



UFAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
DOUTORADO



CECA

MARIA INAJAL RODRIGUES DA SILVA DAS NEVES

**CARACTERIZAÇÃO, GERMINAÇÃO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO
PÓS-SEMINAL DE *Sapindus saponaria* L.**

Rio Largo - AL
2018

MARIA INAJAL RODRIGUES DA SILVA DAS NEVES

**CARACTERIZAÇÃO, GERMINAÇÃO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO
PÓS-SEMINAL DE *Sapindus saponaria* L.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia: Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Vilma Marques Ferreira.

Coorientador: Prof. Dr. João Correia de A. Neto.

Rio Largo - AL
2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

N511c Neves, Maria Inajal Rodrigues da Silva das

Caracterização, germinação de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Sapindus saponaria* L. Rio Largo-AL – 2018.
87 f.; il; 33 cm

Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2018.

Orientador(a): Pr^ª. Dr^ª. Vilma Marques Ferreira
Co-Orientador(es): Prof. Dr. João Correia de A. Neto.

1. Sementes florestais 2. Tetrazólio. 3. Vigor de sementes. 4. Ácidos graxos. I. Título.

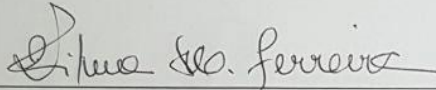
CDU: 631.95

TERMO DE APROVAÇÃO

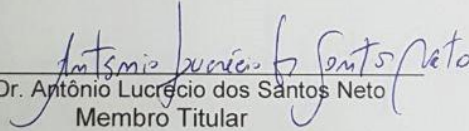
MARIA INAJAL RODRIGUES DA SILVA DAS NEVES
(Matrícula 14140090)

"CARACTERIZAÇÃO, GERMINAÇÃO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO
PÓS-SEMINAL DE SAPINDUS SAPONARIA L."

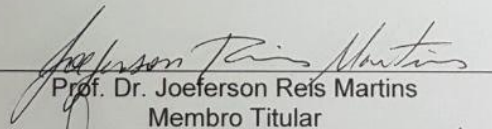
Tese apresentada e avaliada pela banca examinadora em vinte e nove de março de 2018, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.



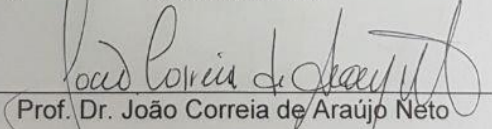
Prof.^a. Dr.^a. Vilma Marques Ferreira
Presidente



Prof. Dr. Antônio Lucrecio dos Santos Neto
Membro Titular



Prof. Dr. Joeferson Reis Martins
Membro Titular



Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto
Membro Titular

Rio Largo - AL
Março-2018

A Deus pelo dom da vida, por sempre me proporcionar força para lutar pelos meus ideais.

Aos meus pais, José Edson Rodrigues das Neves e Marlene Rodrigues da Silva das Neves; pelos ensinamentos durante minha vida.

Às minhas irmãs, Danubia Malvina Rodrigues da Silva das Neves, Camila Rodrigues da Silva das Neves e Maria Joaquina do Nascimento Rocha; pela amizade e amor dividido em todas as etapas de minha vida.

Aos meus amigos, Djison Silvestre, Lívia Chaves, Michele Cristina, Thaíse Araújo, Camila Miranda, Caroline Romão, Letice Souza, Tatiana de Lima, Taciana de Lima, Daniel Borges, Luan Danilo, João Luciano, Dougllas Rocha, Vinícius Gomes, Alex Carvalho, Mauricio Carnaúba, Valéria Brancaglione, Ana Clézia, Janaina Ferro, Hipoyiana Simone, Júlia Gabriella, Priscila Solto, Karolyne Priscila, Érica Cristina, Bruno França e Rafael Balbino; pessoas especiais em minha vida.

A todos que fizeram parte da minha vida e que me apoiaram de maneira singular para esta realização.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Alagoas pela oportunidade de me acolher durante os anos de Graduação, Mestrado e Doutorado de forma pública e gratuita;

À Prof.^a. Dr.^a Vilma Marques Ferreira pela orientação, ensinamentos e dedicação durante todos esses anos; contribuindo para minha formação;

Ao Prof. Dr. João Correia de Araújo Neto pela co-orientação neste trabalho, ensinamentos, amizade e dedicação durante o Mestrado e Doutorado;

A todos os professores da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias, que transmitiram seus conhecimentos contribuindo com a minha formação profissional;

Aos amigos do Laboratório de Propagação de Plantas, pela agradável convivência e ajuda na execução dos experimentos;

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite de participar da avaliação deste trabalho contribuindo com sugestões;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) e à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante o curso de Doutorado;

Aos funcionários do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela ajuda constante;

A todos os demais que dividi momentos inesquecíveis e que me ajudaram diretamente e indiretamente, pela amizade e companhia, e aos que nos deixaram no meio do caminho, que Deus abençoe vocês!

A todos que contribuíram de alguma forma para execução deste trabalho: obrigada!

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”.

(Theodore Roosevelt).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar morfometricamente sementes de *Sapindus saponaria* L., extrair, determinar o teor de óleo e a composição percentual de ácidos graxos, descrever os diferentes estádios pós-seminal, bem como estudar seu comportamento fisiológico em função dos tratamentos de superação de dormência, temperatura, qualidade de luz e definir metodologias para os testes de tetrazólio e condutividade elétrica para sementes desta espécie. Após a realização da colheita das sementes de *S. saponaria*, determinou-se o teor de água e as medições biométricas (comprimento e largura). A metodologia de extração e quantificação do óleo das sementes, escolhida para esse trabalho, foi o método de extração com solvente usando o sistema extrator Soxhlet. No tocante ao desenvolvimento pós-seminal, foram avaliados os diversos processos desencadeados durante o crescimento e desenvolvimento das plântulas. Os tratamentos para superação da dormência utilizados foram: escarificação mecânica, escarificação química com ácido sulfúrico por 5, 10, 20, 30 e 40 minutos, imersão em água quente (80 °C) até atingir à temperatura ambiente, imersão em água destilada à temperatura ambiente por 24 horas e sementes intactas (testemunha). Transcorrida esta etapa, as sementes foram incubadas nas temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C e alternada de 20-30 °C, sob luz branca. Foram estabelecidas as melhores condições de luz para a realização de teste de germinação e vigor. Para tanto foram estudadas as qualidades de luz: branca, vermelha e vermelho-distante e ausência de luz (escuro), na temperatura constante de 30 °C e alternada 20-30 °C. Na avaliação da viabilidade de sementes de *S. saponaria* pelo teste de tetrazólio, estas foram imersas em ácido sulfúrico por 30 minutos e submetidas ao pré-umedecimento por 24 horas a 30 °C, e em seguida colocadas em solução de tetrazólio a 0,075%, 0,1%, 0,5% e 1,0% durante 2, 4 e 6 horas, na temperatura de 30 °C. Para avaliação da condutividade elétrica dos exudatos das sementes presentes na solução de embebição (75 mL de água deionizada), foram utilizadas sementes recém-colhidas e submetidas a diferentes tempos de embebição (24, 48, 72 e 96 horas). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, efetuando-se análise descritiva dos dados biométricos e para o teste de qualidade de luz em diferentes temperaturas, os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial. Para o teste de tetrazólio utilizou-se o arranjo fatorial $4 \times 3 + 1$, constituído pelas combinações de quatro concentrações da solução de tetrazólio, três períodos de coloração, mais uma testemunha (teste de germinação). As sementes apresentam 17% de umidade inicial e o peso de mil sementes foi em média 672,4 g. Apresentam dimensões em média de 10,3 mm de comprimento e 10,2 mm de largura. O conteúdo de óleo encontrado na semente foi de

7,25%, sendo a maior parte composta por ácidos graxos insaturados (78,9%). A germinação de sementes de *S. saponaria* é do tipo hipógea e as plântulas são criptocotiledonar. Os maiores valores de germinação ocorreram quando as sementes foram imersas em ácido sulfúrico por 30 minutos. São fotoblásticas positivas preferencial, e apresentaram maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação quando submetidas à temperatura de 30 °C. A concentração de sal de tetrazólio a 0,075% por quatro horas à temperatura de 30 °C constitui eficiente combinação para avaliação da viabilidade de sementes de *S. saponaria*. O maior tempo de lixiviação ocorreu às 86 horas de embebição.

Palavras-chave: Sementes florestais. Tetrazólio. Vigor de sementes. Ácidos graxos.

ABSTRACT

The objective of this work was to characterize morphometrically saponaria (*Sapindus saponaria* L.) seeds; to extract and to quantify oil content, establish the percent composition of fatty acids; to describe their different post-seminal stages; to study their physiological behavior under treatments to overcome dormancy; temperature, light quality and standard methodologies for the tetrazolium and electrical conductivity tests. After saponaria seeds were harvested, the water content and the biometric measurements (length and width) were determined. The extraction and quantification of the seed oil was obtained by the solvent extraction method using the Soxhlet extractor system. Regarding the post-seminal development, the various processes triggered during the growth and development of the seedlings were evaluated. The treatments to overcome dormancy were: mechanical scarification, chemical scarification with sulfuric acid for 5, 10, 20, 30 and 40 minutes, immersion in hot water (80 °C) until reaching room temperature, immersion in distilled water at room temperature for 24 hours and intact seeds (control). After this stage, the seeds were incubated at temperatures of 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C and alternated at 20-30 °C under white light. The best light conditions were also established for germination and vigor test. For this purpose, the following light qualities were studied: white, red, red-distant and dark, at constant temperature 30 °C and alternating 20-30 °C. In the evaluation of the viability of *S. saponaria* seeds by the tetrazolium test, seeds were immersed in sulfuric acid for 30 minutes and submitted to pre-moistening for 24 hours at 30 °C, and then placed in 0.075% tetrazolium solution, 0.075%, 1%, 0.5% and 1.0% for 2, 4 and 6 hours at temperature of 30 °C. To evaluate the electrical conductivity of the seeds exudates present in the soaking solution (75 mL of deionized water), seeds were submitted to different soaking times (24, 48, 72 and 96 hours). The experimental design was completely randomized with a descriptive analysis of the biometric data and for the test of light quality at different temperatures the treatments were distributed in a factorial scheme. For the tetrazolium test, the 4 x 3 + 1 factorial arrangement was used, consisting of the combinations of four concentrations of the tetrazolium solution, three staining periods plus one control (germination test). The seeds had 17% initial moisture and the weight of 1.000 seeds was on average 672.4 g. Seeds dimensions, on average, was 10.3 mm long and 10,2 mm wide. The oil content found in the seeds was 7.25%, most of which was composed of unsaturated fatty acids (78.9%). The germination of *S. saponaria* seeds is hypogean type and the seedlings are cryptocoleonar. The highest germination values occurred when the seeds were immersed in sulfuric acid for 30 minutes. Seeds are

preferentially photoblasts positive, and presented higher values of percentage and germination speed when submitted to the temperature of 30 °C. The concentration of 0.075% tetrazolium salt for four hours at 30 °C is an efficient combination for evaluating the viability of *S. saponaria* seeds. The highest leaching time occurred at 86 hours of imbibition.

Keywords: Forest seeds. Tetrazolium. Vigor of seeds. Fatty acids.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Local de coleta dos frutos de *Sapindus saponaria* L.....28
- Figura 2: Frutos (A) e sementes (B) de *Sapindus saponaria* L.....29
- Figura 3: Mensuração do comprimento (A) e largura (B) de sementes de *Sapindus saponaria* L.....29
- Figura 4: Sistema extrator Soxhlet (A) e evaporador rotativo (B).....31
- Figura 5: Extração de óleo de sementes de *Sapindus saponaria* L., reação de transesterificação (A), funil de separação (B) e banho-maria (C).....32
- Figura 6: Diferentes qualidades de luz: vermelha (A), vermelho-distante (B) branca (C) e escuro (D).....35
- Figura 7: Sementes de *Sapindus saponaria* L., pré-condicionadas em água (A), seccionamento longitudinal entre os cotilédones (B), sementes seccionadas (C), imersão nas soluções de tetrazólio (D) e coloração dos tecidos (E).....36
- Figura 8: Latas com as repetições de 25 sementes (A), tratamento (B), embebição das sementes (C) e acondicionamento dos tratamentos em câmara de germinação à temperatura de 25 °C (D).....37
- Figura 9: Distribuição das frequências relativas do comprimento (A) e largura (B) de sementes de *Sapindus saponaria* L. As (assimetria), m (média) e me (mediana).....41
- Figura 10: Caracterização morfológica da semente de *Sapindus saponaria* L., visão externa da semente (A), semente após corte longitudinal (B). (h = hilo; t = tegumento; em = embrião; eh = eixo-hipocótilo-radícula).....42
- Figura 11: Estádios sucessivos do desenvolvimento da plântula de *Sapindus saponaria* L., com quatro (A), cinco (B), sete (C), nove (D), treze (E) e trinta (F) dias após a sementeira. (c

= catáfilos; co = cotilédones; coi = coifa; e = epicótilo; eo = eófilos; rp = raiz primária; rs = raiz secundária; t = tegumento.....45

Figura 12: Plântulas anormais de *Sapindus saponaria* L. A= má formação da plântula, com atrofiamento; B= eófilos raquítics, raízes e epicótilo atrofiados; C= plântula com anormalidade na raiz principal.....46

Figura 13: Plântula de *Sapindus saponaria* L., infestada por fungo.....47

Figura 14: Frequência relativa da germinação de sementes de *Sapindus saponaria* L., submetidas a diferentes temperaturas. TMG = tempo médio de germinação.....54

Figura 15: Sementes viáveis de *Sapindus saponaria* L., embrião com coloração variando de rosa a rosa claro em toda sua extensão (A, B, C). Sementes inviáveis de *Sapindus saponaria* L.; embrião com coloração vermelho intenso (D); embrião e eixo hipocótilo-radicular parcialmente coloridos (E); embrião descolorido/branco leitoso (F).....61

Figura 16: Condutividade elétrica das sementes de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes períodos de leitura.....62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise descritiva do comprimento e largura das sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L.....	40
Tabela 2: Estatística descritiva das pesagens obtidas para o cálculo do peso de mil sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L.....	42
Tabela 3: Perfil de ácidos graxos obtidos do óleo das sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L.....	43
Tabela 4: Germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L., submetidas a diferentes tratamentos de superação de dormência.....	47
Tabela 5: Tempo médio de germinação (TMG) e velocidade média de germinação (VMG) de sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L., a diferentes tratamentos de superação de dormência.....	49
Tabela 6: Sincronia de germinação (Z) e incerteza de germinação (U) de sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L., a diferentes tratamentos de superação de dormência.....	50
Tabela 7: Porcentagem (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) de sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L., submetidas a diferentes temperaturas.....	51
Tabela 8: Sincronia de Germinação (Z), Incerteza de Germinação (U) de sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L., submetidas a diferentes temperaturas.....	53
Tabela 9: Comprimento e Massa seca de plântulas de sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L., submetidas a diferentes temperaturas	55
Tabela 10: Germinação de sementes recém-colhidas de <i>Sapindus saponaria</i> L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz.....	56

Tabela 11: Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes recém-colhidas de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz.....57

Tabela 12: Comprimento de plântulas (cm) de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz.....58

Tabela 13: Massa seca de plântulas de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz.....58

Tabela 14: Sementes viáveis (%) de saboneteira (*Sapindus saponaria*) obtido pelo teste de tetrazólio em diferentes concentrações. (0,075; 0,1; 0,5 e 1,0 %) e períodos de coloração (2, 4 e 6 horas), a 30 °C, em comparação aos resultados do teste de germinação (testemunha).....59

SUMÁRIO

1	I NTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1	<i>Sapindus saponaria</i> L.....	14
2.2	A Importância dos estudos biomorfológicos das sementes e plântulas.....	15
2.3	Perfil lipídico.....	16
2.4	A germinação das sementes.....	17
2.4.1	Efeito da luz na germinação.....	19
2.4.2	Efeito da temperatura na germinação.....	21
2.5	Dormência.....	22
2.6	Vigor.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Local de execução do experimento.....	28
3.2	Colheita e extração das sementes.....	28
3.3	Caracterização morfométrica das sementes.....	29
3.4	Extração e determinação do teor de óleo bruto das sementes.....	30
3.5	Determinação da composição percentual de ácidos graxos.....	31
3.6	Desenvolvimento pós-seminal de plântulas.....	33
3.7	Avaliação da qualidade fisiológica inicial das sementes.....	33
3.8	Temperatura.....	34
3.9	Temperatura e qualidade de luz.....	34
3.10	Avaliação de metodologias para o uso do teste de tetrazólio.....	35
3.11	Teste de condutividade elétrica.....	37
3.12	Variáveis analisadas.....	37
3.12.1	Porcentagem (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG).....	37
3.12.2	Comprimento da parte aérea e raiz.....	38
3.12.3	Massa seca de plântulas.....	38
3.12.4	Software Germina Quant 1.0.....	38
3.13	Delineamento experimental e análise dos dados.....	39

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1	Caracterização física e morfológica das sementes de <i>Sapindus saponaria</i> L.....	40
4.2	Perfil lipídico.....	43
4.3	Desenvolvimento pós-seminal de plântulas.....	44
4.4	Avaliação da qualidade fisiológica inicial das sementes.....	47
4.5	Qualidade fisiológica das sementes em função da temperatura.....	50
4.6	Temperatura e qualidade de luz.....	56
4.7	Tetrazólio.....	58
4.8	Condutividade elétrica.....	62
5	Conclusões.....	64
6	Referências.....	65

1 INTRODUÇÃO

A busca por espécies florestais com potencial para recuperação de áreas degradadas e para arborização tem aumentado nos últimos anos. O Brasil, apesar de ser conhecido por sua diversidade florística, vem sofrendo com a degradação desenfreada de seus recursos florestais, causando supressão da vegetação, diminuição da biodiversidade e aumento do processo erosivo (ANGELO et al., 2017). São poucas as informações disponíveis para o manejo da maioria das sementes de espécies nativas, as quais constituem insumo básico nos projetos de recuperação e conservação de ecossistemas. Havendo, a necessidade de pesquisas voltadas para determinação de informações básicas sobre as condições ideais para avaliação do potencial fisiológico das sementes.

O setor florestal contribui significativamente para a economia brasileira, através da obtenção de produtos para exportação ou consumo direto, gerando emprego para a população, além de contribuir com a conservação e preservação dos recursos naturais renováveis (LADEIRA, 2002). Embora haja um grande número de espécies nativas comercializadas no Brasil para fins de recomposição florestal, poucas estão descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Segundo Sarmiento e Villela (2010) é preciso mais estudos com sementes arbóreas nativas, sobretudo quanto aos aspectos fisiológicos envolvidos na germinação.

Aguiar (1995) menciona a importância de se estudar fatores como: superação da dormência, temperatura e luminosidade no ambiente de germinação, principalmente quando se trata de espécies florestais (TONIN, 2005), bem como para as que perdem rapidamente sua viabilidade. Sendo a disponibilidade de sementes nativas para produção de mudas em larga escala, um fator limitante para programas de reflorestamento. Por esta razão, é de fundamental importância a utilização de sementes de qualidade, que garantam o sucesso da germinação, desenvolvimento e estabelecimento de mudas vigorosas no campo.

Sapindus saponaria L. é uma espécie nativa, arbórea e popularmente conhecida como saboneteira. Possui ampla distribuição geográfica e adaptação a diferentes ecossistemas, sendo considerada de relevante importância ecológica na recuperação de áreas degradadas e marginais, por permitir a reconstrução das complexas interações existentes dentro de uma comunidade, bem como sua auto-perpetuação local. É membro do grupo ecológico das pioneiras, exigentes em luz e regeneradas a partir de bancos de sementes no solo (LORENZI, 2002; PREVIERO et al., 2010). Além disso, é uma espécie bastante estudada na farmacologia por possuir substâncias de interesse medicinal. Apresenta ainda propriedades inseticidas, e atualmente vem se destacando como planta ornamental, devido seu porte e copa densa. Já sua madeira é empregada na construção civil, por possuir características de interesse, como

madeira pesada, dura e compacta (SOUZA e LORENZI, 2012; MENA-VALDÉS et al., 2015; SOMNER et al., 2015).

