarte et al., 2020). A reserva amilácea, em tese poderia conferir maior potencial de armazenagem para a última espécie quando comparada com *L. pisonis* (oleaginosa) se este fosse o único aspecto envolvido na longevidade natural das sementes, pois há outros a serem considerados.

A perda de água nas sementes de sapucaia do quarto mês (70,5%) para o quinto mês (60,3%) não refletiu em perda de massa fresca das sementes nos frutos (Fig. 4C e 4D) pois deve ter sido compensada pelo acúmulo de lipídeos de 24,7% para 41,5% da MS (Tab. 1). A síntese de lipídeos e de amido no mesmo período devem ter sido as causas da redução de CH solúveis totais (de 19,8% para 16,4% da MS) e principalmente dos açúcares redutores que passaram a representarem apenas 1,1% da MS das sementes de sapucaia aos cinco meses de idade.

É possível que as sementes de sapucaia tenham desenvolvido tolerância à dessecação, pois os conteúdos de substâncias osmoticamente ativas no quinto mês foram relativamente elevados (5,3% de K + 16,4% de CH Solúveis totais + 3,5% de Aminoácidos = 25,2%) (Tab. 1). E apesar desses elementos apresentarem-se próximos aos observados ao longo da maturação de *L. lurida*, a dessecação em sementes de sapucaia não promoveu aumento da mortalidade (Fig. 4D e 5B).

A tolerância à dessecação tem sido associada à expressão de proteínas de resistência denominadas *Late Embriogenesis Abundant* (LEAs), as quais são consideradas importantes para conferir proteção em nível sub-celular para a dessecação e às temperaturas (baixas e altas), bem como o acúmulo de aminoácidos e de açúcares não redutores que também protegem as sementes dos efeitos danosos da seca (Hong et al., 2000; Silva et al., 2018). E considerando os 24,1% de proteína ao final da maturação é possível que as proteínas LEAs, que os CH solúveis (16,4% de CH solúveis totais - 1,1% de açúcares redutores = 15,3% de CH solúveis não redutores) e os aminoácidos (3,5% da MS) estejam atuando para a osmoproteção das membranas celulares e conferindo tolerância à dessecação nas sementes de sapucaia. Mas será necessário uma análise específica para determinar o perfil protéico, dos carboidratos e dos aminoácidos nas sementes para termos uma melhor compreensão da proteção contra a dessecação na espécie ora estudada.

A germinação resulta da retomada do crescimento do embrião (Marcos Filho, 2015), mas a análise morfológica das sementes não germinadas de sapucaia demonstraram que não ocorreu o desenvolvimento embrionário pós-dispersão, o que sinalizou a presença de dormência morfológica no embrião. Mas sabe-se que o desenvolvimento embrionário pode se completar após a liberação dos frutos e/ou sementes da planta-mãe (Borghetti, 2004) e quando isso ocorreu na espécie estudada houve protrusão de raiz primária e emergência de plântulas, resultando em uma germinação lenta.

A emergência de plântulas observada no presente estudo (66%), está de acordo com o relatado por Lorenzi (2002a) que informou que as taxas de germinação de sapucaia são moderadas. O processo de germinação ao longo da maturação em sementes de sapucaia, se ajustou a um modelo logístico e demonstrou que as variações ocorridas foram significativas ($p < 0,01$), indicando que a colheita de sementes imaturas, poderá reduzir a capacidade de emergência e de formação de plântulas normais.

A germinação lenta já foi relatada em várias espécies de diversas famílias botânicas e desperta interesse por seus desdobramentos ecológicos e econômicos (Baskin & Baskin, 2014). Em Lecythydaceae a germinação lenta e irregular foi observada em outras espécies (Tsou & Mori, 2002), também em *L. lurida* que variou de 60 até mais de 365 dias (Duarte et al., 2020), mas para as sementes *C. stellata* a germinação ocorreu entre 20 e 65 dias, mas apesar de mais breve, também foi considerada como uma germinação relativamente lenta e desuniforme (Cruz & Carvalho, 2003). Esse um aspecto que deverá ser melhor avaliado em futuros estudos ecológicos de sapucaia.