Trata-se de uma espécie com poucas informações encontradas para análise de suas sementes. Existe a necessidade de se obter informações sobre aspectos germinativos, permitindo sua utilização para os mais diversos fins, além de oferecer suporte aos mais diversos programas de reflorestamento. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar morfometricamente sementes de *Sapindus saponaria* L., extrair, determinar o teor de óleo e a composição percentual de ácidos graxos, descrever os diferentes estádios pós-seminal, bem como estudar seu comportamento fisiológico em função dos tratamentos de superação de dormência, temperatura, qualidade de luz e definir metodologias para os testes de tetrazólio e condutividade elétrica para as sementes desta espécie.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Sapindus saponaria* L.

A família Sapindaceae é monofilética e foi descrita em 1789 por Antoine Laurent de Jussieu (BUERKI et al., 2010; APGIV, 2016), compreende cerca de 141 gêneros e 1.900 espécies, dos quais 28 gêneros e 418 espécies ocorrem no Brasil, com maior ocorrência em regiões tropicais e subtropicais, com distribuição regular nos estados do Norte, Nordeste e Centro Oeste (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2011; BUERKI et al., 2012; SOMNER et al., 2015). Dentre os membros pertencentes desta família, tem-se a *Sapindus saponaria* L., uma espécie nativa, pioneira, perenifólia ou semidecídua, arbórea e popularmente conhecida como saboneteira, sabão-de-soldado, sabão-de-macaco e sabonete (LORENZI, 2002; SOMNER et al., 2015), de relevante importância ecológica na recuperação de áreas degradadas e marginais, podendo ser utilizada para o reflorestamento, bem como, para a exploração econômica (ALBIERO, 2001; OLIVEIRA et al., 2012).

A procura por sementes e frutos dessa espécie, tem aumentado nos últimos anos devido sua utilização como planta ornamental, por possuir copa densa e globosa; medicinal, por suas raízes e cascas possuírem substâncias calmantes, adstringentes, antiespasmódias e antitussígenas; e potencial para recuperação de áreas degradadas, podendo ser utilizada na composição de reflorestamento em áreas de preservação permanente. Seus frutos são ricos em saponina, um surfactante natural, que pode ser utilizado como sabão (RIBEIRO et al., 1999; JUDD et al., 2009) e no combate a úlceras, inflamações e feridas na pele (PELEGRINI et al., 2008). Além disso, possuem diversos princípios ativos com propriedades inseticidas e sarnicidas, tais como: tanino, ácidos graxos, triterpenos, antocianina, esteroides insaturados, rutina, luteolina, amirina e sitosterol (PREVIERO et al., 2010; SOUZA e LORENZI, 2012; MENA-VALDÉS et al., 2015). Sua madeira é pesada, dura e compacta, empregada na construção civil e na confecção de brinquedos e caixotes (PIO-CORREA, 1984; LORENZI, 1992).

Trata-se de uma árvore de médio porte, podendo atingir até nove metros de altura, com florescimento entre os meses de abril e junho e amadurecimento de seus frutos durante os meses de setembro e outubro (PORRAS e LOPEZ-AVILA, 2009). Sendo estes multiglobosos e amarelados quando maduros, com sementes esféricas, pretas e duras. Evidenciando dispersão barocórica ou zoocórica por morcegos frugíveros (LORENZI, 2002).

2.2 A importância dos estudos biomorfológicos das sementes e plântulas

Estudos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens são indispensáveis para explicações de questões referentes à taxonomia, filogenia e ecologia vegetal, uma vez que, apenas avaliações de órgãos vegetais e florais não bastam para solucionar problemas taxonômicos e filogenéticos (FERREIRA et al., 2001; OLIVEIRA, 2001). No entanto, trabalhos sobre morfologia interna e externa dos materiais de dispersão, fornecem informações relevantes sobre questões referentes ao armazenamento, viabilidade, semeadura e contribui para escolha do tipo de beneficiamento a ser adotado (KUNIYOSHI, 1983; GUERRA, MEDEIROS FILHO e GALLÃO, 2006).

Estudos voltados a aspectos biométricos e morfológicos de sementes e plântulas vêm ganhando destaque, contudo a disponibilidade de informações sobre espécies florestais nativas ainda são escassas. Estas, quando consideradas em conjunto (semente e plântula), revelam muito a respeito da história ecológica e evolutiva de qualquer grupo de plantas (CUNHA e FERREIRA, 2003; AMARO et al., 2006), podendo disponibilizar previamente informações sobre a germinação das sementes, e possivelmente detectar problemas de dormência relacionados a sua morfologia, como por exemplo, tegumento duro ou a presença de substâncias que interferem na permeabilidade da testa, dificultando a entrada de água e gases, ou mesmo dormência causada pela imaturidade do embrião (MORAIS, 2009).

A caracterização biométrica permite diferenciar as variações das populações dentro e entre as espécies frente a fatores ambientais, bem como as relações das populações, quando estabelecidas em diferentes ambientes, principalmente quando a espécie possui ampla distribuição geográfica e adaptação a diversos ecossistemas (CARVALHO et al., 2003; GONÇALVES et al., 2013). De acordo com Fenner (1993), a biometria da semente está diretamente associada a características de dispersão da espécie e estabelecimento das plântulas, possibilitando ainda a diferenciação entre espécies pioneiras e não pioneiras (MELO et al., 2004; MATHEUS e LOPES, 2007). Vale ressaltar que, fornece informações que podem ser aplicadas no manejo florestal, por tratar-se de uma variável de fácil obtenção e avaliação, empregada em estudos com diferentes espécies para indicar a existência de variabilidade entre indivíduos, podendo contribuir para a produção de mudas de maior qualidade (LEÃO et al., 2015; LEÃO et al., 2016).

A importância dos estudos biomorfológicos é grande. Suas informações podem ser usadas para auxiliar em outros estudos e projetos voltados para a conservação das espécies e impedir a exploração predatória, irracional dos recursos naturais com valor econômico, bem

como, ajudar no direcionamento de trabalhos de melhoramento de espécies vegetais, além de fornecer dados que auxiliem na distinção entre espécies do mesmo gênero, contribuindo com o uso eficaz e sustentável. Outro fator determinante para viabilizar a utilização de espécies florestais nativas é o que diz respeito às formas de propagação e ao armazenamento das sementes (BATTILANI et al., 2011; CHRISTRO et al., 2012; GONÇALVES et al., 2013; YOKOMIZO et al., 2016).

Segundo Cardoso (2008), para a classificação da germinação e das plântulas leva-se em consideração: o comprimento do hipocótilo, a exposição e a natureza dos cotilédones. A germinação é considerada epigea, quando ocorre o alongamento do hipocótilo, fazendo com que os cotilédones ultrapassem a superfície do solo, enquanto na hipógea o hipocótilo é curto, de modo que os cotilédones permanecem no solo. Uma plântula é criptocotiledonar quando seus cotilédones continuam envolvidos pelos tegumentos, e fanerocotiledonar quando se encontram livres. Quanto aos cotilédones, estes são classificados como carnosos (função principal de armazenar energia), e foliáceos (predominantemente fotossintéticos, desempenhando papel de verdadeiras folhas). Assim, é preciso conhecimento a respeito da germinação e dos aspectos biométricos de frutos e sementes das espécies tropicais, promovendo maior utilização destas em programas de reflorestamento e revegetação de áreas degradadas (VÁZQUEZ-YANES e ARÉCHIGA, 1996; CARVALHO et al., 2003).

2.3 Perfil lipídico

Fatores como a composição química e o grau de maturação das sementes possuem influência direta sobre seu potencial de armazenamento. Portanto, dependendo da composição química das substâncias de reserva presentes na semente, está terá menor ou maior período de viabilidade, por exemplo: substâncias de reserva como óleos, são mais instáveis que o amido, e por este motivo podem causar a deterioração rápida da semente por meio do processo de peroxidação de lipídios (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972). Vale ressaltar que, os óleos possuem diversos compostos químicos, tendo como destaque os ácidos graxos (MORETTO e FETT, 1986; RAMALHO e JORGE, 2006), que são ácidos carboxílicos classificados como saturados (com ligações simples entre os carbonos) ou insaturados (com ligações duplas entre os carbonos), com pouca e alta reatividade química, respectivamente, sendo os ácidos saturados mais estáveis do que os insaturados (REDA e CARNEIRO, 2007).

A estabilidade oxidativa dos óleos frente ao armazenamento tem relação direta com a porcentagem do ácido graxo predominante neste, o que indicará a necessidade ou não de utilização de antioxidantes para garantir sua estabilidade. Assim, quanto maior o grau de

insaturação do ácido graxo, maior será a oxidação. Altos teores de ácido linoléico (com duas duplas ligações) e linolênico (com três duplas ligações) resultarão em maior velocidade de oxidação de 64 e 100 vezes maior, respectivamente, que a oxidação por ácido oleico (com uma dupla ligação) (OETTERER, REGITANO-D'ARCE e SPOTO, 2006). Assim, constata-se que a deterioração não pode ser evitada, mas pode ser controlada por meio do armazenamento adequado, o qual está entre as estratégias de conservação *ex situ* mais empregadas, justamente por buscar preservar as características fisiológicas das sementes até que sejam semeadas (NODARI et al., 1998).

2.4 A germinação das sementes

As sementes possuem estrutura complexa e representam um importante estágio no ciclo de vida das plantas superiores, uma vez que, representam a principal forma de disseminação das espécies vegetais, com finalidade de gerar um novo indivíduo. São constituídas por: tecido de reserva (de origem cotiledonar e/ou endospermático) e eixo embrionário, envoltos pelo tegumento, o qual é responsável por regular a germinação, entre outras funções importantes desempenhadas nas sementes (MARCOS FILHO, 2015).

De acordo com Almandouri et al. (2001), a germinação é uma das fases mais sensíveis no ciclo de vida dos vegetais, que tem início com a hidratação dos tecidos, embebição, responsável por desencadear a retomada das atividades metabólicas, ativando a degradação das reservas que foram armazenadas durante a fase de intenso metabolismo, quando a semente ainda estava ligada a planta-mãe com utilização do oxigênio (respiração), para produção de energia química responsável para o crescimento do eixo embrionário, culminando com a ruptura da cobertura e protrusão da raiz primária (CARDOSO, 2008).

Trata-se de uma fase crítica, que pode ser afetada por condições de natureza intrínseca e/ou extrínseca (FERREIRA e BORGHETTI, 2004), ressaltando que a água é o fator mais importante no processo germinativo. Também pode-se citar a estreita dependência desse processo com a temperatura, principalmente por atuar na velocidade de absorção de água e nas reações bioquímicas que regulam o metabolismo (FIGLIOLA et al., 1993), afetando a porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012), em que o efeito da temperatura sobre a germinação, sofre influência da espécie e da região de origem (MACHADO et al., 2002).

A absorção de água pelas sementes segue normalmente um padrão trifásico de hidratação. A fase I apresenta rápido aumento no teor de água na semente, envolve o potencial matricial, refere-se a um processo físico, que ocorre independente da viabilidade da semente

(sementes viáveis ou mortas absorvem água durante essa fase), é geralmente rápida, podendo ser completada em torno de 1 a 2 horas após o início da embebição e é nessa fase que ocorre a liberação de eletrólitos, aminoácidos e açúcares, sendo a quantidade destes, variáveis de acordo com a desorganização da membrana celular (CARDOSO, 2008; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A fase II caracteriza-se pela estabilização do teor de água na semente e redução das taxas respiratórias, com o intuito de evitar o esgotamento de suas reservas (KOLLER, 1972), resultado do balanço entre os potenciais osmótico e de pressão, considerada uma fase preparatória para a fase consecutiva. Na fase seguinte, observa-se o crescimento do embrião em decorrência do novo aumento no teor de água na semente, resultando na protrusão da raiz primária e só as sementes vivas e não dormentes chegam a essa fase (KERBUAY, 2008; MARCOS FILHO, 2015).

O processo germinativo é avaliado sob diferentes critérios: para os botânicos, a germinação é encerrada com o início da protrusão da raiz primária, e o desenvolvimento seguinte é dito pós-germinativo. Sobretudo, sob o ponto de vista tecnológico, são consideradas germinadas as sementes que apresentarem todas as estruturas essenciais do embrião desenvolvidas, resultando em uma plântula normal e com capacidade de sobrevivência em campo. Para os tecnólogos, apenas a protrusão da raiz primária não é suficiente para garantir a sobrevivência da plântula no campo sob a influência das variações do ambiente (BRASIL, 2009; MARCOS FILHO, 2015).

Quanto ao tipo, a germinação pode ser epígea ou hipógea, sendo considerada epígea, quando a parte aérea dar-se pelo alongamento do hipocótilo, que é responsável pela formação do gancho plumular. Esse tipo de germinação é caracterizado pela elevação dos cotilédones acima da superfície do solo, como por exemplo, observados em sementes de *Allophylus sericeus* (Camb.) Radlk. (RESSEL et al., 2004) e *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. (FELIPPI et al., 2013). Diferente da germinação epígea, a hipógea não apresenta o alongamento do hipocótilo, mas do epicótilo, conseqüentemente, os cotilédones encontram-se sob o solo (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972; MARCOS FILHO, 2015). Este tipo de germinação é observado em sementes de *Cupania vernalis* Cambess, *Matayba elaeagnoides* Radlk., *Matayba guianensis* Aubl (RESSEL et al., 2004) e *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (PAOLI e BIANCONI, 2008).

Segundo Ferreira e Borghetti (2004), a germinação de uma semente viável em estado de repouso, quiescente ou dormente, iniciará sob influência de fatores externos (luz, disponibilidade hídrica, temperatura e oxigênio) e/ou internos a semente (dormência,

imaturidade fisiológica e genótipo). Cada fator vai influenciar de forma específica, podendo atuar sozinho ou em conjunto; no entanto, deve-se levar em consideração a sensibilidade de cada espécie. Dessa forma, vale ressaltar a importância de estudo sobre a influência dos fatores externos e internos, não apenas do ponto de vista tecnológico, mas também do ecofisiológico, contribuindo para avaliação dos níveis de tolerância e da capacidade adaptativa das espécies (LARCHER, 2000; FIGLIOLIA, AGUIAR e SILVA, 2009).

2.4.1 Efeito da luz na germinação

A luz possui a capacidade de promover ou inibir o processo germinativo, com respostas variáveis de acordo com a espécie e dependendo do ambiente luminoso ao qual as sementes estão expostas. O fitocromo, é o pigmento responsável pela percepção de luz que promove ou não a germinação, trata-se de uma cromoproteína fotorreversível presente no citoplasma de células do eixo embrionário e que assume duas formas: uma ativa (F_{VD} = vermelho distante), que promove a germinação e uma inativa (F_V = vermelho), que inibe a germinação, ambas são interconversíveis (WHATLEY e WHATLEY, 1980; BORGES e RENA, 1993; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

O fitocromo, ao absorver luz na faixa do vermelho, converte-se à forma ativa (F_{VD}) acarretando a germinação, devido conduzir à síntese de giberelina (GA); já ao absorver a luz na faixa do vermelho-distante, converte-se à forma inativa (F_V), bloqueando a germinação resultado da síntese de ácido abscísico (FLOSS, 2008; MARCOS FILHO, 2015). O modo de ação do fitocromo parece está associado ao funcionamento da membrana celular, envolvendo alterações em sua permeabilidade e dessa forma, controlando o fluxo de inúmeras substâncias entre e dentro das células (CASAL e SÁNCHEZ, 1998; TAIZ et al., 2017).

De acordo com Piña-Rodrigues (1988), comprimentos de onda inferiores a 290 nm inibem o processo germinativo; já entre 290 a 400 nm, correspondem à faixa do azul, enquanto que, de 400 a 700 nm, encontram-se as radiações responsáveis pelas respostas referentes à germinação das sementes. A luz vermelha apresenta pico de absorção em 660 nm, promovendo a germinação e o vermelho-distante com pico em 730 nm, inibindo o processo germinativo. Segundo Borges e Rena (1993), a luz branca possui efeito semelhante à luz vermelha, devido à composição espectral e características de absorção do fitocromo. A exemplo do trabalho desenvolvido por Souza Filho et al. (2012), os quais estudaram o efeito de diferentes qualidades de luz na germinação de sementes de *Magonia pubescens* St. Hil.

De acordo com a resposta das sementes à luz, podem ser classificadas em fotoblásticas positivas, as sementes que germinam melhor na presença de luz, em fotoblásticas negativas,

as que apresentam seu comportamento germinativo prejudicado pela luz, germinando melhor no escuro e as fotoblásticas neutras ou indiferentes, que germinam bem tanto na presença como na ausência de luz (FLOSS, 2008; VIDAL, 2009; MARCOS FILHO, 2015). Klein e Felipe (1991) denominaram o caráter fotoblástico positivo de preferencial, quando ocorre alguma germinação na ausência de luz, e de absoluto, quando a germinação é nula na ausência de luz. Entretanto, fatores como: idade, temperatura, condição de cultivo da planta, água e condições de armazenamento podem alterar a sensibilidade das sementes a luz (OROZCO-SEGOVIA e VÁZQUEZ-YANES, 1993; KERBAUY, 2008).

Segundo Marcos Filho (2015), a influência da luz diminui gradativamente com o envelhecimento da semente. Para sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam., observou-se que tanto a capacidade quanto a velocidade de germinação obtidos no escuro (sob luz vermelho-extremo) e em luz branca (sob luz vermelha) foram semelhantes, indicando que ocorreu a perda da sensibilidade das sementes à luz, ao longo do período de armazenamento (MALAVASI, 1988).

Quanto aos grupos ecológicos, as espécies são classificadas em pioneiras, secundárias e clímax (SWAINE e WHITMORE, 1988). As pioneiras apresentam comportamento ortodoxo (ROBERTS, 1973), são exigentes em luz, carecendo de alta intensidade luminosa para desencadear o processo germinativo, frequentemente apresentam dormência, alto potencial de armazenamento e são regeneradas a partir de bancos de sementes no solo (VAZQUEZ-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1989). De acordo com Lorenzi (2002) esse é o caso das espécies *Sapindus saponaria*, *Matayba guianensis* Aubl. e *Allophylus edulis*.

As secundárias são aquelas espécies que apresentam características e adaptações ecológicas intermediárias (RODRIGUES, 1995). Quando as características assemelham-se mais as pioneiras, são chamadas de secundárias iniciais, a exemplo das espécies *Allophylus edulis* Radlk. ex Warm., *Allophylus sericeus* Radlk., *Cupania tenuivalvis* Radlk., *Matayba elaeagnoides* Radlk. e *Matayba guianensis* Aubl. (SILVA et al., 2003), quando mais próximas das espécies clímax, denomina-se secundárias tardias, a exemplo das espécies: *Sapindus saponaria* L (SILVA et al., 2013) e *Cupania vernalis* Cambess (SANTOS et al., 2012), exigentes em luz (OLIVEIRA-FILHO et al., 1995). Já as espécies classificadas como clímax, não exigem luz direta para seu crescimento, conseguem se desenvolver sob condições de sombra (PIÑA-RODRIGUES et al., 1990). No entanto, suas sementes possuem baixa longevidade e não são dormentes, estão nesse grupo as sementes recalcitrantes (PAMMENTER e BERJAK, 2000). Tendo como exemplo as espécies *Allophylus edulis*

(WHITMORE, 1990); *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh. (FERREIRA e GENTIL, 2003) e *Cupania vernalis* Cambess. (VIEIRA et al., 2008).

2.4.2 Efeito da temperatura na germinação

No ambiente, as variações de temperatura são frequentes e possuem influência direta no controle do desenvolvimento da planta e conseqüentemente das sementes, as quais se encontram continuamente expostas a essas variações térmicas. Assim, afetando consideravelmente a uniformidade do processo germinativo das sementes, a porcentagem e o índice de velocidade de germinação, por atuar na absorção de água e nas reações bioquímicas responsáveis pela regulação do metabolismo (FIGLIOLA et al., 1993; BEWLEY e BLACK, 1994; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Vale ressaltar, que não existe uma única temperatura ótima de germinação para todas as espécies (SILVA et al., 2017), uma vez que o processo germinativo apresenta uma série de atividades metabólicas, com ordenadas reações químicas, e cada uma segue exigências próprias quanto à temperatura, ou seja, as sementes apresentam capacidade germinativa em limites bem definidos, característicos para cada espécie, daí o interesse ecofisiológico de estudos voltados à identificação das temperaturas cardeais para cada espécie, que são as temperaturas: ótima, que proporciona o maior número de sementes germinadas em menor período de tempo; mínima, abaixo da qual não ocorre a germinação, devido à ausência de energia suficiente para ativação da atividade enzimática que participa do metabolismo; e máxima, acima da qual não ocorre germinação, devido à desnaturação das enzimas e a perda de aminoácidos durante a germinação, resultado de danos causados às membranas (RILEY, 1981; FLOSS, 2008; MARCOS FILHO, 2015).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), as temperaturas máximas e/ou acima da ótima aceleram a velocidade de germinação, mas apenas as sementes vigorosas conseguem germinar, com conseqüente redução da porcentagem de germinação. Já as temperaturas mínimas e/ou abaixo da ótima tendem a reduzir o índice de velocidade de germinação e alterar a uniformidade de emergência, provavelmente devido ao aumento do tempo de exposição das sementes ao ataque de patógenos e a fatores adversos do ambiente. Borges e Rena (1993) mencionam que no geral a temperatura mais adequada para a germinação da maior parte das espécies florestais situa-se entre 20 e 30 °C. Sendo este intervalo aumentado anos depois por Nassif et al. (1998), os quais mencionaram que a temperatura ótima para a germinação da maioria das espécies tropicais situa-se entre 15 e 30 °C, com máxima variando de 35 a 40 °C e a mínima geralmente são inferiores a 15 °C, embora dependendo da espécie,

pode aproximar-se do ponto de congelamento (COPELAND e McDONALD, 1995; MARCOS FILHO, 2015).

Na busca do conhecimento das temperaturas cardeais, observou-se, por exemplo, que a temperatura de 30 °C foi considerada ótima para a germinação de sementes de *Cupania vernalis* Cambess. (LIMA JÚNIOR, 2004) e *Sapindus saponaria* L. (OLIVEIRA et al., 2012) embora tais sementes germinaram, consideravelmente, dentro da faixa de temperatura de 25 e 30 °C. Souza Filho et al. (2012), estudando o efeito da temperatura em sementes de *Magonia pubescens* St. Hil., constataram que a temperatura ótima situa-se entre 20 e 30 °C, a mínima entre 5 e 15 °C e a máxima entre 40 e 45 °C. Assim, quando as sementes são submetidas a temperaturas inferiores à ótima, o período de germinação é maior, ocasionado devido à redução das atividades enzimáticas, contribuindo para a diminuição da velocidade de germinação. Já as temperaturas elevadas são responsáveis por acelerar a velocidade de germinação, resultando na perda de aminoácidos da semente (HENDRICKS e TAYLORSON, 1976; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Segundo Smith et al. (2002), existem várias espécies florestais capazes de alcançar sua máxima germinação quando submetidas a temperaturas alternadas, devido à capacidade de superação da dormência, contribuindo para o aumento da uniformidade de germinação. Como é o caso das sementes de *Heliocarpus donnelsmithii* Rose. (VÁZQUES-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1989); *Croton floribundus* Spreng. (ABDO e PAULA, 2006); *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (LIMA et al., 2011) e *Parkia platycephala* Benth. (SILVA et al., 2017).

2.5 Dormência

O conhecimento das condições adequadas para a germinação de sementes de uma determinada espécie é crucial, principalmente pelas respostas diferenciadas frente aos diversos fatores que influenciam no processo germinativo, como por exemplo, a dormência (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). De acordo com Kramer e Kozlowski (1972), aproximadamente um terço das espécies conseguem germinar imediatamente em condições favoráveis, ao atingirem a maturidade fisiológica assim que as sementes são liberadas da planta-mãe e as demais possuem algum grau de dormência que as impedem de germinar, podendo ser superada pela utilização de tratamentos pré-germinativos.

A dormência é considerada um mecanismo de defesa, caracterizada por distribuir a germinação no tempo (FOWLER e MARTINS, 2001; DUTRA, 2007), garantindo maior probabilidade de sobrevivência das espécies, mantendo as sementes viáveis por um maior período de tempo e impedindo a germinação das sementes em condições desfavoráveis do

ambiente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Contudo, para os silvicultores, a dormência torna-se um obstáculo à germinação, necessitando ser superada em virtude do longo tempo exigido para que ocorra a germinação, buscando diminuir e/ou eliminar a desuniformidade do processo germinativo e a deterioração das sementes, que é facilitada por estas permanecerem mais tempo no solo, sujeitas às condições adversas do ambiente, favorecendo o ataque por agentes patogênicos (BORGES et al., 1982; EIRA e CALDAS, 2000). Para Fenner e Thompson (2005), a função principal da dormência é evitar a germinação quando as condições ambientais são favoráveis à germinação, mas desfavoráveis à sobrevivência e ao crescimento da plântula.

Existem fatores que atuam isolados ou em conjunto no bloqueio da germinação da semente. De acordo com Baskin e Baskin (2001), perante os fatores conhecidos é possível citar cinco tipos de dormência: fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física e dormência combinada.

A dormência fisiológica refere-se aquela em que existe a presença de substâncias inibidoras ou a falta de substâncias promotoras da germinação, que impossibilitam que o processo germinativo ocorra. Esta ainda pode ser dividida em: dormência profunda (quando os embriões não crescem ou se crescem, geram plântulas anormais) e dormência não profunda (quando os embriões geram plântulas normais). A morfológica está relacionada diretamente ao tamanho do embrião da semente (subdesenvolvido), mas é diferenciado em cotilédones e eixo hipocótilo-radícula, ou seja, nessa classificação de dormência, o embrião não é fisiologicamente dormente, necessita apenas de tempo para crescer/desenvolver e dar início à germinação. Na dormência morfofisiológica os embriões também são subdesenvolvidos, além de serem fisiologicamente dormentes. A física é caracterizada por apresentar tegumento e/ou pericarpo impermeáveis à entrada de água. Já a dormência combinada nada mais é que a coexistência da dormência fisiológica do embrião e a impermeabilidade do tegumento à água (BASKIN e BASKIN, 2004).

Fowler e Bianchetti (2000) relatam que a dormência tegumentar é a mais comum entre as demais, caracterizada pela impermeabilidade do tegumento a água e ao oxigênio, devido à presença de inibidores químicos no tegumento ou a sua dureza, que atuam impedindo o crescimento do embrião. A superação da dormência tegumentar pode ser realizada através da escarificação, uma técnica que promove a ruptura do tegumento permitindo a absorção de água pela semente, culminando com a germinação, podendo ser: química ou mecânica. A química é um tratamento bastante utilizado para superação da dormência em espécies florestais, utilizando-se o ácido sulfúrico para superar a impermeabilidade do tegumento, com

o intuito de acelerar a germinação (SMITH et al., 2002), sendo este método eficiente na superação da dormência de sementes de *S. saponaria* (OLIVEIRA et al., 2012), entre outras. Ainda segundo estes autores, o sucesso obtido com a utilização do ácido sulfúrico para superação da dormência tegumentar, tem relação com a espécie e principalmente com o tempo de exposição ao ácido. Vale ressaltar que tal método deve ser utilizado mediante cuidado, devido aos riscos para quem o manuseia e evitando desperdício, uma vez que o produto é de alto custo e difícil obtenção.

A escarificação mecânica é considerada uma técnica barata e simples de ser executada, onde faz-se uso de material de superfície abrasiva para romper o tegumento. Embora simples, é preciso atenção, a fim de evitar a escarificação excessiva, o que resultaria em danos aos tecidos e prejudicaria a uniformidade e velocidade de germinação das sementes (HERMANSEN et al., 2000). Na natureza, a escarificação é realizada pela ação de microrganismos, ingestão por animais, abrasão mecânica, temperaturas alternadas, queimadas e pela chuva, causando a lixiviação de inibidores de crescimento ou simplesmente pela ação do tempo (BRASIL, 2009; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). A escarificação mecânica foi utilizada como tratamento em sementes de *Sapindus saponaria* L. (FARIA e DAVIDE, 1991), *Cupania vernalis* Camb. (LIMA JÚNIOR, 2004), *Ormosia arborea* (Vell.) Harms (LOPES et al., 2004), *Sterculia striata* A. St. Hil. e *Naudin* (MATA, et al., 2010). Para esses autores, a explicação para o sucesso desse tratamento, está diretamente relacionado com a intensidade com que é realizada a escarificação, assim podendo comprometer a qualidade das sementes.

2.6 Vigor

Durante anos, os tecnologistas de sementes buscam desenvolver testes rápidos visando determinar o potencial fisiológico das sementes. Quando as condições ambientais são adversas, cresce a necessidade de utilização de metodologias capazes de expressar o potencial fisiológico das sementes, recomendando-se a realização de uma série de testes com este fim (CERVI e MENDONÇA, 2009). Segundo Marcos Filho (2015), o uso de apenas um teste de vigor gera informações incompletas, sendo recomendado a combinação dos resultados de diferentes testes para se obter informações mais precisas. O vigor é uma das propriedades das sementes que determina o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas normais em uma extensa faixa de condições ambientais (AOSA, 1983).

Os testes de vigor permitem identificar as diferenças associadas ao desempenho de lotes de sementes ao longo do armazenamento ou após a semeadura, buscando selecionar

lotes com maior eficiência (mais vigorosos) para o estabelecimento do estande sujeito a ampla variação ambiental. Assim, a simplicidade associada a bons resultados obtidos com esses testes, os tornam promissores em vários campos de pesquisa, sendo adjuntos ao teste de germinação nos estudos voltados à avaliação da qualidade de sementes. Hampton e Coolbear (1990) comentam que uma das principais exigências para se avaliar o vigor de sementes, é a obtenção de resultados confiáveis em um curto período de tempo, permitindo agilizar a tomada de decisões quanto ao manejo dos lotes, ao longo das etapas de pós-colheita das sementes.

De acordo com Popinigis (1985), a qualidade de um lote de sementes envolve uma série de atributos que definem seu valor para semeadura, podendo ser de natureza genética, física, fisiológica e sanitária. Vale ressaltar que, o vigor diminui à medida que o processo de deterioração aumenta, sendo este último inevitável, pois refere-se ao processo de envelhecimento e morte da semente, enquanto que o vigor é o principal componente da qualidade, prejudicado pela deterioração (DELOUCHE, 2002).

A classificação de MacDonald Jr. (1975), segundo Marcos Filho (2015), separa os testes em: (i) físicos: avaliam a morfologia ou características físicas das sementes que possam estar associadas ao vigor; (ii) fisiológicos: buscam quantificar atividades fisiológicas específicas, cuja manifestação depende do vigor; (iii) bioquímicos: estudam alterações bioquímicas associadas ao vigor das sementes e (iv) testes de resistência: que avaliam o desempenho de sementes expostas a condições de estresses.

A primeira contagem do teste de germinação pode ser usada como um teste de vigor, pois permite constatar que a velocidade de germinação diminui com o aumento da deterioração, ou seja, existe uma relação direta entre a velocidade e o vigor das sementes. Dessa forma, lotes com maiores valores de germinação na primeira contagem podem ser considerados mais vigorosos, uma vez que o método da velocidade de germinação tem como base o princípio de que os lotes que apresentam maiores valores de velocidade de germinação de sementes são ditos mais vigorosos. Embora seja um teste simples e de fácil execução, possui baixa sensibilidade, verificando apenas pequenas diferenças de vigor entre os lotes analisados. Outro teste simples e utilizado para determinação do vigor é a emissão da raiz primária (BEWLEY e BLACK, 1994; NAKAGAWA, 1999).

São consideradas mais vigorosas as amostras de sementes que geram plântulas com maiores valores de comprimento da parte aérea e massa verde ou seca, demonstrando a eficiência da ação de mecanismos de reparo e da mobilização de reservas e síntese de novos tecidos durante a germinação, gerando plântulas com maior peso em função do acúmulo de

matéria, sendo esta característica utilizada como um teste de vigor (AOSA, 1983; TAIZ et al., 2017).

Em meio aos testes de vigor considerados mais importantes pela Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) e pela International Seed Testing Association (ISTA, 1995), o de condutividade elétrica merece destaque. Este baseia-se na integridade das membranas celulares e apresenta como vantagens: a rapidez, a praticidade e a facilidade de execução. Trata-se de um teste promissor para avaliação do vigor de lotes de sementes, pois permite que o processo de deterioração seja detectado ainda em sua fase inicial e, conseqüentemente, que sejam tomadas medidas necessárias com objetivo de minimizar o seu efeito na qualidade fisiológica da semente (DIAS e MARCOS FILHO, 1996).

O teste de tetrazólio tem sido muito utilizado para determinação do índice de vigor de muitas espécies, principalmente no que diz respeito a grandes culturas (FRANÇA NETO, 1999), no entanto, não é muito difundido quando trata-se de espécies perenes, como é o caso das florestais, uma vez que muitas dessas precisam de longo período para germinarem. Mediante essa situação, ensaios têm sido desenvolvidos com intuito de reduzir o tempo requerido para obtenção de resultados do teste de tetrazólio, a partir de metodologias adequadas para cada espécie (NASCIMENTO e CARVALHO, 1998).

Conforme Brasil (2009), este teste tem como objetivo principal diferenciar as sementes viáveis das não viáveis, através de mudanças nos padrões de coloração e de sanidade dos tecidos da semente, quando expostas a solução de sal de tetrazólio, o mesmo é reduzido pela ação das enzimas desidrogenases dos tecidos vivos, resultando num composto vermelho-carmim, denominado de trifetilformazam (OLIVEIRA et al., 2016). Tecidos mortos ou muito deteriorados não são coloridos, dessa forma, as alterações no padrão de coloração tem relação direta com a viabilidade da semente, tornando possível a diferenciação das sementes quanto ao seu vigor. Frente a isso, os embriões de sementes viáveis colorem completamente e, se parcialmente coloridos, os padrões de coloração ainda indicam que a semente é viável. Já as sementes não viáveis, não possuem coloração bem definida e suas estruturas essenciais exibem textura flácida ou não coloridas, uma vez que, tecidos mortos apresentam cor branca ou amarelada (VIEIRA e VON PINHO, 1999).

Os embriões apresentam coloração vermelha-brilhante ou rósea, quando o hidrogênio resultante da respiração das células vivas interage com a solução de tetrazólio absorvida. Vale ressaltar que, os tecidos viáveis absorvem lentamente essa solução e adquirem coloração mais leve, enquanto que os embriões deteriorados possuem cor vermelha-carmim forte. Entretanto,

a presença de tecidos não coloridos, firmes e sadios implica em maior resistência à penetração da solução do que a morte dos tecidos (BHÉRING et al., 1996; FRANÇA NETO, 1999).

A eficiência do teste de tetrazólio é influenciada pela metodologia adotada, tendo como princípio o pré-condicionamento, preparo das sementes, concentração da solução, tempo de exposição, temperatura e critérios de interpretação (OLIVEIRA, MARTINS e NAKAGAWA, 2011).

O pré-condicionamento, visa facilitar a hidratação e retirada do tegumento das sementes, favorecendo a penetração da solução de tetrazólio, bem como, ativar o sistema enzimático, proporcionando uma coloração mais clara e evidente de seus tecidos (AZERÊDO, PAULA e VALERI, 2011). As concentrações da solução, bem como o tempo de exposição utilizados nesse teste, variam de acordo com a espécie. Marcos Filho et al. (1987) afirmam que as concentrações mais utilizadas são 0,075; 0,1; 0,2; 0,5 e 1,0%. Durante o tempo de imersão das sementes na solução de tetrazólio, é necessário que sejam mantidas no escuro, pois a luz pode interferir na coloração da solução e comprometer os resultados do teste. O teste de tetrazólio possui muitas vantagens, dentre elas: não é afetado por possíveis alterações de condições que interferem nos resultados do teste padrão de germinação, como por exemplo: a presença de fungos; analisa as condições físicas e fisiológicas do embrião de cada semente separadamente; proporciona rápida avaliação da viabilidade; permite diferenciar lotes de sementes com diferentes níveis de viabilidade; é eficiente no diagnóstico das possíveis causas da perda de viabilidade das sementes; e para sua execução demanda equipamentos simples e acessíveis (MARCOS FILHO, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

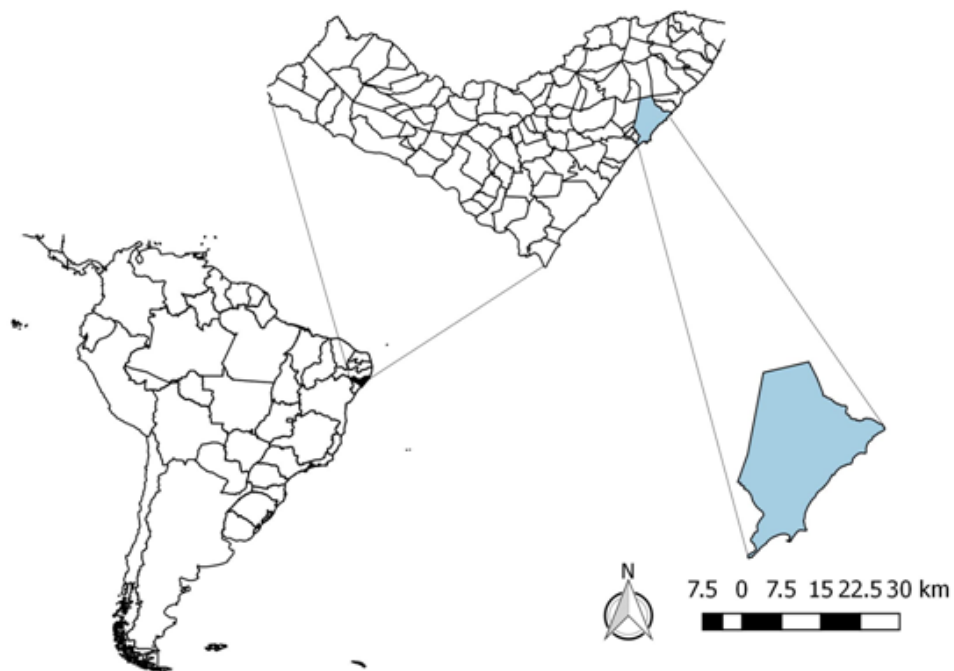
3.1 Local de execução do experimento

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Propagação de Plantas do Centro de Ciências Agrárias (CECA) e no Laboratório de Biocombustíveis e Energia, ambos pertencentes à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizados nos municípios de Rio Largo e Maceió, respectivamente, estado de Alagoas.

3.2 Colheita e extração das sementes

Frutos de *S. saponaria*, foram colhidos com auxílio de tesoura aérea com cabo extensor, de oito árvores matrizes localizadas no município de Maceió, situado a 9°37'40,90'' de latitude e 35°44'18,13'' de longitude, com uma altitude de 59 m, em dezembro de 2014 (Figura 1).

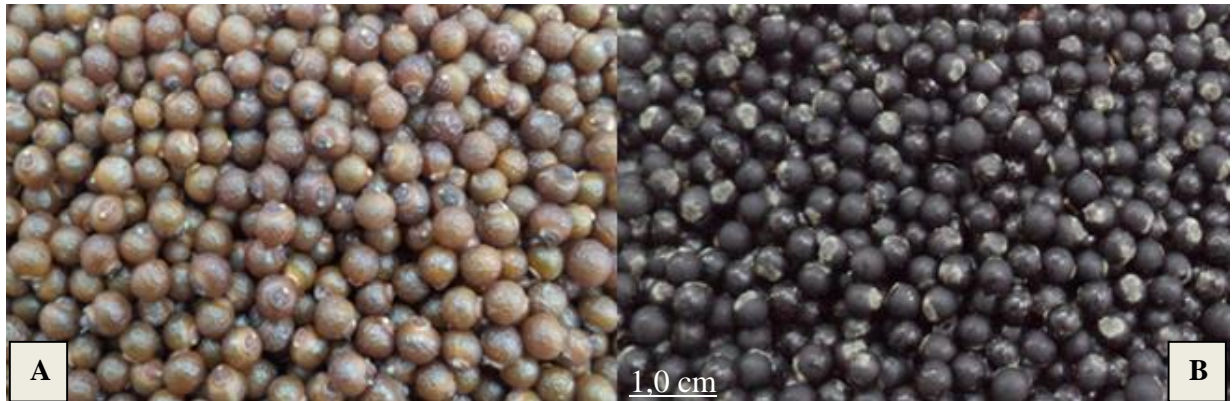
Figura 1 – Local de coleta dos frutos de *Sapindus saponaria* L.