O tempo de germinação impactou na formação de plântulas normais em sapucaia e também em outras Lecythydaceae. Para *Lecythis barneby* S. A. Mori, a formação de plântulas ocorreu entre 98 e 224 dias, já em *Lecythis prancei* S.A. Mori esse período variou de 161 a 420 dias (Ferraz & Calvi, 2011), demonstrando a desuniformidade na germinação e no desenvolvimento pós-seminal. Em sapucaia a dilatação do período de germinação pode estar associada ao acúmulo de massa nas sementes, pois as sementes com cinco meses se mostraram relativamente pesadas ($7,6 \pm 1,1$ g), corroborando com informações de Norden et al. (2009). Esses autores verificaram a relação positiva da massa das sementes com o tempo médio de germinação ao analisarem resultados de estudos com 1.031 espécies arbóreas tropicais.

A germinação de sementes e a emergências de plântulas de sapucaia estendeu-se pelo período entre 49 e 126 dias. Mas em testes de germinação em que a contagem final ocorre após 90 dias, esse tempo tem sido considerado como um dos critérios de classificação de dormência (Carvalho et al., 2018). A dormência é um processo que impede ou limita a germinação, pode tornar o processo lento e/ou irregular. Mas as causas da desuniformidade na germinação podem ser o desenvolvimento morfológico do embrião que é associado aos efeitos maternos ou do próprio zigoto e também da variação nas concentrações de ácido abscísico. Assim, sementes que tem embrião imaturo podem apresentar variação na germinação e no grau da dormência (Penfield & MacGregor, 2017).

A presença de dormência nas sementes de sapucaia que já era esperada. Mas Vieira & Fernandes (1997) relacionaram a dormência em sementes de sapucaia ao arilo, o que não foi avaliado no presente trabalho. Mas é possível que a ocorrência de mais de um mecanismo de dormência em sementes, conforme relatou Marcos-Filho (2015), pois os embriões de sapucaia

são indiferenciados e classificados como conferminados. Em sementes de *L. lurida* as causas da dormência foram atribuídas ao embrião conferminado e à resistência tegumentar (Duarte et al., 2020). No presente trabalho também foi possível verificar que o embrião indiferenciado, mas não foi verificada resistência mecânica do tegumento que limitasse a germinação. Este aspecto fica evidente pela diferença de emergência de plântulas normais em sapucaia (67%) em comparação com *L. lurida* (15%) do estudo previamente citado.

Sabendo-se da presença e do tipo de dormência em sementes de sapucaia, recomenda-se a avaliação de métodos de superação de dormência, os quais poderão auxiliar na redução do tempo emergência e na uniformização da produção de mudas em viveiros. E apesar da dormência impedir e/ou atrasar a germinação sob condições adversas (Fenner, 1993; Bradbeer, 1994; Peske et al., 2006) ela leva à produção desuniforme de mudas, o que em um cenário de alta demanda de mudas previsto para no Planaveg (Brasil, 2017) e para a Década da Restauração instituída pela ONU (WRI Brasil, 2021) deve ser considerado um fator limitante pelos viveiristas e aos Projetos de Restauração Florestal. Além da dormência e da desuniformidade de mudas, outro aspecto limitador pode ser o curto potencial de longevidade natural das sementes de sapucaia, causado pelas reservas oleaginosas.

O processo de deterioração de sementes é bastante conhecido e também limita a germinação e o vigor (Marcos-Filho, 2015). No presente trabalho, as sementes que não estavam dormentes e não germinaram estavam mortas como resultado da deterioração. Mas com base em todas as informações morfológicas, morfométricas, da massa acumulada que foram apresentadas no presente trabalho e dos resultados de germinação e de deterioração (que reduz o vigor) foi possível detectar a maturidade fisiológica das sementes aos 5 meses. Os critérios de maturidade estão em concordância com os descritos por Peske et al. (2006). Ressalta-se que nesse momento, os frutos e as sementes de sapucaia reduziram suas dimensões e o tegumento se consolidou, tornando-se marrom brilhante. A alteração na forma dos frutos e na coloração do tegumento das sementes, também possibilitaram a determinação de indicadores visuais de maturidade nos frutos e sementes de sapucaia.

Mas sabe-se que a presença do opérculo funcional que é liberado, expõe as sementes ariladas possibilita que elas sejam dispersas principalmente por morcegos (Tsou & Mori, 2002). Assim o atraso na colheita poderá promover redução no rendimento de colheita, pela obtenção de um menor número de sementes.

Talvez por essa razão, Reis (2004) recomendou a colheita de frutos de sapucaia apresentando rachaduras ou iniciando a abertura, mas essa condição é atingida em um momento posterior ao indicado no presente estudo. A colheita de sementes baseada apenas em conhecimentos empíricos consiste em uma prática comum, porém o desenvolvimento de estudos semelhantes ao que foi aqui apresentado, são importantes para a determinação de indicadores baseados na máxima qualidade fisiológica e no máximo vigor de sementes conforme ressaltaram Piña-Rodrigues et al. (2007b).

A avaliação morfológica dos frutos e sementes em conjunto com as variáveis físico-fisiológicas é essencial para a determinação do momento de colheita em sementes florestais, pois, falhas na germinação podem estar associadas ao desenvolvimento morfológico embrionário como também foi demonstrado no presente estudo.

Na maturidade fisiológica de sementes de sapucaia, a colheita deverá proporcionar o maior rendimento. Porém a composição das reservas ricas em lipídeos e o elevado teor de água devem ser considerados, por exigirem a secagem prévia e condições adequadas de armazenamento, uma vez que esse tipo de reserva pode reduzir o potencial conservação e de longevidade natural. Enquanto a dormência pode afetar o potencial de uso das sementes pela formação de mudas desuniformes em programas de restauração florestal.

CONCLUSÕES

As sementes de sapucaia podem ser classificadas como oleaginosas por apresentarem a maior proporção de suas reservas compostas por lipídeos ao final da maturação.

O elevado teor de água nas sementes de sapucaia no momento da maturidade fisiológica (mais de 60%), sinaliza a necessidade de secagem e cuidados pós-colheita, contudo as sementes apresentam dormência causada pelo embrião indiferenciado morfológicamente.

A maturidade morfológica dos frutos e sementes ocorre aos quatro meses após a antese floral, sendo identificada pelo máximo crescimento. Enquanto a maturidade fisiológica das sementes ocorre posteriormente sendo facilmente identificada pela coloração marrom-escuro predominante do tegumento, sendo este um aspecto chave para que a colheita seja feita diretamente na copa das árvores matrizes evitando perdas pela dispersão natural. Nessa condição, o rendimento de colheita de sementes deverá representar cerca de 11% da massa fresca dos frutos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB/ Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação – SECTI pelo suporte financeiro ao Projeto PPP022/2010. Também aos proprietários rurais do Recôncavo da Bahia que franquearam o acesso às áreas remanescentes de Mata Atlântica em suas propriedades.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, F. F. A., M. M. Pinto, A. R. Tavares & S. Kanashiro.** 2007. Maturação de frutos de *Caesalpinia echinata* Lam., Pau-Brasil. Rev. Árvore. 31(1): 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100001>
- Balbi, M. E., P. T. P. S. Penteado, G. Cardoso, M. G. Sobral & V. R. Souza.** 2014. Castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.): composição química e sua importância para saúde. Visão Acadêmica. 15(2): 51-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v15i2.38330>
- Baskin, C. C. & J. M. Baskin.** 2014. Seed: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, Academic Press.
- Barbedo, C. J., J. P. N. Silva, C. F. Françoise & J. J. D. Parisi.** 2018. Armazenamento de sementes. pp. 81-108. In: Barbedo, C. J. & N. A. Santos Junior. (Orgs.). Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira. São Paulo, Instituto de Botânica.
- Baudet, L. & F. A. Villela.** 2006. Armazenamento de sementes. pp. 427-472. In: Peske, S. T., O. A. Lucca Filho & A. C. S. A. Barros. (Eds.). Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas, Editora e Gráfica Universitária.
- Beltrati, C. M. & A. A. S. Paoli.** 2006. Semente. pp. 399-424. In: Appezzato-Da-Gloria, B. & S. M. Carmelo-Guerreiro. Anatomia Vegetal. Viçosa, Editora UFV.
- Barroso, G. M., M. P. Morim, A. L. Peixoto & C. L. F. Ichaso.** 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledônea. Viçosa, Editora UFV.