Após a colheita dos frutos, foram encaminhados para o Laboratório de Propagação de Plantas, para a extração manual, limpeza e homogeneização das sementes, sendo retiradas aquelas mal formadas e danificadas por insetos ou fungo (Figura 2A-B). Por ocasião da colheita, foi realizada a determinação do teor de água das sementes, utilizando, quatro

amostras de 25 sementes, submetidas ao método estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ prescrito pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Figura 2 – Frutos (A) e sementes (B) de *Sapindus saponaria* L.

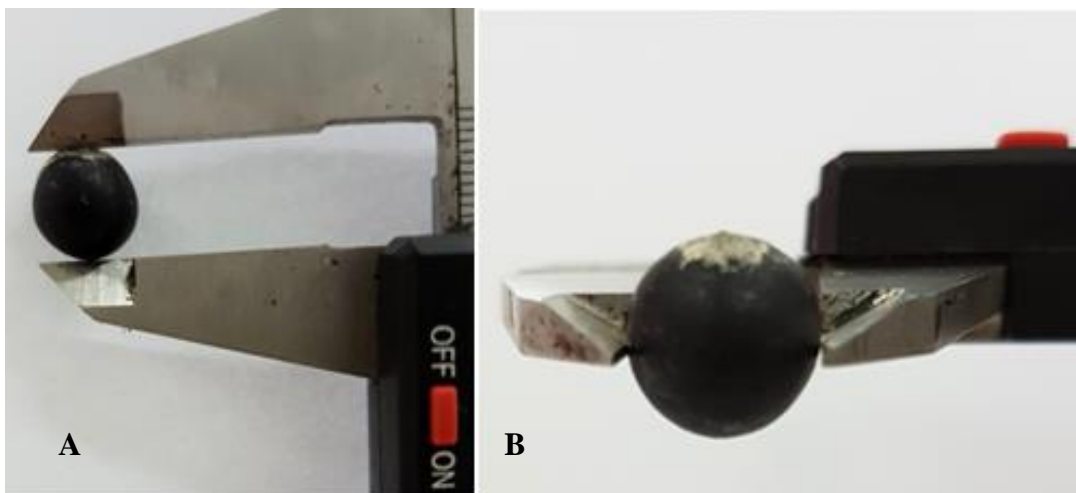


Fonte: Autora, 2018.

3.3 Caracterização morfométrica das sementes

Para a caracterização física, foram determinados comprimento (mm) e largura (mm), com auxílio de um paquímetro digital de precisão de 0,1 mm, utilizando oito repetições de 100 sementes. O comprimento foi determinado a partir da base até o ápice (Figura 3A) e a largura foi medida na linha mediana das sementes (Figura 3B). Para cada variável, foram calculadas a média, a moda, a mediana, a amplitude de variação, o desvio padrão e o coeficiente de variação (BANZATO e KRONKA, 1992; MELO et al., 2015).

Figura 3 – Mensuração do comprimento (A) e largura (B) de sementes de *Sapindus saponaria* L.



Fonte: Autora, 2018.

Os dados de comprimento e largura de sementes foram agrupados em classe para melhor apresentação no histograma de frequência. Para indicar o grau de distorção da distribuição em relação a uma distribuição simétrica foi calculado o coeficiente de assimetria de Person (AS), em que:

$AS = 3 (\text{Média-Mediana}) / \text{Desvio Padrão}$, sendo o resultado classificado de acordo com a seguinte escala:

$|AS| < 0,15$: assimetria pequena

$0,15 < |AS| < 1$: assimetria moderada

$|AS| > 1$: assimetria elevada

Foi feita a determinação do peso de 1.000 sementes, utilizando oito repetições de 100 sementes, em seguida, calculou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação (BRASIL, 2009).

Para as observações morfológicas internas e externas, as sementes foram previamente imersas em água destilada por 24 horas a 30 °C, para amolecimento e hidratação dos tecidos. Transcorrida esta etapa realizou-se o corte longitudinal das mesmas com lâmina e em seguida foram observadas em lupa e a olho nu, considerando os aspectos: coloração, textura e consistência do tegumento, posição do hilo e micrópila. Para os aspectos internos foi feito um corte longitudinal, observando-se o embrião, forma, tamanho, presença ou ausência de endosperma.

3.4 Extração e determinação do teor de óleo bruto das sementes

A extração e quantificação do óleo foi realizada de acordo com a metodologia de Oliveira et al. (2009) utilizando o sistema extrator Soxhlet, com solvente hexano (Figura 4A).

As amostras foram postas para secar em estufa a 80 °C por 24 horas, com posterior quantificação de suas massas. Para a obtenção de material suficiente para quantificação do óleo, foram realizadas três extrações, triplicata, onde para cada extração 10g de amostra seca era acondicionada em um cartucho em formato de cone, feito com papel filtro e levadas ao extrator Soxhlet, o hexano do fabricante Dinâmica (Grau de Pureza P.A.), foi o solvente usado para refluxo. Cada extração foi realizada a temperatura de 90 °C por 6 horas.

Ao final das extrações, foi obtida uma mistura heterogênea contendo: hexano, óleo, vestígios de componentes voláteis e outros lipídios em menor quantidade. Está, foi levada ao evaporador rotativo para eliminação do solvente hexano (Figura 4B), enquanto que, o demais

componentes da mistura, exceto o óleo, foram eliminados utilizando-se um sistema de alto vácuo.

O percentual em massa do óleo bruto de cada amostra foi obtido pela divisão entre a massa do óleo e massa da amostra, multiplicado por 100. A porcentagem média do teor de óleo das extrações foi à média aritmética dos percentuais das três extrações.

Figura 4 – Sistema extrator Soxhlet (A) e evaporador rotativo (B).



Fonte: Autora, 2018.

3.5 Determinação da composição percentual de ácidos graxos

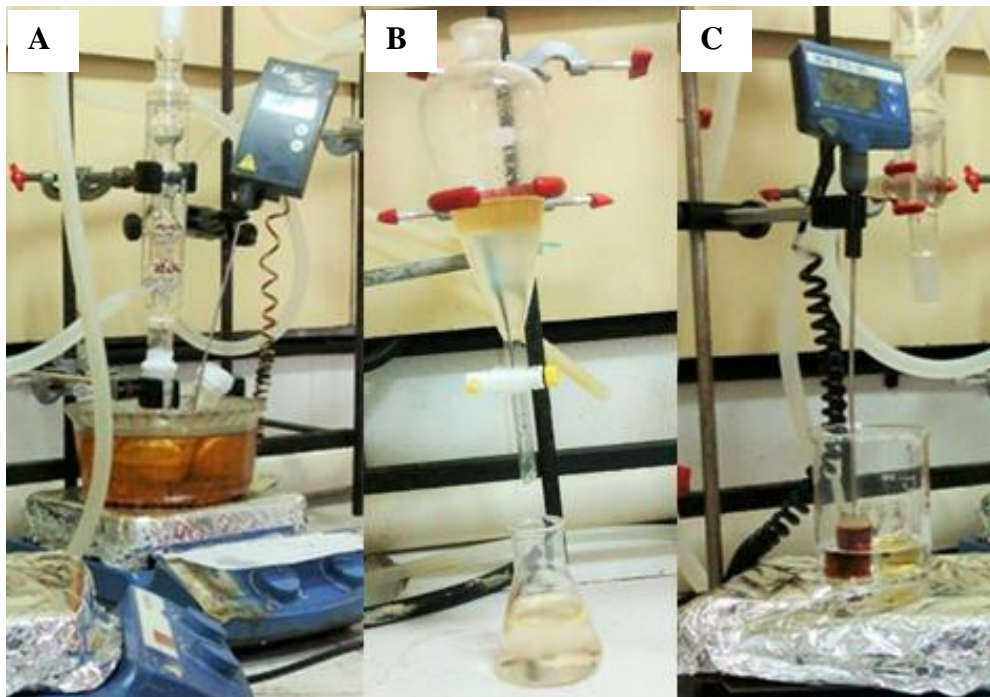
O óleo passou pelo processo de transesterificação para quantificação dos ácidos graxos, com intuito de obter 100% desses ácidos esterificados para posterior aplicação na análise via cromatografia gasosa (CG).

Para a reação de transesterificação (Figura 5A) utilizou-se um balão de 50 mL, com 0,5 g do óleo bruto, 10 mL de metanol e 0,5 mL de H_2SO_4 , o qual foi acoplado ao condensador e aquecido por uma hora à temperatura de 60 °C, com agitação moderada (SILVA et al., 2010).

Ao término do período de aquecimento, o sistema reacional foi interrompido para permitir o resfriamento, passados 5 minutos, 2 mL de éter etílico foi adicionado no balão para remover qualquer vestígio da mistura reacional no condensador. Passada essa etapa, a mistura reacional resultante deste processo foi transferida para um funil de separação, a qual passou

por tratamento de glicerina e neutralização (Figura 5B). Para isso, foi preciso realizar três lavagens consecutivas com 10 mL de éter etílico e 10 mL de NaCl 20% (m/V), sempre descartando a fase aquosa ao final. Em seguida, adicionou-se água destilada para remoção da fase aquosa, até a água residual atingir pH neutro. A fase orgânica composta por uma mistura dos ésteres metílicos e éter etílico, foi transferida para um recipiente, no qual foi adicionado $MgSO_4$, ou seja, um agente dessecante, seco em estufa por 24 horas na temperatura de 80 °C para remover toda a água. Na fase seguinte, o material foi filtrado e transferido para um béquer. Este, contendo a mistura, foi aquecido a 40 °C em banho-maria, para eliminação do éter etílico (Figura 5C). Ao fim desse processo, a amostra resultante, foi armazenada em eppendorf e conservada em geladeira até o momento da análise por cromatografia gasosa.

Figura 5 – Extração de óleo de sementes de *Sapindus saponaria* L., reação de transesterificação (A), funil de separação (B) e banho-maria (C).



Fonte: Autora, 2018.

Foi realizada a adaptação do método prescrito pela norma europeia EN 14103, necessitando dissolver 0,05 gramas de amostra em 1 mL de hexano. Bem como foram realizadas três análises para extração, triplicata, em cada análise injetou-se 1 μ L da solução (amostra em hexano), no instrumento CG-2010/Shimadzu equipado com um sistema de injeção split/spliteless operando a 250 °C, razão de split de 100:1, volume de amostra de 1,0

μL e detector de ionização de chama (FID). Foi utilizada uma coluna capilar apolar ZB-WAXplus com 30,0 mm de comprimento, 0,32 mm de diâmetro interno e filme com 0,25 μm de espessura e gás hidrogênio, de alta pureza (99,95 % LINDE), usado como gás de arraste. A sequência da temperatura foi: inicial, aquecimento de 160 °C até 225 °C, a uma taxa de 15 °C/min; aquecimento de 225 °C até 245 °C, a uma taxa de 3 °C/min. A composição em ácidos graxos foi calculada com base na identificação e integração das áreas dos picos por normalização (SILVA et al., 2010).

3.6 Desenvolvimento pós-seminal de plântulas

O acompanhamento e registro das diferentes fases do desenvolvimento pós-seminal foram realizados conforme Oliveira (1993). Neste ensaio, foram observados diariamente os diferentes estádios de desenvolvimento das plântulas. Foram avaliadas as anormalidades ocorridas nas plântulas, bem como o tipo de germinação da espécie em questão, a partir de observações no teste de germinação. Quatro repetições de 25 sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, umedecidas com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel, e cobertas por uma terceira folha. Em seguida, foram formados rolos, sendo estes acondicionados em germinador regulado à temperatura de 30 °C, sob luz constante.

3.7 Avaliação da qualidade fisiológica inicial das sementes

As sementes foram lavadas em água destilada e posteriormente realizou-se os seguintes tratamentos para superação da dormência:

- Escarificação mecânica, utilizando lixa nº 6, friccionando o tegumento no lado oposto à micrópila;
- Escarificação química, imergindo as sementes em ácido sulfúrico concentrado (98%) por diferentes períodos (5, 10, 20, 30 e 40 minutos), seguido de lavagem em água corrente;
- Imersão em água quente (80 °C) até atingir a temperatura ambiente;
- Imersão em água destilada (temperatura ambiente) por 24 horas;
- Testemunha (sementes intactas)

Para avaliação da eficiência dos tratamentos pré-germinativos, foi realizado o teste de germinação, conduzido com quatro repetições de 25 sementes. As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, previamente umedecidas com água destilada na

proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, cobertas por uma terceira e, mantidas em câmara de germinação regulada à temperatura de 30 °C, sob luz (CAMARA et al., 2009).

A contagem do número de sementes germinadas foi realizada diariamente durante 30 dias, duração do ensaio, sendo consideradas germinadas as sementes que originaram plântulas normais com todas as estruturas essenciais perfeitas (BRASIL, 2009), conforme prescreve as Regras para Análise de Sementes para outras espécies.

3.8 Temperatura

Utilizando o melhor tratamento de superação definido, as sementes foram acondicionadas em rolos de papel toalha autoclavados, em seguida mantidas em germinadores regulados nas temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 °C e alternada de 20-30 °C, sob luz branca.

As contagens foram realizadas diariamente durante 30 dias, duração do ensaio, sendo consideradas germinadas as sementes que originaram plântulas normais com todas as estruturas essenciais perfeitas (BRASIL, 2009), conforme prescreve as Regras para Análise de Sementes para outras espécies.

3.9 Temperatura e qualidade de luz

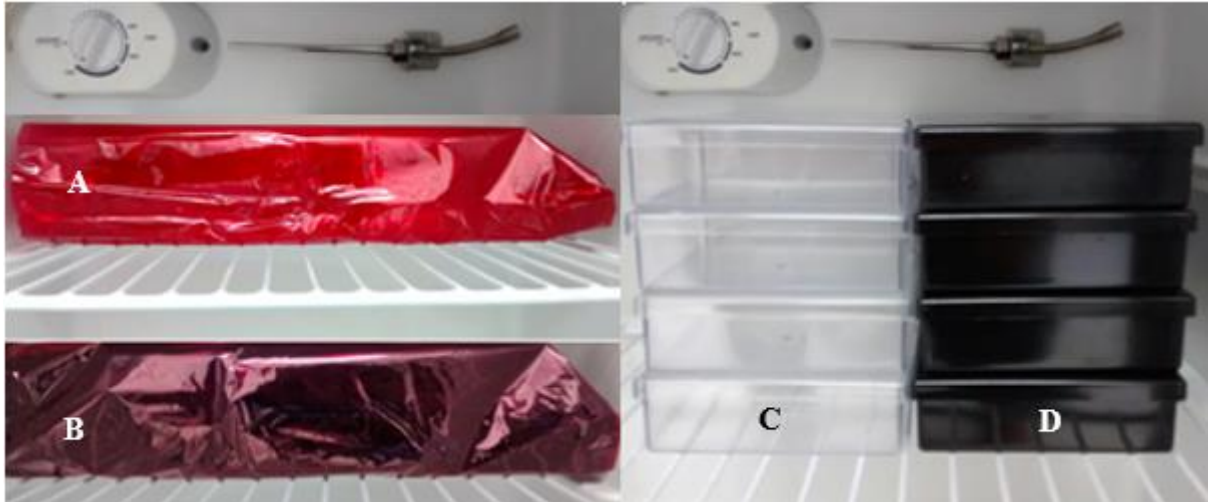
Para avaliação do comportamento germinativo em função da luz e temperatura, as sementes foram previamente lavadas em água destilada.

Os ensaios foram realizados em câmara de germinação do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D), reguladas nas temperatura de 30 °C e alternada de 20-30 °C, utilizando quatro repetições de 25 sementes, por tratamento. As contagens foram realizadas diariamente durante 30 dias, duração do ensaio, sendo a instalação e as observações realizadas sob luz verde de segurança (sala escura). As sementes foram distribuídas, em caixas plásticas (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), sobre papel toalha previamente autoclavados e umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco.

Cada tratamento foi conduzido sob luz vermelha (V), vermelho-distante (VD), branca (B) e ausência de luz (A). A qualidade de luz foi obtida utilizando-se papel celofane, onde para a luz vermelha (Figura 6A) as caixas plásticas foram revestidas com duas folhas de papel celofane vermelho e para a luz vermelho-distante, estes foram revestidas com uma folha de papel celofane vermelho e uma azul (Figura 6B), sobrepostas, conforme Menezes et al.

(2004). A luz branca foi obtida com a utilização de caixas plásticas transparentes (Figura 6C) e a ausência de luz com caixas plásticas pretas (Figura 6D).

Figura 6 – Diferentes qualidades de luz: Vermelha (A), Vermelho-distante (B), Branca (C) e Escuro (D).



Fonte: Autora, 2018.

3.10 Avaliação de metodologias para o uso do teste de tetrazólio

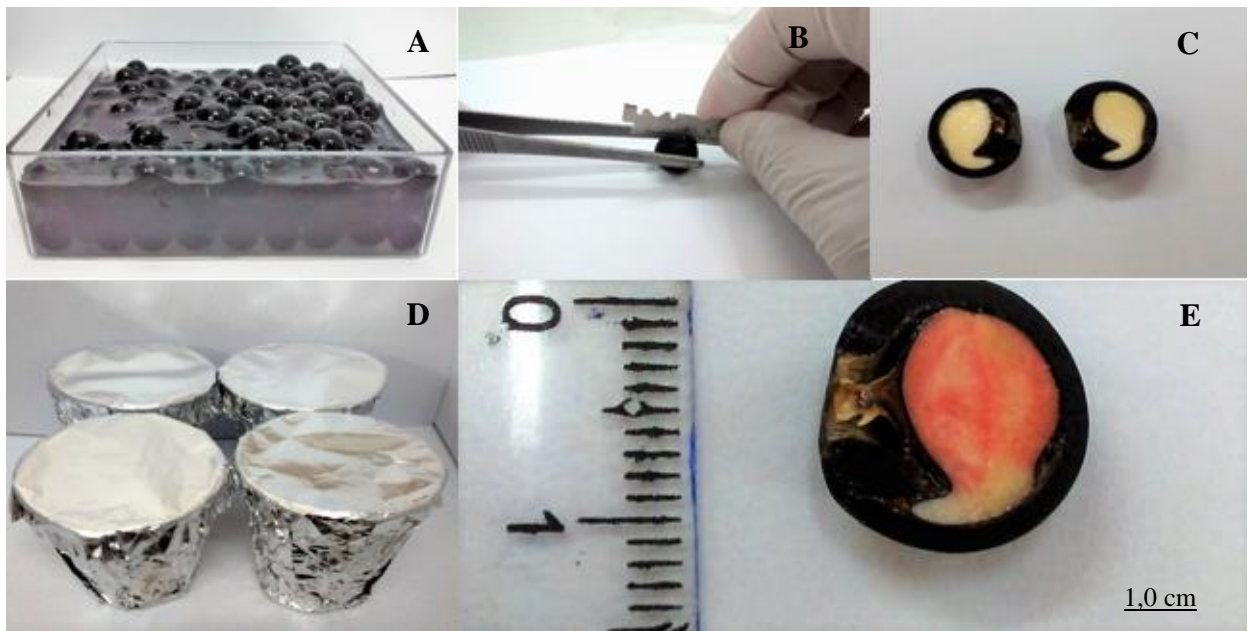
As sementes de um novo lote foram imersas em ácido sulfúrico por 30 minutos e posteriormente pré-condicionadas em água destilada por 24 horas a 30 °C (Figura 7A). Após este período, as sementes foram manualmente seccionadas longitudinalmente entre os cotilédones (Figura 7B-C). Em seguida, foram submersas por 2, 4 e 6 horas em solução de 2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio (pH 6,5 a 7,0) nas concentrações de 0,075; 0,1; 0,5 e 1,0 %, em câmara regulada a 30 °C, no escuro.