- Borges, I. F., C. J. Barbedo, A. A. Richter & R. C. L. Figueiredo-Ribeiro.** 2006. Variations in sugars and cyclitols during development and maturation of seeds of brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae). *Braz. J. Plant Phys.* 18(3): 475-482. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000400005>
- Borghetti, F.** 2004. Dormência embrionária. pp. 109-123. In: Ferreira, A. G. & F. Borghetti. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre, Artmed.
- Bradbeer, J. W.** 1994. *Seed dormancy and germination*. London, Blackie Academic & Professional.
- Brasil.** 1983. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto Radambrasil. Folha Sc. 24/25 Aracaju/Recife. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação E Uso Potencial Da Terra. Rio de Janeiro, IBGE.
- Brasil.** 2009a. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Glossário ilustrado de morfologia. Brasília, MAPA/ACS.
- Brasil.** 2009b. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, MAPA/ACS.
- Brasil.** 2017. Ministério do Meio Ambiente. Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília, MMA.
- Carvalho, N. M. & J. Nakagawa.** 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal, FUNEP.
- Carvalho, M. L., G. P. Calvi & I. D. K. Ferraz.** 2018. Análise de sementes. pp. 109-138. In: Barbedo, C. J. & N. A. Santos Junior. (Orgs.). *Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira*. São Paulo, Instituto de Botânica.
- Chenevard, D., J. S. Frossard & A. Lacoïnte.** 1994. Lipid utilization and carbohydrate partitioning during germination of English walnut (*Juglans regia*). *Ann. For. Sci.* 51(4): 373-379. DOI: <https://doi.org/10.1051/forest:19940403>
- Cruz, E. D. & J. E. U. Carvalho.** 2003. Biometria de frutos e germinação de sementes de *Couratari stellata* A. C. Smith (Lecythidaceae). *Acta Amaz.* 33(3): 381-388. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672003000300004>
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers & F. Smith.** 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28(3): 350-356. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Duarte, E. F., L. S. Funch, R. F. C. Moreira & J. Nakagawa.** 2016. Produção de sementes em espécies florestais. pp. 61-102. In: Duarte, E. F. (Org.). *Recursos e estratégias para a restauração florestal: ações para o Recôncavo da Bahia*. Cruz das Almas, EDUFRB.
- Duarte, E. F., D. S. Almeida, J. A. Santos, C. H. B. Santos, A. D. Azevedo Neto, C. R. P. Cruz & C. P. Peixoto.** 2020. Maturação de frutos e sementes de inhaíba (*Lecythis lurida* [Miers] S. A. Mori - Lecythidaceae). *Rev. Biol. Neotrop. / J. Neotrop. Biol.* 17(1): 15-34. DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v17i1.57700>
- Duarte, E. F.** 2022. Dados de Maturação de frutos e sementes de Sapucaia. figshare. Dataset. Disponível em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19775269.v1>. Acesso em: 16 mai. 2022.
- Fenner, M.** 1993. *Seed ecology*. London, Chapman & Hall.
- Ferraz, D. K., R. Artes, W. Mantovani & L. M. Magalhães.** 1999. Fenologia de árvores em um fragmento de mata em São Paulo, SP. *Rev. Bras. Biol.* 59(2): 305-317. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000200013>
- Ferraz, I. D. K. & G. P. Calvi.** 2011. Teste de germinação. pp. 1-25. In: Lima Junior, M. J. V. (Coord.). *Manual de procedimentos de análise de sementes florestais*. Londrina, ABRATES.
- Ferraz, I. D. K., J. L. C. Camargo, M. R. Mesquita, B. A. Santos, H. D. Brum & M. C. F. Albuquerque.** 2019. *Guide to Amazonian fruits, seeds & seedlings*. Manaus, INPA.
- Figliolia, M. B. & F. C. M. Piña-Rodrigues.** 1995. Manejo de sementes de espécies arbóreas. *IF Série Registros.* 15: 1-59.
- Fonseca, S. C. L. & H. B. Freire.** 2003. Sementes recalitrantes: problemas nas pós-colheita. *Bragantia.* 62(2): 297-303. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000200016>

- Forzza, R. C., J. F. A. Baumgratz, C. E. M. Bicudo, D. A. L. Canhos, A. A. Carvalho Jr., A. Costa, D. Costa, M. Hopkins, P. M. Leitman, L. G. Lohmann, E. N. Lughardha, L. C. Maia, G. Martinelli, M. Menezes, M. P. Morim, M. A. N. Coelho, A. L. Peixoto, J. R. Pirani, J. Prado, L. P. Queiroz, S. Souza, V. C. Souza, J. R. Stelmann, L. S. Sylvestre, B. M. T. Walter & D. Zappi.** 2010. Síntese da diversidade brasileira. pp. 2142. In: Forzza, R. C. et al. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. v. 1. Rio de Janeiro, Andrea Jakobson/Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Galvani, F. & E. Gaertner.** 2006. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. Corumbá, Embrapa Pantanal, 9 p. (Circular Técnica, 63).
- Hodge, J. E. & B. R. Hofreiter.** 1962. Determination of reducing sugar and carbohydrates. pp. 380-394. In: Wistler, R. L. & M. L. Wolfram. (Eds.). Methods in carbohydrates chemistry. New York, Academic Press.
- Hong, T. D., A. Gedebo & R. H. Ellis.** 2000. Acculation of sugars during the onset and development of desiccation tolerance in immatures seeds of Norway maple (*Acer platanoides* L.) stored moist. Seed Sci. Res. 10: 147-152. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258500000155>
- IAL.** Instituto Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos análise de alimentos. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz.
- Jalonen, R., M., M. Valette, D. Boshier, J. Duminil & E. Thomas.** 2017. Forest and landscape restoration severely constrained by a lack of attention to the quantity and quality of tree seed: insights from a global survey. Conserv. Letters. 11: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12424>
- Jandel Scientific.** 1991. Table curve: curve fitting software. Corte Madera, Jandel Scientific.
- Jones JR. J. B.** 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Boca Raton, CRC Press.
- Köppen, W.** 1948. Climatología: con un estudio de los climas de la tierra. México, DF, Fondo de Cultura Económica.
- Lamarca, E. V. & C. J. Barbedo.** 2015. Sensibilidade à dessecação de embriões de *Inga vera* Willd. formados sob diferentes condições ambientais. Rev. Árvore. 39(6): 1083-1092. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600011>
- Lamarca, E. V. & C. J. Barbedo.** 2021. Respiratory rates and freezing tolerance of embryos of *Inga vera* Willd. subsp. affinis (DC.) T.D. Penn. from different regions. J. Seed Sci. 43: e202143017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v43247247>
- Labouriau, L. G.** 1983. A germinação das sementes. Washington, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos.
- Lima JR., M., T. D. Hong, Y. M. B. C. Arruda, A. M. S. Mendes & R. H. Ellis.** 2014. Classification of seed storage behaviour of 67 Amazonian tree species. Seed Sci. & Tech. 42: 363-392. DOI: <http://doi.org/10.15258/sst.2014.42.3.06>
- Lorenzi, H.** 2002a. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil. v. 1. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H.** 2002b. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil. v. 2. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Marcos-Filho, J.** 2015. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina, ABRATES.
- Miller, G. L.** 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. Anal. Chem. 31(3): 426-428. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Mori, S. A. & G. T. Prance.** 1987. A guide to collecting Lecythidaceae. Ann. Miss. Bot. Gar. 74: 321-330. DOI: <https://doi.org/10.2307/2399402>
- Norden, N., M. I. Daws, C. Antoine, M. A. Gonzalez, N. C. Garwood & J. Chave.** 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. Funct. Ecol. 23(1): 203-210. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01477.x>
- Penfield, S. & D. R. MacGregor.** 2017. Effects of environmental variation during seed production on seed dormancy and germination. J. Exp. Bot. 68(4): 819-825. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw436>