Utilizaram-se quatro repetições de 20 sementes para cada concentração da solução de tetrazólio, e período de coloração. As sementes foram imersas nas soluções de tetrazólio em quantidade suficiente para cobri-las, sendo para cada repetição, a solução colocada em copos plásticos de 50 ml (Figura 7D), cobertos com papel alumínio de acordo com as combinações (concentração x tempo). Ao término de cada período de coloração, a solução foi drenada, as sementes lavadas em água corrente e mantidas submersas em água, em ambiente refrigerado até o momento da avaliação.

As sementes foram fotografadas, analisadas uma a uma e identificado cada parte do eixo embrionário colorido pelo sal (Figura 7E). Para a caracterização das classes de coloração,

elaborou-se um esquema de coloração das sementes, observando-se a presença e a localização de danos, além das condições físicas das estruturas embrionárias.

Figura 7 – Sementes de *Sapindus saponaria* L. pré-condicionadas em água (A), seccionamento longitudinal entre os cotilédones (B), sementes seccionadas (C), imersão nas soluções de tetrazólio (D) e coloração dos tecidos (E).



Fonte: Autora, 2018.

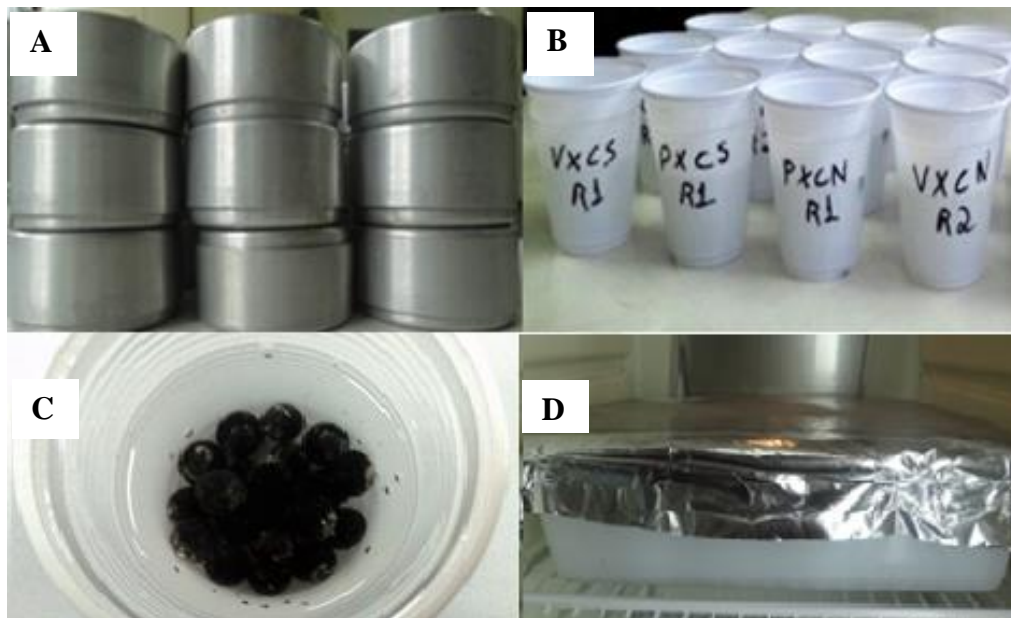
A diferenciação de cores dos tecidos foi observada de acordo com os critérios estabelecidos para o teste de tetrazólio (DELOUCHE et al., 1976; BHÉRING et al., 1996; FRANÇA NETO, 1999): vermelho brilhante ou rosa (tecido vivo e vigoroso), vermelho-carmim forte (tecido em deterioração) e branco leitoso ou amarelado (tecido morto).

Na segunda fase do experimento, a eficácia do teste de tetrazólio na estimativa da viabilidade de sementes de saboneteira, foi avaliada comparando-se os resultados obtidos com o teste de germinação (testemunha). Para o teste de germinação, quatro repetições de 25 sementes foram imersas em ácido sulfúrico por 30 minutos, e posteriormente distribuídas em duas folhas de papel toalha, previamente umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, cobertas por uma terceira. Após confecção dos rolos, os mesmos foram embalados em sacos plásticos e incubados em germinador, a temperatura de 30 °C, com presença de luz.

3.11 Teste de condutividade elétrica

Para avaliação da condutividade elétrica dos exudatos das sementes presentes na solução de embebição (75 mL de água deionizada), foram utilizadas sementes recém-colhidas e submetidas a diferentes tempos de embebição (24, 48, 72 e 96 horas), sendo a condutividade medida com auxílio do *condutivímetro* digital microprocessado *Gehaka* modelo *CG 2000* e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. (Figura 8). Foram usadas quatro repetições de 25 sementes por tratamento.

Figura 8 – Latas com as repetições de 25 sementes (A), tratamento (B), embebição das sementes (C) e acondicionamento em câmara de germinação à temperatura de 25 °C (D).



Fonte: Autora, 2018.

3.12 Variáveis analisadas

3.12.1 Porcentagem (%) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

As contagens de sementes germinadas foram realizadas diariamente, durante o período de 30 dias, fazendo-se o reumedecimento do substrato quando necessário. O critério utilizado foi o tecnológico, que considera germinadas as sementes capazes de originar plântulas normais, com todas as suas estruturas essenciais e que apresentem potencial para dar continuidade ao seu desenvolvimento (LABOURIAU, 1983; BRASIL, 2009).

Os resultados dos testes germinativos foram expressos em porcentagem e o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado, considerando o número de sementes germinadas diariamente, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Índice de Velocidade Germinação – IVG.

$$IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn,$$

G1, G2, Gn = número de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem;

N1, N2, Nn = número de dias após a sementeira.

3.12.2 Comprimento da parte aérea e raiz

Ao final de cada ensaio, avaliaram-se separadamente, o comprimento da parte aérea e raiz de todas as plântulas normais, com auxílio de uma régua e os resultados expressos em centímetro por plântula.

3.12.3 Massa seca de plântulas

Após medição do comprimento de plântulas, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel do tipo “Kraft”, sem remoção dos cotilédones e levadas à estufa regulada a 80 °C por 24 horas, conforme Nakagawa (1999). Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa, colocadas em dessecadores com sílica gel e pesadas em balança de precisão de 0,0001g. Os resultados foram expressos em g/plântulas.

3.12.4 Software Germina Quant 1.0

Um importante instrumento para indicar o desempenho de um lote de sementes é a quantificação precisa da germinação através da análise precisa dos dados de germinação acumulativos (JOOSEN et al., 2010). Tempo, velocidade, homogeneidade, frequência, e sincronia de germinação são aspectos que podem ser medidos, e que informam a dinâmica do processo de germinação. Portanto, para os ensaios de superação de dormência e temperatura, utilizou-se o software Germina Quant 1.0 (Marques et al., 2015) para obtenção das variáveis tempo e velocidade média de germinação, sincronia e incerteza (Laboriau e Valadares, 1976).

a) Tempo médio de germinação: $t = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$

Onde: **t** = tempo médio de incubação; **n_i** = número de sementes germinadas por dia; **t_i** = tempo de incubação (dias). (Unidade: dias)

b) Velocidade média de germinação: $V = 1/t$

Onde: V = velocidade média de germinação; t = tempo médio de germinação.
(Unidade: dias⁻¹).

c) Incerteza de germinação: $U = -\sum f_i \log_2 f_i$, sendo $f_i = n_i / \sum_{i=1}^k n_i$

Onde n_i , é o número de sementes germinadas em tempo i e k é o número de dias depois da observação. (Unidade: adimensional).

d) Sincronia de germinação: $Z = C_{n_i,2} / N$, sendo $C_{n_i,2} = n_i (n_i - 1) / 2$ e $N = \sum n_i (\sum n_i - 1)$.

Onde $C_{n_i,2}$ é a combinação de sementes germinadas no tempo i , dois a dois. E n_i o número de sementes germinadas no tempo i . (Unidade: bits).

3.13 Delineamento experimental e análise dos dados

Todas as avaliações estatísticas foram realizadas pelos programas: ESTAT (ESTAT, 1994) da Universidade Estadual Paulista e pelo SIVAR - Sistema de Análise de Variância, da Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2011), com ensaios conduzidos em DIC (delineamento inteiramente casualizado), com quatro repetições de 25 sementes, e os dados obtidos, submetidos à análise de variância (ANOVA).

Para os ensaios biométricos, realizou-se análise descritiva dos dados e para os testes de qualidade inicial das sementes, os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial. A comparação entre as médias de sementes viáveis para cada uma das combinações no teste de tetrazólio com os resultados do teste de germinação (testemunha) foram realizadas pelo teste de Dunnett a 5%.

As médias dos ensaios realizados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo que para a porcentagem de germinação, os dados foram transformados em $\arcsen \sqrt{x/100}$, segundo Banzatto e Kronka (1992).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização física e morfológica das sementes de *Sapindus saponaria* L.

O teor de água por ocasião da colheita das sementes de *S. saponaria* foi de 17%. Os valores de comprimento e largura apresentaram pequena amplitude de variação de aproximadamente 1,4 mm para comprimento e 1,5 mm para largura (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise descritiva do comprimento e largura das sementes de *Sapindus saponaria* L.

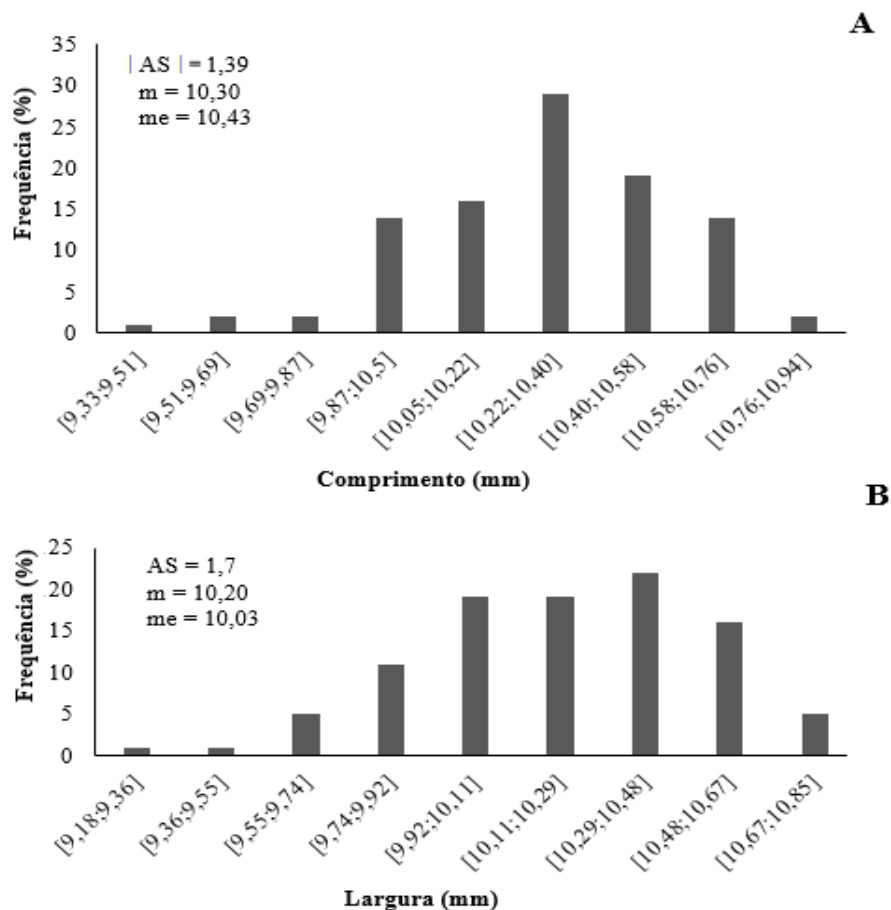
Medidas Estatísticas	Comprimento (mm)	Largura (mm)
Média	10,3	10,2
Moda	10,3	10,3
Mediana	10,4	10,0
Mínimo	9,4	9,2
Máximo	10,8	10,7
Desvio Padrão	0,2	0,3
CV (%)	2,73	3,04

A caracterização biométrica de sementes permite identificar variações genéticas dentro de populações de uma mesma espécie ou diferenciar espécies do mesmo gênero frente a fatores ambientais (GUSMÃO et al., 2006; VIRGENS et al., 2016), além de estar diretamente associada a características de dispersão e estabelecimento das plântulas, possibilitando ainda a diferenciação entre espécies pioneiras e clímax em florestas tropicais (CRUZ et al., 2001; MATHEUS e LOPES, 2007; MACEDO et al., 2009). Embora, características biométricas de sementes possam ser taxonomicamente questionáveis, devido à forte influência de variações latitudinais, sazonais e microclimáticas, possuem grande significado biológico, relacionado a agentes dispersores e síndromes de dispersão (RODRIGUES et al., 2006).

Os histogramas de frequência relativa do comprimento e largura das sementes de *S. saponaria* encontram-se na Figura 9. As sementes possuem comprimento médio de 10,3 mm (variando de 9,3 a 10,9 mm), com predominância de sementes com comprimento entre 10,2 a 10,4 mm. A largura média das sementes foi de 10,2 mm (variando de 9,1 a 10,8 mm), sendo que 22% destas predominam as sementes com largura entre 10,2 a 10,4 mm. Houve um comportamento assimétrico para o comprimento e largura das sementes sendo classificadas como assimetria elevada positiva.

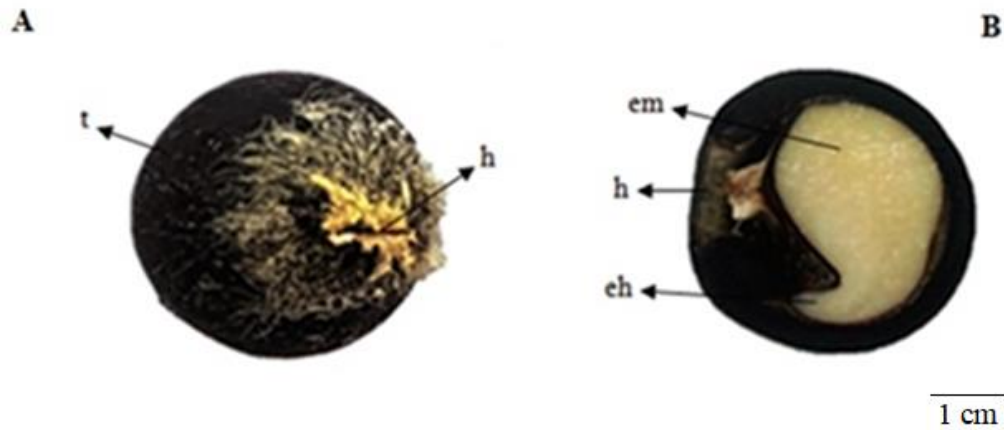
Conforme Ferreira (2000), quando os dados são assimétricos, tanto à direita (assimetria positiva) quanto à esquerda (assimetria negativa), a mediana é comumente a melhor medida de tendência central. Nesta condição, a média é sensível às observações externas, pois é impulsionada em direção aos valores atípicos, podendo ser excessivamente aumentada ou reduzida. Estudos como este, que buscam mostrar as classes dos valores mais representativos para comprimento e largura das sementes, fornecem informações relevantes para a caracterização dos aspectos ecológicos da espécie (MACEDO et al., 2009).

Figura 9 – Distribuição das frequências relativas do comprimento (A) e largura (B) de sementes de *Sapindus saponaria* L. As (assimetria), m (média) e me (mediana).



A semente de *S. saponaria* (Figura 10A) é esférica, de coloração negra brilhante, com tegumento rígido e liso, no qual pode-se distinguir facilmente a região hilar, circundada por finos pelos amarelo-esbranquiçado. Esta descrição está de acordo com a apresentada por Albiero et al. (2001), em seu estudo sobre a caracterização anatômica das folhas, frutos e sementes de *S. saponaria*. O embrião é aclorofilado, com cotilédones crassos e eixo hipocótilo-radícula curto, de coloração amarelo-esbranquiçado (Figura 10B).

Figura 10 – Caracterização morfológica da semente de *Sapindus saponaria* L., visão externa da semente (A), semente após corte longitudinal (B). (h = hilo; t = tegumento; em = embrião; eh =eixo-hipocótilo-radícula.



Fonte: Autora, 2018.

O peso de 1.000 sementes apresentou média de 672,4g, correspondente ao número aproximado de 1.487 sementes por quilograma, cujo coeficiente de variação foi de 1,35%, dentro do exigido pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), que é de no máximo 4% (Tabela 2). No entanto, esses dados são inferiores aos encontrados por Lorenzi (1992) e Frigieri et al. (2016), onde mencionaram um total de 1.870 e 1.545 unidades, respectivamente. Para Brasil (2013), o número de sementes de *S. saponaria* varia de 1.300 a 2.000 unidades por quilograma, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho e no dos demais autores citados. Possivelmente, a explicação para a variação pode estar relacionada à diferença do teor de água das sementes, o que é variável em função da época e ambiente de colheita. De acordo com Vaughton e Ramsey (1998) e Leishman et al. (2000), essa alteração no peso das sementes dentro da própria planta, pode estar relacionado, ainda, aos efeitos ocasionados pelas mudanças do meio ambiente durante a sua formação.

Tabela 2. Estatística descritiva das pesagens obtidas para o cálculo do peso de mil sementes de *Sapindus saponaria* L.

Medidas Estatísticas	Peso de mil sementes
Média das repetições (g)	67,2
Variância (s^2)	0,8
Desvio Padrão (s)	0,9
C.V. (%)	1,35

Segundo Brasil (2009), as sementes são consideradas pequenas quando apresentam valores acima de 5.000 unidades/kg, e grandes, quando inferior. Dessa forma, seguindo essa classificação, as sementes de *S. saponaria* são consideradas grandes, uma vez que, em um quilo contem 1.487 unidades.

4.2 Perfil lipídico

Os perfis de ésteres metílicos de ácidos graxos obtidos das sementes de *S. saponaria* estão presentes na Tabela 3. O ácido oléico (C18:1) foi predominante no óleo extraído das sementes de *S. saponaria*, com 57,6%, seguindo dos ácidos gadoléico (C20:1), linoléico (C18:2), eicosanóico (C20:0) palmítico (C16:0), lignocérico (C24:0), esteárico (C18:0), linolênico (C18:3), behênico (C22:0), erúcico (C22:1), palmitoléico (C16:1) e caprílico (C8:0), totalizando a quantificação de doze ácidos graxos. O teor de óleo encontrado nas sementes foi de 7,25%, sendo a maior parte composta por ácidos graxos insaturados (78,9%) e 21,1% de saturados. Lovato et al. (2014), obtiveram resultados semelhantes ao quantificar o óleo de *S. saponaria*, onde o ácido oléico foi o mais abundante, com cerca 52,45%. Ainda segundo estes autores, foi possível quantificar um total de sete ácidos graxos, sendo 57,60% destes insaturados e 42,40% saturados. Na espécie *Sapindus mukorossi* o ácido oléico representou 62,8 % (SENGUPTA et al., 1975).

A qualidade de um óleo é dada por sua composição de ácidos graxos, e sua estabilidade varia de acordo com a porcentagem do ácido graxo predominante neste, o que indicará a necessidade ou não de utilização de antioxidantes frente ao armazenamento das sementes.

Tabela 3 – Perfis de ácidos graxos obtidos do óleo das sementes de *Sapindus saponaria* L.