- Pereira, T. S., M. L. M. N. da Costa, L. F. D. Moraes & C. Luchiari.** 2008. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Série Bot.* 63(2): 329-339. Disponível em: <<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/153>>. Acesso em: 11 mai. 2022.
- Peske, S. T., O. A. Lucca Filho & A. C. S. A. Barros.** 2006. Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas, Editora e Gráfica Universitária.
- Piña-Rodrigues, F. C. M., D. I. Urzedo, A. J. M. Corrêa & M. B. Figliolia.** 2018. O futuro das sementes nativas. pp. 177-207. In: Barbedo, C. J. & N. A. Santos Junior. (Orgs.). Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira. São Paulo, Instituto de Botânica.
- Piña-Rodrigues, F. C. M., J. M. Freire & L. D. Silva.** 2007a. Parâmetros genéticos para a colheita de sementes de espécies florestais. pp. 51-102. In: Piña-Rodrigues, F. C. M., J. M. Freire, P. S. S. Leles & T. B. Breier. (Orgs.). Parâmetros técnicos para a produção de sementes florestais. Seropédica, EDUR/UFRRJ.
- Piña-Rodrigues, F. C. M., E. S. Nogueira & M. C. Peixoto.** 2007b. Estado da arte da pesquisa em tecnológica de sementes de espécies florestais da Mata Atlântica. pp. 105-141. In: Piña-Rodrigues, F. C. M., J. M. Freire, P. S. S. Leles & T. B. Breier. (Orgs.). Parâmetros técnicos para a produção de sementes florestais. Seropédica, EDUR/UFRRJ.
- Reis, E. R.** 2004. Colheita de sementes florestais. pp. 19-45. In: Hoppe, J. M. (Org.). Produção de sementes e mudas florestais. Santa Maria: s. n. (Caderno Didático, 1).
- Rodrigues-Júnior, A. G., A. C. Mello, C. Baskin, J. Baskin, D. M. Oliveira & Q. Garcia.** 2019. A function for the pleurogram in physically dormant seeds. *Ann. of Bot.* 123: 867-876. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob%2Fmcy222>
- Rodrigues-Júnior, A. G., C. C. Baskin, J. M. Baskin & O. C. De-Paula.** 2021. The pleurogram, an under-investigated functional trait in seeds. *Ann. of Bot.* 127: 167-174. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa161>
- Santana, D. G. & M. A. Ranal.** 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília, Editora da Universidade de Brasília.
- Silva, E. A. A., J. M. Oliveira & W. V. S. Pereira.** 2018. Fisiologia das sementes. pp. 15-40. In: Barbedo, C. J. & N. A. Santos Junior. (Orgs.). Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira. São Paulo, Instituto de Botânica.
- SEI.** Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 2021. Cartografia Temática - Divisão Político Administrativa – Mapas Estaduais. Pluviometria Estado da Bahia 2003. Disponível em: <https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa_pluviometria.pdf>. Acesso em: 03 out. 2021.
- Sliwinska, E. & D. Bewley.** 2014. Overview of seed development, anatomy and morphology. pp. 1-17. In: Gallagher, R. S. (Ed.). Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. CAB International.
- Smith, N. P.** 2022. *Lecythis* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB8558>>. Acesso em: 12 mai. 2022.
- Souza, A. L., J. L. Lopez-Losano, P. C. S. Angelo, J. N. Souza-Neto, I. B. Cordeiro, S. Astolfi-Filho & E. V. Andrade.** 2017. A proteomic approach to guarana seed and pericarp maturation. *Genet. Mol. Res.* 16(3): 1-20. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr16039642>
- Tsou, C. H. & S. A. Mori.** 2002. Seed coat anatomy and its relationship to seed dispersal in subfamily Lecythidoideae of the Lecythidaceae (The Brazil Nut Family). *Bot. Bull. Acad. Sin.* 43: 37-56. Disponível em: <<https://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2002/1/bot431-05.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2022.
- Weatherburn, M. W.** Phenol hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem.* 39(8): 971-974, 1967. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60252a045>
- Yemm, E. W. & E. C. Cocking.** 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst.* 80: 209-213. DOI: <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>

Van der Pijl, L. 1972. Principles of dispersal in higher plants. Berlin, SpringerVerlag.

Vieira, I. G. & G. D. Fernandes. 1997. Métodos de quebra de dormência de sementes. Informativo Sementes IPEF. Piracicaba, IPEF-LCF/ESALQ/USP.

WRI Brasil. 2021. ONU declara a Década sobre Restauração de Ecossistemas. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/03/onu-declara-dacada-sobre-restauracao-de-ecossistemas>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Zimmermann, F. J. P. 2004. Estatística aplicada à pesquisa agropecuária. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão.

Editor Científico/Associado / Scientific/Associated Editor: Hernán Pablo Burrieza, UBA, Argentina / Walter Alvarenga

Rodrigues, UFG, Brasil

Recebido / Recibido / Received: 16.05.2022

Revisado / Revised: 16.12.2022

Aceito / Aceptado / Accepted: 16.12.2022

Publicado / Published: 17.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v19i2.72799>

Dados disponíveis / Datos disponibles / Available data: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19775269.v1>