ÁCIDO GRAXO	REPRESENTAÇÃO	% PORCENTAGEM
Caprílico	C8:0	0,2
Palmítico	C16:0	6,5
Palmitoléico	C16:1	0,2
Esteárico	C18:0	2,4
Oléico	C18:1	57,6
Linoléico	C18:2	8,1
Linoléico	C18:3	1,6
Eicosanóico	C20:0	8,1
Gadoléico	C20:1	10,9
Behênico	C22:0	0,9
Erúcico	C22:1	0,5
Lignocérico	C24:0	3,0

A estabilidade oxidativa dos óleos tende a ser menor com o aumento de compostos polinsaturados, como os ácidos linoléico e linolênico, por serem susceptíveis a auto-oxidação. Assim, altos teores de ácido linoléico e linolênico resultaram em maior velocidade de oxidação, de 64 e 100 vezes maior, respectivamente, que a oxidação por ácido oléico (OETTERER, REGITANO-D'ARCE e SPOTO, 2006; RAMOS et al., 2009). Vale ressaltar que, modificações na qualidade do óleo podem ser percebidas por alterações na proporção dos ácidos graxos, estes por sua vez, sofrem forte influência das condições ambientais, sobretudo da temperatura durante o desenvolvimento das sementes. Oliveira e Vieira (2004) relatam que altas temperaturas proporcionam o aumento dos níveis de ácido oléico e a redução dos níveis de ácido linoléico.

De acordo com Santos et al. (2010), a família Sapindaceae se destaca por apresentar sementes com potencial para produção de óleo para biodiesel, bem como diferenças em sua composição de ácidos graxos. No presente estudo, o conteúdo de óleo encontrado em sementes de *S. saponaria* foi de 7,25%, considerado baixo quando comparado a outras espécies da mesma família, como foi o caso das espécies *Magonia pubescens*, *Paullinea* sp. e *Dilodendron bipinnatum* estudadas por Nunes (2012), que apresentaram elevados teores de óleos, acima de 25%, sendo consideradas potencialmente promissoras para produção de biocombustíveis, devido a maior proporção de ácidos graxos monoinsaturados em sua composição.

4.3 Desenvolvimento pós-seminal de plântulas

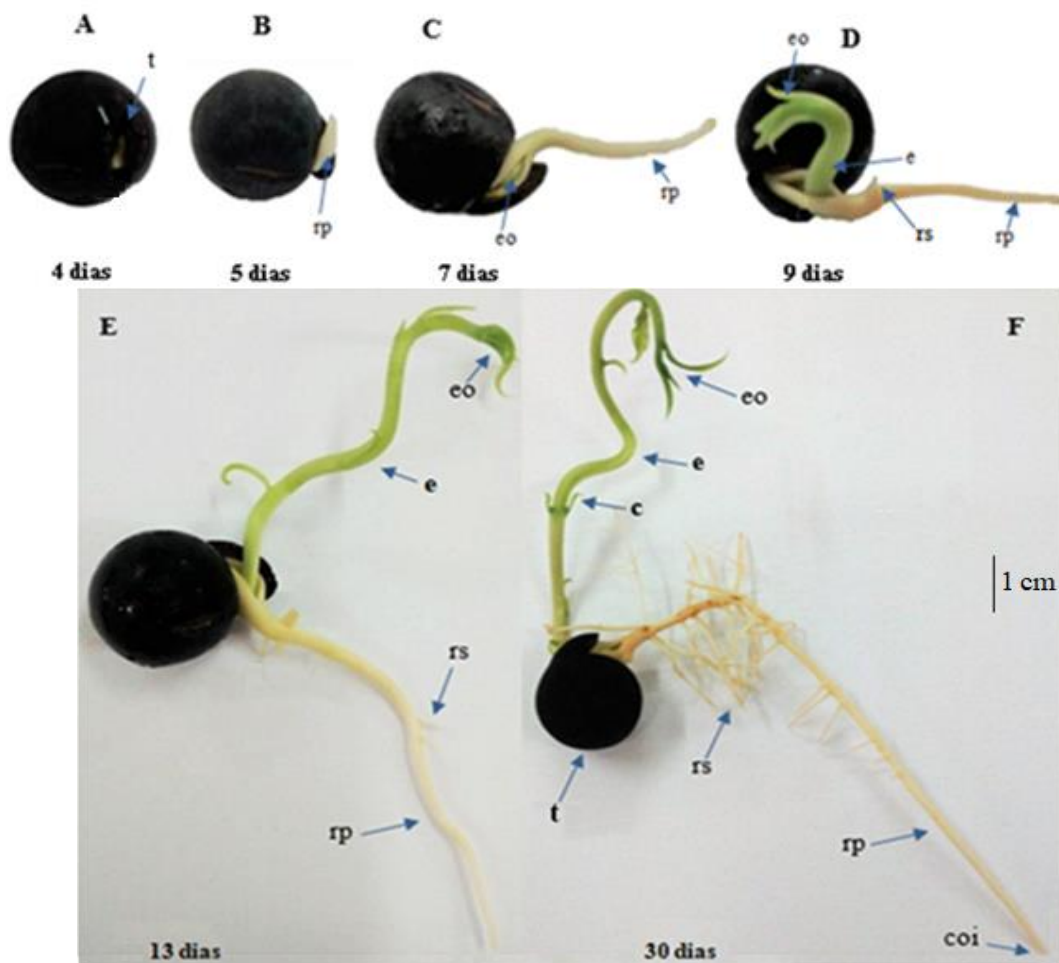
Os primeiros sinais visíveis da germinação iniciaram-se quatro dias após a semeadura, com a ruptura do tegumento (Figura 11A). Aos cinco dias (Figura 11B) ocorreu a protrusão da raiz primária, que apresentou-se espessa, com 0,6 cm de comprimento e coloração esbranquiçada, principalmente na região da coifa. Aos sete dias após a semeadura, observou-se o alongamento da raiz primária com uma leve mudança na coloração da epiderme, tornando-se menos esbranquiçada, medindo em torno de 1,2 cm, com o aparecimento lento e gradual dos eófilos (primeiras folhas distintas das folhas adultas), de coloração verde claro (Figura 11C). Variações estruturais na fase pós-seminal, dentre estas, a heterofilia é um fator comum na fase de plântulas em espécies florestais, onde as primeiras folhas (eófilos) podem apresentar morfologia distinta das folhas adultas (MONTORO, 2008).

Com o alongamento da raiz primária (Figura 11D), nove dias após a semeadura, foi possível notar o início do surgimento da primeira raiz secundária e a mudança de coloração da raiz primária, passando de esbranquiçada a creme; os eófilos apresentavam-se totalmente

livres do tegumento, verdes, delicados e opostos. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentavam os eófilos totalmente livres do tegumento.

No décimo terceiro dia após a semeadura (Figura 11E), observou-se o rápido desenvolvimento do epicótilo e do sistema radicular. A raiz primária apresentou-se inicialmente grossa, passando à fina quando mais desenvolvida. Neste estágio, as plântulas apresentavam poucas raízes secundárias e sistema radicular classificado como pivotante, medindo aproximadamente 4,6 cm de comprimento. Já o epicótilo, mostrou-se alongado com média de 5,3 cm. Ao final do ensaio, trinta dias após a semeadura (Figura 11F), as plântulas apresentavam-se com todas as suas estruturas essenciais formadas e desenvolvidas, medindo em média 11,3 cm de comprimento no total. A germinação das sementes foi do tipo criptocotiledonar-hipógea. Com base nos resultados deste ensaio, recomenda-se a primeira e a última contagem de germinação aos sete e 13 dias após a semeadura, respectivamente.

Figura 11 – Estádios sucessivos do desenvolvimento da plântula de *Sapindus saponaria* L., com quatro (A), cinco (B), sete (C), nove (D), treze (E) e trinta (F) dias após a semeadura. (c = catáfilos; co = cotilédones; coi = coifa; e = epicótilo; eo = eófilos; rp = raiz primária; rs = raiz secundária; t = tegumento.

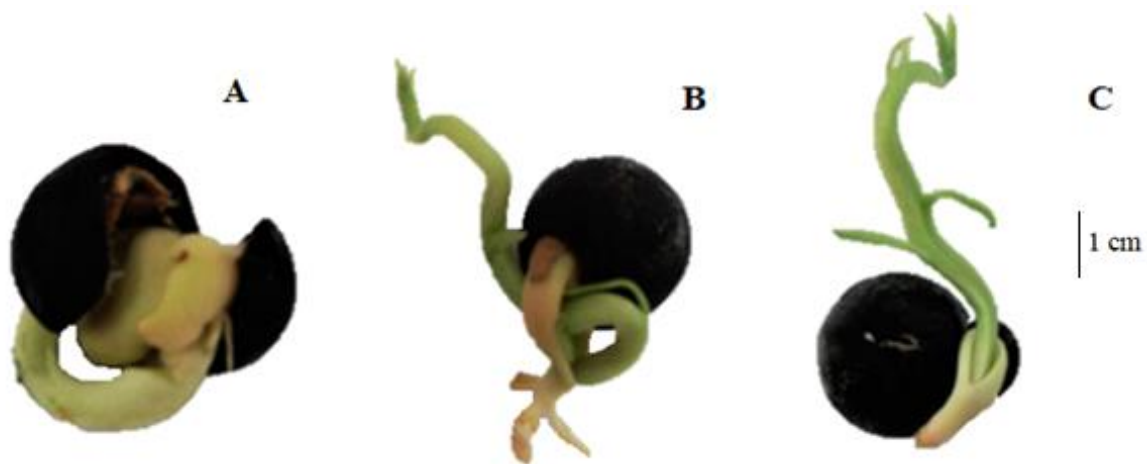


Fonte: Autora, 2018.

Na classificação das plântulas de diferentes espécies de angiospermas, os atributos das sementes (tamanho, função, posição dos cotilédones e material de reserva) estão relacionados diretamente com a morfologia inicial das plântulas, caracterizando os tipos morfo-funcionais (GARWOOD, 1996; PEREIRA et al., 2008). Para Hladik e Miquel (1990) o desenvolvimento pós-seminal caracteriza-se por cinco tipos de plântulas: fanerocotiledonar-epígea com cotilédones foliáceos (PEF); fanerocotiledonar-epígea com cotilédones de reserva (PER), fanerocotiledonar-hipógea com cotilédones de reserva (PHR), criptocotiledonar-hipógea com cotilédones de reserva (CHR) e criptocotiledonar-epígea com cotilédones de reserva (CER), os quais resultam da adaptação funcional ao ambiente, associados a fatores ecológicos, como por exemplo, a capacidade de dispersão das sementes e estratégia de regeneração (GARWOOD, 1996; IBARRA-MANRÍQUEZ et al., 2001).

Foram observados alguns tipos de anormalidades em plântulas de *S. saponaria* (Figura 12), como má formação congênita, logo no início de sua emergência, eófilos raquíticos, raízes e epicótilos atrofiados, e anormalidade na raiz principal.

Figura 12 – Plântulas anormais de *Sapindus saponaria* L. A= má formação da plântula, com atrofiamento; B= eófilos raquíticos, raízes e epicótilo atrofiados; C= plântula com anormalidade na raiz principal.



Fonte: Autora, 2018.

Também houve a ocorrência de plântulas infestadas por fungo ao longo dos ensaios (Figura 13). Entretanto, as plântulas infestadas continuaram seu desenvolvimento sem dano aparente durante todo o teste de germinação (30 dias).

Figura 13 – Plântula de *Sapindus saponaria* L., infestada por fungo.



Fonte: Autora, 2018.

4.4 Avaliação da qualidade fisiológica inicial das sementes

Os maiores valores de germinação e IVG foram obtidos quando as sementes foram imersas em ácido sulfúrico por 30 minutos (Tabela 4). Esse aumento foi ocasionado provavelmente pela ação do ácido sulfúrico no amolecimento do tegumento das sementes, atuando na remoção da cutícula, com consequente exposição das camadas de macroesclerídeos, proporcionando graus de permeabilidade mais homogêneos (SANTARÉM e ÁQUILA, 1995).

Tabela 4. Germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Sapindus saponaria* L., submetidas a diferentes tratamentos de superação de dormência.

TRATAMENTOS	G (%)	IVG
Testemunha	40 BC	0,5 D
Escarificação mecânica (lixa nº 6)	52 ABC	0,9 BCD
Escarificação química (ácido sulfúrico por 5 min.)	38 C	0,6 D
Escarificação química (ácido sulfúrico por 10 min.)	52 ABC	1,0 BCD
Escarificação química (ácido sulfúrico por 20 min.)	62 AB	1,2 ABC
Escarificação química (ácido sulfúrico por 30 min.)	72 A	1,7 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 40 min.)	62 AB	1,3 AB
Imersão em água destilada por 24 horas	46 BC	0,7 CD
Imersão em água quente (80°C) até temperatura ambiente	40 BC	0,5 D
Valor de "F" para tratamento de dormência	5,9 **	11,9 **
C.V. (%)	18,2	23,4

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Albiero et al. (2001) observaram em estudo anatômico do tegumento das sementes de *S. saponaria*, que estas são bitegmentadas, com muitas camadas de células na testa, sendo a exotesta formada por macroescléides, a mesotesta esclerótica e a endotesta aparentemente fibrosa, com tégmen parenquimático constituído por aproximadamente 13 camadas de células de parede, caracterizando a dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento, o que configura uma barreira a absorção de água pelas sementes. Dessa forma, como o tegumento das sementes de *S. saponaria* é espesso e bastante esclerificado, justifica-se a necessidade de exposição das mesmas ao ácido sulfúrico para superação da dormência. Ressalta-se, ainda, que a eficácia desse método depende de alguns fatores como: o tempo de exposição ao ácido sulfúrico e a idade das sementes (ALBUQUERQUE et al., 2009).

As sementes de *S. saponaria* quando imersas em ácido sulfúrico por 40 minutos, apresentaram diminuição dos valores de porcentagem e índice de velocidade de germinação (Tabela 4). Para Santos et al. (2014) o efeito corrosivo deste composto pode promover injúrias irreversíveis ao embrião, o que pode explicar a diminuição na germinação das sementes submetidas a esse tratamento. Resultados contraditórios foram encontrados por Oliveira et al. (2012) e BRASIL (2013), que afirmaram que a imersão das sementes de *S. saponaria* em ácido sulfúrico por 60 minutos foi capaz de promover a superação da dormência das sementes. Vale destacar, que neste estudo não foi especificada a concentração do ácido sulfúrico utilizado para superação da dormência tegumentar das sementes de *S. saponaria*, o que pode justificar o desempenho germinativo favorável frente ao longo período de imersão (60 minutos).

Quando escarificadas mecanicamente, as sementes de *S. saponaria* apresentaram pouco mais de 50% de germinação (Tabela 4). Um resultado relativamente expressivo, mas não indicado para a espécie em questão, devido a dificuldade de escarificação manual ocasionada pela rigidez do tegumento, como constatado por Albiero et al. (2001).

Embora a escarificação mecânica também seja bastante utilizada como tratamento eficiente na superação da dormência tegumentar de muitas sementes, esta requer mão de obra e disponibilidade de tempo, sendo indicado para pequenos lotes de sementes. Já para lotes maiores, essa escarificação poderia ser mecanizada, mas é preciso se atentar aos danos causados pela falta de controle na região da semente atingida e pelo grau de desuniformidade de escarificação, podendo resultar em perdas significativas, principalmente quando trata-se de espécies com produção irregular, bem como para as que perdem rapidamente sua viabilidade (AGUIAR, 1995; BORTOLINI et al., 2011).

Faria e Davide (1991) relataram que a dormência tegumentar apresentada pelas sementes de *S. saponaria* pode ser superada mediante a escarificação com lixa nº 60 por 30 segundos, porém, embora o manuseio com ácido sulfúrico seja perigoso, este tratamento é considerado mais prático quando comparado à escarificação mecânica, principalmente quando se trata de grandes lotes de sementes, que sua utilização pode ser uma alternativa viável em termos de realização de pesquisas com essa espécie (OLIVEIRA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2012).

Quanto à variável tempo médio de germinação (TMG) (Tabela 5), não houve diferença estatística entre as sementes intactas e as que sofreram tratamentos pré-germinativos. Maiores valores de velocidade média de germinação (VMG) foram observados nos tratamentos: imersão em ácido sulfúrico por 30 e 40 minutos, embora não tenham diferido estatisticamente. Os tratamentos com menores valores de VMG indicam que a germinação foi lenta e em intervalos de tempo maiores.

Tabela 5. Tempo médio de germinação (TMG) e velocidade média de germinação (VMG) de sementes de *Sapindus saponaria* L., a diferentes tratamentos de superação de dormência.

TRATAMENTOS	TMG (dias)	VMG
Testemunha	19,6 A	0,050 AB
Escarificação mecânica (lixa nº 6)	16,9 A	0,060 AB
Escarificação química (ácido sulfúrico por 5 min.)	14,9 A	0,045 B
Escarificação química (ácido sulfúrico por 10 min.)	16,6 A	0,060 AB
Escarificação química (ácido sulfúrico por 20 min.)	16,4 A	0,061 AB
Escarificação química (ácido sulfúrico por 30 min.)	13,6 A	0,073 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 40 min.)	14,4 A	0,070 A
Imersão em água destilada por 24 horas	17,3 A	0,058 AB
Imersão em água quente (80°C) até o resfriamento	18,9 A	0,052 AB
Valor de "F" para tratamento de dormência	1,5 ^{NS}	3,0*
C.V. (%)	14,5	18,3

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Com relação aos resultados de incerteza e sincronia (Tabela 6), observou-se alto grau de incerteza e baixa sincronia, com a germinação distribuída no tempo médio. Conforme Santana et al. (2010), quando os valores de incerteza estão acima de zero ($U \geq 1,80$) e de Z próximos à zero ($Z \leq 0,32$) pode-se dizer que os processos de germinação das sementes e de emergência das plântulas são espalhados em relação ao tempo médio, com alto grau de incerteza e baixa sincronia. Esses autores obtiveram resultados semelhantes, quando

estudaram a germinação de Pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), ou seja, alto grau de incerteza, baixa sincronia e distribuição da germinação em relação ao tempo médio.

A sincronia, a incerteza, o tempo e a velocidade média de germinação são aspectos que podem ser calculados, e que demonstram a dinâmica do processo germinativo. Sendo consideradas características importantes não apenas para os fisiologistas e tecnologistas de sementes, mas também para os ecologistas, justamente pela capacidade de predizer o grau de sucesso das espécies, com base na capacidade da safra de sementes em distribuir a germinação no tempo (RANAL e SANTANA, 2006).

Tabela 6. Sincronia de germinação (Z) e incerteza de germinação (U) de sementes de *Sapindus saponaria* L., a diferentes tratamentos de superação de dormência.

TRATAMENTOS	Z	U
Testemunha	0,077 AB	2,652 A
Escarificação mecânica (lixa nº 6)	0,130 AB	2,585 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 5 min.)	0,054 B	2,262 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 10 min.)	0,068 AB	3,099 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 20 min.)	0,073 AB	3,142 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 30 min.)	0,105 AB	2,920 A
Escarificação química (ácido sulfúrico por 40 min.)	0,144 A	2,553 A
Imersão em água destilada por 24 horas	0,083 AB	2,812 A
Imersão em água quente (80°C) até o resfriamento	0,084 AB	2,614 A
Valor de "F" para tratamento de dormência	3,2*	0,9 ^{NS}
C.V. (%)	20,0	21,5

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.5 Qualidade fisiológica das sementes em função da temperatura

A temperatura influenciou de forma significativa no processo germinativo de sementes de *S. saponaria*, observou-se que não houve germinação nas temperaturas de 10, 15, 20 e 40 °C durante os 30 dias do ensaio (Tabela 7). Porém, as sementes que não germinaram na temperatura de 20 °C quando transferidas para germinadores regulados a 30 °C alcançaram porcentagem de germinação em torno de 46%, estas foram transferidas para a melhor temperatura ao final do ensaio por não terem apresentado danos aparente. A baixa porcentagem de germinação obtida pode ter ocorrido devido a algum processo de termoinibição durante o período que permaneceram expostas à temperatura de 20 °C.

Segundo Cantlife et al. (2000), a termoinibição da germinação corresponde a uma inibição temporária, caso a temperatura aumente a níveis adequados, as sementes tornam-se capazes de reassumir seu metabolismo em direção à germinação. Vale ressaltar que, a velocidade das reações metabólicas tem relação direta com a temperatura, e a embebição por ser condicionada por ela, é dificultada quando a temperatura é relativamente baixa para áreas tropicais, como 15 e 20 °C, o que resulta em diminuição da pressão de difusão da água para a semente, bloqueando os processos metabólicos com redução ou não germinação das sementes. Souza filho et al. (2012) ao estudar a emergência de plântulas de *Magonia pubescens* St. Hil.– Sapindaceae, em função da temperatura, encontraram resultados semelhantes, uma vez que a germinação foi nula quando as sementes foram submetidas a 15 °C.

Tabela 7 – Porcentagem (%G), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Velocidade Média de Germinação (VMG) de sementes de *Sapindus saponaria* L., submetidas a diferentes temperaturas.

TEMPERATURAS (°C)	G (%)	IVG	TMG	VMG
10	0 D	0 D	0 C	0 C
15	0 D	0 D	0 C	0 C
20	0 D	0 D	0 C	0 C
25	55 B	1,078 B	16,139 A	0,058 B
30	66 A	1,570 A	13,478 B	0,074 A
35	26 C	0,367 C	13,562 B	0,073 A
40	0 D	0 D	0 C	0 C
20-30	59 AB	1,074 B	13,722 B	0,056 B
Valor de “F” para Temperaturas	236,38**	121,71**	361,14**	321,10**
Coefficiente de Variação – CV (%)	14,81	22,53	11,41	12,11

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A variabilidade de respostas referente à necessidade de temperatura pelas espécies é um reflexo da adaptação ao meio em que se encontram (THOMPSON, 1970; OLIVEIRA et al., 2009). Essa resposta pode ser de origem genética, decorrente da plasticidade fenotípica, que possibilita a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas sob diferentes condições ambientais (MALUF e MARTINS, 1991).

A temperatura de 30 °C proporcionou maiores valores de porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de *S. saponaria* (Tabela 7). Tais resultados corroboram com o encontrado por Oliveira et al. (2012), que estudaram a influência das temperaturas de 25, 30, 35 e 20-30 °C na germinação de sementes de *S. saponaria*, pois observaram que a temperatura de 30 °C proporcionou os melhores resultados.

Quando as sementes foram submetidas à temperatura de 35 °C (Tabela 7) observou-se diminuição dos valores de porcentagem e índice de velocidade de germinação. As sementes

quando expostas a temperaturas inferiores ou superiores à ótima tendem a diminuir a velocidade do processo germinativo, ficando expostas por mais tempo a fatores adversos do ambiente, que podem ocasionar a redução na porcentagem total de germinação (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012; SANGALLI et al., 2012).

Conforme Borges e Rena (1993), geralmente, a temperatura mais adequada para a germinação da maioria das espécies florestais situa-se entre 20 e 30 °C. Sendo este intervalo acrescido anos depois por Piña-Rodrigues et al. (2004), os quais mencionaram que a temperatura ótima para a germinação da maioria das espécies tropicais situa-se entre 15 e 30 °C, com máxima variando de 30 a 40 °C e a mínima dependendo da espécie, pode aproximar-se do ponto de congelamento (COPELAND e McDONALD, 1995), podendo ser alterada de acordo com as temperaturas encontradas em sua região de origem.

A temperatura adequada para a germinação de sementes de espécies florestais vem sendo determinada por muitos pesquisadores. Como exemplo, foram definidas como ótimas para germinação, as temperaturas constantes 25 e 30 °C e alternada de 20-30 °C para sementes de *Allophylus edulis* (ABREU, 2002), a de 25 °C para sementes de *Nephelium lapapaceum* L. (FERREIRA e RIBEIRO, 2006) e a de 30 °C para sementes de *Magonia pubescens* St. Hil. (SOUZA FILHO et al., 2012) e *Sapindus saponaria* (OLIVEIRA et al., 2012).

Para à variável tempo médio de germinação (TMG), observou-se que as temperaturas constantes de 30 e 35 °C e alternada de 20-30 °C, não diferiram estatisticamente entre si, apresentando TMG de 13 dias, enquanto que a 25 °C o TMG foi maior, levando 16 dias para que o estágio de plântula fosse atingido (Tabela 7). As variadas temperaturas influenciam principalmente na velocidade de absorção de água, acelerando ou não as reações químicas que irão ativar o desdobramento, o transporte de reservas e a ressíntese de substâncias para a plântula (MARCOS FILHO, 2015), sendo responsável não apenas pela velocidade de germinação como também pela uniformidade, porcentagem e tempo médio de germinação (MEDEIROS-SILVA et al., 2002; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Os maiores valores de velocidade média de germinação (VMG) foram alcançados nas temperaturas de 30 e 35 °C, e menores na temperatura constante de 25 °C e alternada de 20-30 °C, indicando que a germinação foi lenta, quando comparada com as temperaturas que apresentaram maior VMG. Dessa forma, quanto maior a velocidade média de germinação mais rápido será o estabelecimento da espécie no ambiente.

As sementes de *S. saponaria* apresentaram baixa sincronia, independente da temperatura, e alto grau de incerteza para as temperaturas constantes de 25 e 30 °C, e

alternada de 20-30 °C, com germinação distribuída no tempo médio (Tabela 8). Resultado semelhante foi encontrado por Santana et al. (2010), quando estudaram a germinação de *Kielmeyera coriacea*, ou seja, alto grau de incerteza, baixa sincronia e espalhamento da germinação em relação ao tempo médio.

Para Dutra (2007), a distribuição da germinação no tempo é considerada um mecanismo de defesa que garante maior probabilidade de sobrevivência das espécies, impedindo a germinação das sementes em condições desfavoráveis do ambiente. Contudo, para os silvicultores, a desuniformidade do processo germinativo refere-se a um obstáculo em virtude do longo tempo exigido para que ocorra a germinação, contribuindo para a deterioração das sementes, que é facilitada por permanecerem mais tempo no solo, sujeitas às condições adversas do ambiente e ao ataque por agentes patogênicos (BORGES et al., 1982; EIRA e CALDAS, 2000).

Tabela 8 – Sincronia de Germinação (Z), Incerteza de Germinação (U) de sementes de *Sapindus saponaria* L., submetidas a diferentes temperaturas.

TEMPERATURAS (°C)	Z	U
10	0 C	0 C
15	0 C	0 C
20	0 C	0 C
25	0,144 AB	2,572 A
30	0,123 AB	2,749 A
35	0,220 A	1,426 B
40	0 C	0 C
20-30	0,146 AB	2,583 A
Valor de “F” para Temperaturas	5,98**	172,07**
Coefficiente de Variação – CV (%)	3,32	17,11

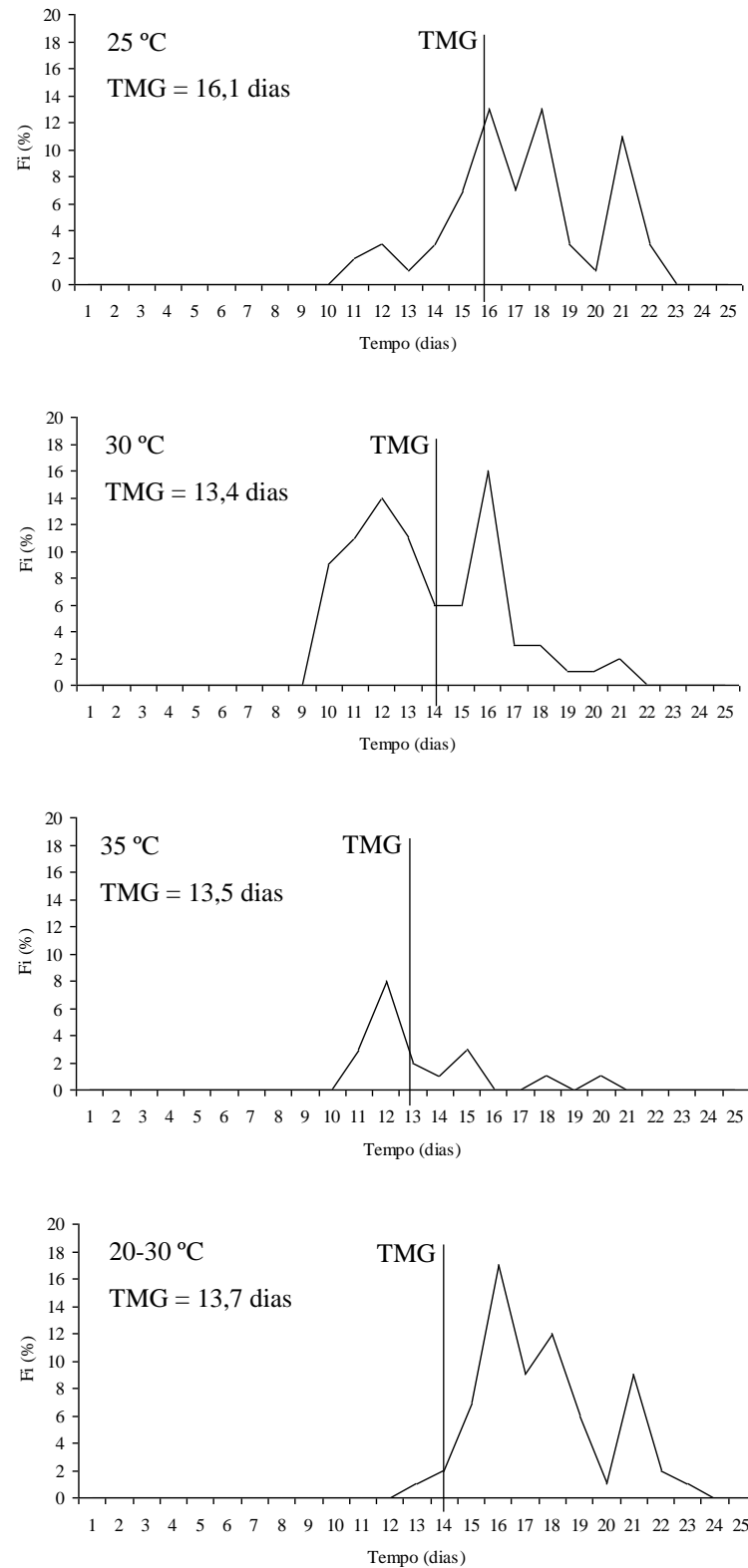
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A temperatura de 35 °C exibiu baixo grau de incerteza, indicando que a germinação não foi distribuída no tempo (Tabela 8). Oliveira et al. (2012) relataram que as sementes de *S. saponaria* quando submetidas a temperatura de 35 °C, germinaram rapidamente, ao ponto de ter sido verificado um grande número de plântulas anormais, resultado da aceleração dos processos metabólicos que culminaram em danos celulares, devido à alta temperatura em que o teste foi conduzido.

Ranal e Santana (2006) mencionam que a incerteza está relacionada com a distribuição da frequência relativa de germinação, quando for baixo o valor da incerteza implica em dizer que a germinação está mais concentrada em um determinado tempo, o que pode ser considerada uma vantagem ou desvantagem dependendo da situação.

A distribuição de frequência relativa de germinação referente às temperaturas em que houve germinação de sementes de *S. saponaria* encontra-se na Figura 14.

Figura 14. Frequência relativa da germinação de sementes de *Sapindus saponaria* submetidas a diferentes temperaturas. TMG = tempo médio de germinação.



Como os polígonos foram polimodais, a espécie em estudo possui distribuição do processo germinativo ao longo do tempo (Figura 14), o que refere-se a um fator positivo, garantindo que parte das sementes germinem apenas em condições favoráveis ao desenvolvimento e estabelecimento das plântulas no ambiente (LABOURIAU, 1983; BRANCALION e MARCOS FILHO, 2008).

Para Carvalho e Nakagawa, (2012) temperaturas consideradas ótimas proporcionam maior velocidade do processo de absorção de água, aceleram as atividades enzimáticas e conseqüentemente o processo germinativo. Devido a isso, diminuiu o tempo médio de germinação das sementes submetidas às temperaturas constantes de 30 e 35 °C e alternada de 20-30 °C.

Observa-se na Tabela 9, a influência da temperatura sobre o comprimento e massa seca das plântulas de *S. saponaria*. Maior valor de comprimento de plântulas ocorreu na temperatura de 30 °C. Nas temperaturas de 25, 30 e alternada de 20-30 °C foi observada a maior alocação de matéria seca. Nesse sentido, estas temperaturas podem ter favorecido tanto o crescimento quanto à transferência de massa seca dos cotilédones para o eixo embrionário. Por outro lado, na temperatura de 35 °C observou-se pior desempenho para esta variável. Conforme Vieira e Carvalho (1994), os tratamentos que apresentam maiores valores de comprimento médio e massa seca de plântulas, são compostos por sementes vigorosas, as quais originam plântulas com maior taxa de crescimento, como consequência da maior capacidade de translocação de suas reservas e assimilação destas, pelo eixo embrionário.

Tabela 9 – Comprimento e Massa seca de plântulas de sementes de *Sapindus saponaria* L., submetidas a diferentes temperaturas.

Temperaturas (°C)	Comprimento de plântulas (cm)	Massa seca de plântulas (g)
10	0 C	0 C
15	0 C	0 C
20	0 C	0 C
25	8,01 AB	10,28 A
30	11,05 A	11,59 A
35	6,97 B	2,73 B
40	0 C	0 C
20-30	10,81 A	10,79 A
Valor de “F” para Temperaturas	371,14**	183,00**
Coefficiente de Variação – CV (%)	10,36	18,19

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.6 Temperatura e qualidade de Luz

Não houve interação significativa entre os fatores temperatura e qualidade de luz, para a porcentagem de germinação (Tabela 10). Na qualidade de luz vermelha foi observada a maior porcentagem de germinação (82%), embora não tenha diferido estatisticamente das qualidades de luz branca e vermelho-distante, independentemente da temperatura.

Apesar da espécie *S. saponaria* L., apresentar características de uma espécie fotoblástica positiva, algumas sementes conseguiram germinar na ausência de luz, com cerca 28% (Tabela 10). Resultado semelhante foi obtido por Souza Filho et al. (2012) em sementes de *Magonia pubescens* St. Hil., ao avaliar a influência das diferentes qualidades de luz na germinação. Quando as sementes apresentam a capacidade de germinar também na ausência de luz, são classificadas como fotoblásticas positivas preferenciais. Entretanto, a ocorrência do processo germinativo na ausência de luz pode ter sido influenciada pelo fato de que para o fitocromo sofrer a fotoconversão das formas ativa/inativa, existe uma série de reações intermediárias que só ocorrem no escuro, antes que a conversão se complete (KLEIN e FELIPPE, 1991).

Tabela 10 – Germinação de sementes recém-colhidas de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz.

Qualidade de Luz	Germinação (%)
Branca	78,5 A
Vermelha	82,0 A
Vermelho-distante	72,5 A
Escuro	28,0 B
Valor de F p/ Qualidade de Luz	59,25**
CV (%)	14,16

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo o Teste de Tukey a 5% ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ns não significativo ($p \geq 0,05$).

A interação entre os fatores temperatura e qualidade de luz para o índice de velocidade de germinação, foi significativa (Tabela 11). A velocidade do processo germinativo à temperatura de 30 °C foi superior à alternada de 20-30 °C, nas qualidades de luz branca e vermelha. Foi verificado pior desempenho quando as sementes foram expostas à ausência de luz (escuro). A temperatura e a qualidade de luz são limitantes e decisivas na promoção da germinação, tendo a luz, influência direta sobre o processo germinativo das sementes através da ação do fitocromo, o qual pode alterar a sensibilidade das sementes em função da temperatura (SEO et al., 2009; FRANKLIN, 2009).

Tais resultados indicam que as sementes de *Sapindus saponaria* L., são indiferentes as qualidades de luz branca, vermelha e vermelho-distante e sensível ao escuro. Portanto, é possível que as sementes dessa espécie germinem tanto em ambiente de clareira (alta relação V/VE), quanto sob o dossel das árvores (baixa relação V/VE). Resultado semelhante foi encontrado por Souza Filho et al. (2012) com as sementes de *Magonia pubescens* St. Hil., houve germinação em todas as qualidades de luz avaliadas. As sementes que são capazes de germinar em diferentes temperaturas e qualidades de luz apresentam uma importante característica para a sobrevivência da espécie, controlando eventos de colonização no tempo e no espaço, além de simularem ambientes de florestas, onde as variações de temperaturas e aberturas de clareiras são constantes (MORENO-CASASOLA et al., 1994).

De acordo com estágio sucessional de *S. saponaria* pode-se classificá-la como pioneira, corroborando com os resultados encontrados por Lorenzi (2002), embora na literatura existam muitas divergências a respeito da classificação sucessional dessa espécie. Para Oliveira-Filho et al. (1995), esta é classificada como clímax exigente em luz e anos mais tarde, como secundária tardia por Silva et al. (2016).

Tabela 11 – Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes recém-colhidas de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz.

QUALIDADE DE LUZ				
Temperatura	Branca	Vermelha	Vermelho-distante	Escuro
30°C	1,570Aa	1,371Aa	1,233Aa	0,394Ab
20-30°C	1,074Ba	1,103Ba	1,029Aa	0,447Ab
Valor de "F" p/ Temperatura				13,00**
Valor de "F" p/ Quantidade de Luz				42,25**
Valor de "F" p/ Integração (T x Q)				3,17*
CV (%):				17,45%

Letras iguais (maiúscula na coluna e minúscula na linha) indicam que as médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em $\text{arc. sen} \sqrt{x/100}$.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$).

ns: Não significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($p < 0,05$).

Não houve interação significativa entre os fatores temperatura e qualidade de luz, para comprimento e massa seca de plântulas (Tabelas 12 e 13). Os maiores valores de comprimento e massa seca de plântulas foram observados nas qualidades de luz branca, vermelha e vermelho-distante, independentemente da temperatura testada.

Tabela 12 – Comprimento de plântulas (cm) de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz aos 30 dias.

Qualidade de Luz	Comprimento de Plântulas
Branca	10,93 A
Vermelha	11,14 A
Vermelho-distante	10,77 A
Escuro	6,45 B
Valor de F p/ Qualidade de Luz	9,05**
CV (%)	21,57

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo o Teste de Tukey a 5% ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Quanto a variável matéria seca, não houve diferença significativa entre as temperaturas testadas (Tabela 13). Entretanto, frente à qualidade de luz observou-se que a branca e vermelha não diferiram entre si, representadas pelas maiores médias de acúmulo de matéria seca, seguidas pela luz vermelho-distante e ausencia de luz (escuro).

Tabela 13 – Massa seca de plântulas de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes temperaturas e qualidade de luz aos 30 dias.

Qualidade de Luz	Massa Seca de Plântulas
Branca	11,19 A
Vermelha	10,28 AB
Vermelho-distante	8,21 B
Escuro	3,43 C
Valor de F p/ Qualidade de Luz	34,79**
CV (%)	20,06

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo o Teste de Tukey a 5% ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Para Nakagawa (1999), a determinação do comprimento e massa seca trata-se de uma forma de avaliação do vigor das plântulas, onde pode ser definido com precisão, a transferência de reservas da semente para o eixo embrionário, através do crescimento, de forma que as plântulas com maior acúmulo de massa seca são consideradas mais vigorosas.

4.7 Tetrázólio

Os resultados obtidos para porcentagem de sementes viáveis, pelo teste de tetrázólio, em diferentes concentrações e tempo de exposição e pelo teste-padrão de germinação (testemunha) na temperatura de 30 °C estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Sementes viáveis (%) de saboneteira (*Sapindus saponaria*) obtido pelo teste de tetrazólio em diferentes concentrações. (0,075; 0,1; 0,5 e 1,0 %) e períodos de coloração (2, 4 e 6 horas), a 30 °C, em comparação aos resultados do teste de germinação (testemunha).

Períodos de coloração (horas)	Concentrações da solução de tetrazólio (%)			
	0,075	0,1	0,5	1,0
2	10 Aby	0 Bcy	0 Bay	0 Bay
4	87 Aaz	43 Bay	0 Cay	0 Cay
6	11 Bby	31 Aby	0 Cay	0 Cay
Germinação = 88 z				
F para período (P)	360,21**			
F para concentração (C)	367,28**			
F para interação (P x C)	103,83**			
F para Fatorial vs Adicional	1826,98**			
F para tratamentos	396,01**			
CV (%)	15,77			

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula (A, B, C) na linha e minúscula (a, b, c) na coluna não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Médias seguidas por uma mesma letra (z, y), entre germinação (testemunha – teste de germinação) e viabilidade obtida no teste de tetrazólio, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O período de coloração de 4 horas combinado com a concentração de 0,075% de solução de tetrazólio, proporcionou a maior média da viabilidade das sementes, sendo este período considerado adequado para exposição das sementes à solução. Para as diferentes concentrações, observou-se um aumento na média da viabilidade das sementes à medida que diminuiu a concentração da solução de tetrazólio, sendo a concentração de 0,075 a mais adequada. Entre as recomendações da RAS (BRASIL, 2009) para a condução do teste de tetrazólio não há indicações de baixas concentrações descritas para espécies florestais. Entretanto, estudos mais recentes têm apontado à eficiência de baixas concentrações, como verificado na presente pesquisa. Resultados evidenciando eficiência da concentração de 0,075% podem ser encontrados nos trabalhos de Nogueira et al. (2014) com pau-de-sabão (*Enterolobium contortisiliquum*); Cunha e Gomes (2015) com mulungu (*Erythrina velutina*); Sousa et al. (2017) com catingueira (*Poincianella pyramidalis*); Melo (2017) com espinho-de-maricá (*Mimosa bimucronata*); Ferro (2017) com maravilha (*Caesalpinia pulcherrima*); e Chaves (2017) com aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*).

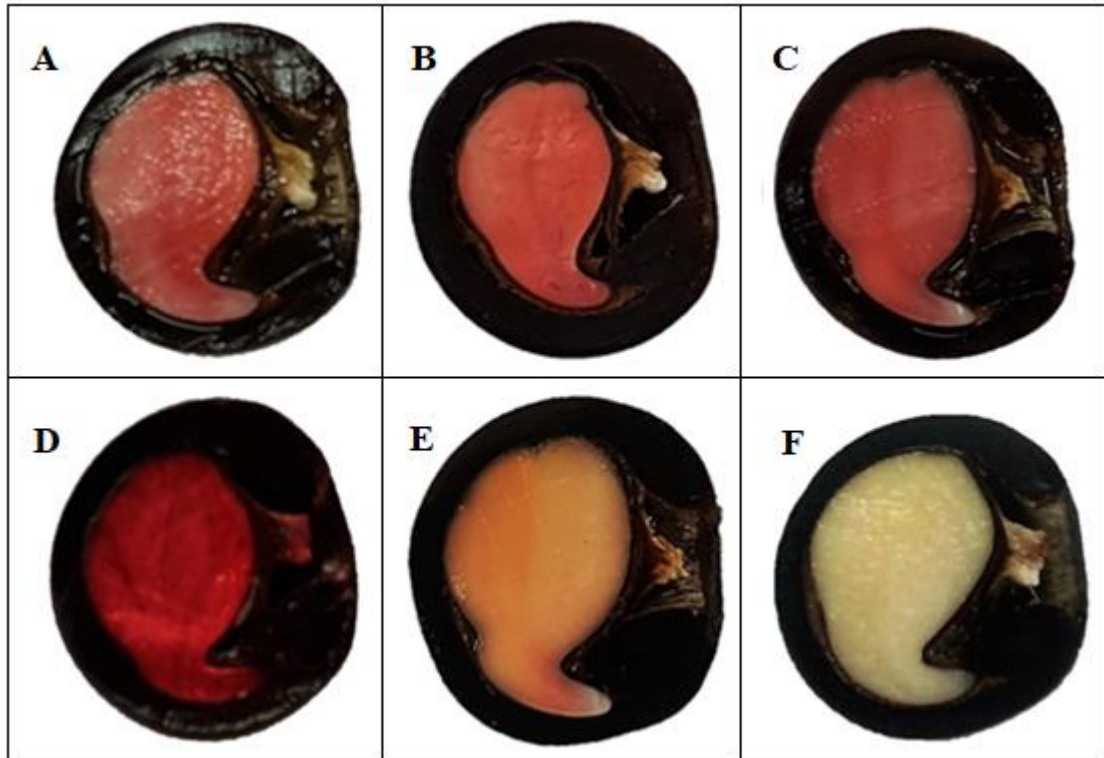
Constatou-se, ainda, que a média de viabilidade das sementes não diferiu estatisticamente dos resultados do teste de germinação (testemunha – 88%), para a concentração de 0,075% e tempo de quatro horas. Para validação do teste de tetrazólio os resultados deste e do teste de germinação precisam ser próximos, com uma margem de 5% de diferença (FERREIRA, DAVIDE e MOTTA, 2004). Portanto, pode-se recomendar o teste de tetrazólio na concentração 0,075% por quatro horas à temperatura de 30 °C para avaliação da viabilidade de sementes de saboneteira.

De acordo com Rocha (1976) a precisão do teste de tetrazólio não é afetada por temperaturas entre 20 e 45 °C. Entretanto, para espécies florestais este intervalo é menor e recomenda-se temperaturas entre 30 e 40 °C (GRABE, 1976). Vale ressaltar que, o tempo para obtenção de uma coloração adequada varia de acordo com a espécie.

Como no presente estudo, é frequente encontrar trabalhos com espécies florestais que comparam os resultados do teste de tetrazólio com os de germinação, visando encontrar correlação positiva entre estes. Essa correlação foi observada em *Caesalpinia echinata* (LAMARCA, LEDUC e BARBEDO, 2009), *Amburana cearenses* (GUEDES et al., 2010), *Anadenanthera peregrina* (PINHO et al., 2011), *Enterolobium contrortisiliquum* (NOGUEIRA, TORRES e FREITAS, 2014) e *Erythrina velutina* (CUNHA e GOMES, 2015).

Os padrões de coloração observados nos embriões variaram de rosa claro, nas sementes viáveis até branco nas sementes mortas (Figura 15). Para França Neto et al. (1999) a coloração das sementes frente a solução de tetrazólio se dar através da sua reação com os íons de hidrogênio evidenciando a viabilidade dos tecidos, por meio da detecção da respiração das células. Os embriões viáveis apresentaram coloração rósea uniforme ou vermelho brilhante em toda sua extensão, evidenciando que os tecidos estão vivos e vigorosos. Já os embriões inviáveis, quando expostos a solução de tetrazólio, exibiram uma coloração vermelho-carmim forte (tecido em deterioração) ou branco leitoso (tecido morto) em toda sua extensão ou parcialmente colorido, inclusive na extremidade da radícula. Vale ressaltar que, os tecidos viáveis absorvem lentamente a solução e adquirem coloração mais leve, enquanto que os embriões deteriorados possuem cor vermelha-carmim forte. Entretanto, a presença de tecidos sem coloração, firmes e sadios implica em maior resistência à penetração da solução do que a morte propriamente dita dos tecidos (BHÉRING et al., 1996; FRANÇA NETO, 1999).

Figura 15 – Sementes viáveis de *Sapindus saponaria* L.: embrião com coloração variando de rosa a rosa claro em toda sua extensão (A, B, C). Sementes inviáveis de *Sapindus saponaria* L.: embrião com coloração vermelho intenso (D); embrião e eixo hipocótilo-radicular parcialmente coloridos (E); embrião descolorido/branco leitoso (F).



Fonte: Autora, 2018.

O efeito das diferentes combinações, concentração (0,075; 0,1; 0,5 e 1,0 %) e tempo (2, 4 e 6 horas), nas sementes de *S. saponaria*, permitiram a descrição visual das classes de viabilidade conforme definido a seguir:

Classe 1 – Viável: sementes que apresentaram embriões de coloração rósea a vermelho brilhante, uniforme, com todos os tecidos com aspecto normal, firmes, sem deterioração e danos aparentes para a germinação e estabelecimento de plântulas normais (Figura 15A e B);

Classe 2 – Viável: embriões de coloração vermelho brilhante uniforme e tecidos firmes, com extremidade da radícula parcialmente colorida, não atingindo o cilindro central (Figura 15C);

Classe 3 – Inviável: embriões com coloração vermelha-carmim forte por toda região do eixo hipocótilo radícula e cotilédones (Figura 15D).

Classe 4 – Inviável: embriões de coloração amarelo-alaranjado desuniforme e região da radícula sem coloração (Figura 15E);

Classe 5 – Inviável: embriões mortos, totalmente descoloridos (Figura 15F).

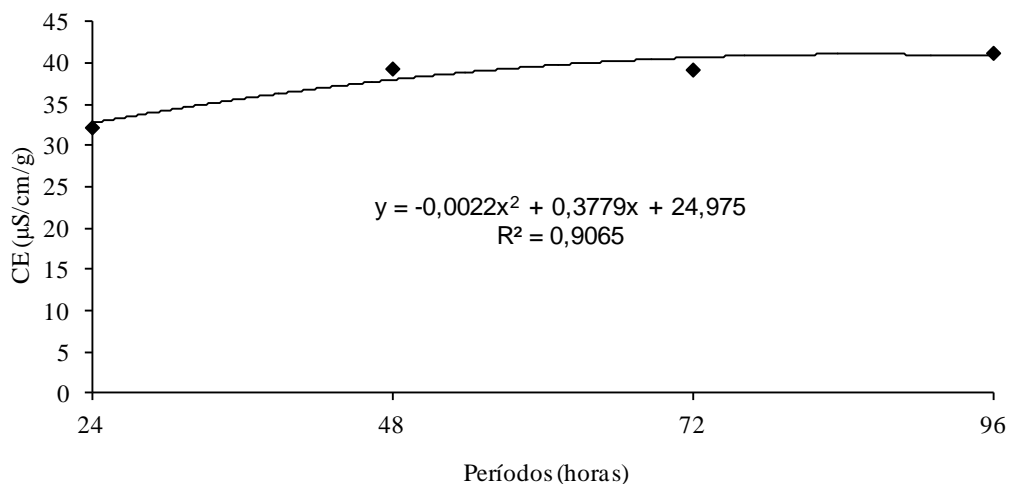
O número de classes formadas depende da coloração das sementes, dos tratamentos aplicados e características morfológicas da espécie estudada, podendo ser estabelecidos distintos níveis de classes, para as diferentes espécies (MASETTO et al., 2009). Para a *S. saponaria* foi possível determinar cinco classes, sendo duas viáveis e três inviáveis.

Muitos fatores possuem influencia sobre os resultados obtidos no teste de tetrazólio, como aqueles relacionados aos procedimentos adotados na execução, envolvendo o preparo das sementes para posterior coloração, concentração da solução, tempo, temperatura e critérios de interpretação (GASPAR-OLIVEIRA et al., 2011).

4.8 Condutividade elétrica

Com relação ao período de leitura, observou-se que quanto maior o tempo de embebição, maiores os valores de condutividade, consequentemente maior saída de eletrólitos (Figura 16). Para Marcos Filho et al. (1990), a quantidade e intensidade de lixiviados das sementes têm relação com a permeabilidade das membranas e, portanto, com o vigor das sementes. Dessa forma, baixa condutividade implica em maior qualidade das sementes, o que corresponde à menor liberação de eletrólitos, consequentemente menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas, e alta condutividade implica em menor vigor, devido ocasionar a maior saída de lixiviados das sementes (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999).

Figura 16 – Condutividade elétrica das sementes de *Sapindus saponaria* L., sob diferentes períodos de leitura.



A maior perda de eletrólitos com relação ao período de leitura ocorreu a aproximadamente 86 horas de embebição e situa-se entre 41 e 42 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ (Figura 16). Estes eletrólitos (açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos como K, Ca, Mg e Na) liberados pelas sementes, possuem carga elétrica, possibilitando que sejam detectados pela utilização do condutivímetro (MARCOS FILHO, 1990; TAYLOR et al., 1995). De acordo com Powell (1986) a quantidade e intensidade dos exsudatos lixiviados pelas sementes estão relacionados à permeabilidade das membranas e, são influenciados pela idade, condição fisiológica e incidência de danos das sementes.

Para Rosa et al. (2000), é difícil identificar possíveis diferenças de qualidade entre os lotes de sementes no início da embebição, uma vez que a quantidade de eletrólitos liberados pelas sementes vigorosas, com o decorrer deste processo, vai se estabilizando graças à reorganização das membranas celulares. Este teste é considerado promissor para avaliação do vigor de lotes de sementes justamente por permitir que o processo de deterioração seja detectado ainda em sua fase inicial (DIAS e MARCOS FILHO, 1996). Ainda segundo esses autores, a diminuição da germinação e do vigor das sementes tem relação direta com o aumento da concentração de eletrólitos liberados pelas sementes durante a embebição.

Dessa forma, concluiu-se que o teste de condutividade com as sementes de *Sapindus saponaria* L., conduzidos a 25 °C por períodos de 24 a 96 h de embebição, em 75 mL de água destilada, foi considerado eficiente para determinação da qualidade fisiológica da espécie.

5 CONCLUSÕES

- As sementes de *S. saponaria* L., com 17% de umidade têm em média 10,3 mm de comprimento e 10,2 mm de largura, com um quilograma contendo aproximadamente 1.487 sementes;
- O conteúdo de óleo encontrado na semente foi de 7,25%, sendo a maior parte composta por ácidos graxos insaturados (78,9%), com predominância de 57,6% de ácido oleico;
- A germinação é hipógea e as plântulas são criptocotiledonares;
- A imersão em ácido sulfúrico por 30 minutos, para superação de dormência das sementes de *S. saponaria* L., proporcionou maiores valores de porcentagem de germinação;
- As sementes são fotoblásticas positivas preferencial, e apresentaram maiores valores de porcentagem e velocidade de germinação quando submetidas à temperatura de 30 °C;
- A concentração de sal de tetrazólio a 0,075% por quatro horas à temperatura de 30 °C constitui eficiente combinação para avaliação da viabilidade de sementes de *S. saponaria* L.;
- O maior tempo de lixiviação ocorreu às 86 horas.

REFERÊNCIAS

- ABDO, M. T. V. N. e PAULA, R. S. Temperaturas para a Germinação de Sementes de Capixingui (*Croton floribundus* - Spreng - EUPHORBIACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, n. 3, p.135-140, 2006.
- ABREU, D. C. A. Caracterização morfológica de frutos e sementes e germinação de *Allophylus edulis* (ST. Hil) e *Drymis brasiliensis* Miers. **Dissertação**. Universidade Federal do Paraná. Brasil, 2002.
- ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELSEN, P. C.; ADEMA, F.; VAN DER HAM, R. W. J. M. Sapindaceae, in: Kubitzki, K. (Ed.), The families and Genera of Vasculares Plants 'Flowering plants Eudicots: Sapindales, Curcubitales, Myrtaceae. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 10, pp. 356-406. 2011.
- AGUIAR, I. B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PINA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995, p. 33-44.
- ALBIERO, A. L. M.; BACCHI, E. M.; MOURÃO, K. S. M. Caracterização anatômica das folhas, frutos e sementes de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 49-560, 2001.
- ALBUQUERQUE, K. S. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p.012-019, 2009.
- ALMANDOURI, M.; KINET, J.M.; LUTTS, S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 231, p. 243-254, 2001.
- AMARO, M. S. et al. Morfologia de frutos, sementes e de plântulas de janaguba (*Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel. - Apocynaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n. 01, p. 63-71, 2006.
- ANGELO, D. H. Índices espaciais e de diversidade florística das zonas central e residencial central de Imperatris – MA. **Dissertação**. Universidade Federal de Tocantins, Brasil, 2017.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, AOSA, 1983. 88p.

APG IV 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–20.

AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Viabilidade de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth., pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1 p. 061-068, 2011.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 246p.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. Lexington: Academic Press, 2001. 666p.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research** 14:1-16.

BATTILANI, J. L. et al. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Guibourtia hymenifolia* (Morici.) J. Leonard (Fabaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1089-1098, 2011.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York and London: Plenum Press, 1994. 445 p.

BHÉRING, M. C.; SILVA, R. F.; ALVARENGA, E. M.; DIAS, D. N. F. S.; PENA, M. F. Avaliação da viabilidade e do vigor de sementes de feijão de vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) pelo teste de tetrazólio. *Boletim Técnico UFV*. Viçosa, 1996. 27p.

BORGES, E. E. L. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 9-12, 1982.

BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B., PIÑARODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLA, M. B. (coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993, p. 83-136.

BORTOLINI, M. F.; KOEHLER, S. K.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; MALAVASI, M. M.; FORTES, A. M. T. Superação de dormência em sementes de *Gleditschia amorphoides* Taub. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 823-827, 2011.

BRANCALION, P. H. S.; MARCOS FILHO, J. (2008) Distribuição da germinação no tempo: causas e importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais. Informativo Abrates, 18:11-17.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instruções para análise de sementes de espécies florestais, de 17 de janeiro de 2013, Brasília: MAPA, 2013. 98p.

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

BUERKI, S, LOWRY II, P. P., ALVAREZ, N., RAZAFIMANDIMBISON, S. G., KÜPFER, P.; CALLMANDER, M. W. 2010. Phylogeny and circumscription of Sapindaceae revisited: Molecular sequence data, morphology and biogeography support recognition of a new family, Xanthoceraceae. **Plant Ecology and Evolution**, 143: 148-159.

BUERKI, S.; FOREST, F.; CALLMANDER, M. W.; LOWRY II, P. P.; DEVEY, D. S.; MUNZINGER, J. 2012. Phylogenetic inference of New Caledonian lineages of Sapindaceae: molecular evidence requires a reassessment of generic circumscriptions. *Taxon*, 61(1): 109-119.

CAMARA, C. A.; ARAUJO NETO, J. C.; FERREIRA, M. F.; RESENDE, L. P.; COSTA, S. S. Características morfométricas de frutos e sementes e germinação de *Thespesia populnea* (L). Soland ex Correa **Bragantia**, v.68, n.2, 2009, p. 503-509.

CANTLIFE, D. J.; SUNG, Y.; NASCIMENTO, W. M. Lettuce seed germination. **Horticultural Reviews**, v.24, p.229-275, 2000.

CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, cap. 20, 2008, p. 384-408.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 25, p. 326328, 2003.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 2012. 590p.

CASAL, J. J.; SÁNCHEZ, R. A. Phytochromes and seed germination. **Seed Sci. Res.**, v. 8, n. 3, p. 317-329, 1998.

CERVI, F.; MENDONÇA, E. A. F.; Adequação do teste de tetrazólio para sementes de algodoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p.177-186, 2009.

CHAVES, L. F. G. MORFOMETRIA, GERMINAÇÃO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL DE *Schinus terebinthifolius* RADDI. **Dissertação**. Universidade Federal de Alagoas, Brasil, 2017.

CHRISTRO, L. F. et al. Biometric analysis of seeds of genotypes of physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande-PB, v.8, n.1, p.01-03, 2012.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of Seed Science and Technology**. New York, Chapman e Hall. ed. 3ª, 1995. 409p.

CRUZ, D. F.; MARTINS, P. O.; CARVALHO, J. E. U. Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.161-5, 2001.

CUNHA, M. C. L.; GOMES, I. H. R. A. Viabilidade de sementes de *Erythrina velutina* Willd. pelo teste de tetrazólio. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 3, p. 196-200, 2015.

CUNHA, M. do C. L.; GOMES, I. H. R. A. Viabilidade de sementes de *Erythrina velutina* Willd pelo teste de tetrazólio. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 03, p. 196-200, jul./set. 2015.

DELOUCHE, J. C. Deterioração de sementes. **SEED News**, Pelotas, v. 6, n. 6, p. 24-31, 2002.

DELOUCHE, J. C.; STILL, T. W.; RASPET, M.; LIENHARO, M. **O teste de tetrazólio para a viabilidade da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 103p.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agrícola**, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M.; DINIZ, F. O. Germinação de sementes de *Senna siamea* (lam.) H.S. Irwin e Barneby - Caesalpinoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 160-164, 2007.

EIRA, M. T. S.; CALDAS, L. S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 85-104, 2000. (Edição especial).

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A. C. Quebra de dormência em sementes de saboneteira (*Sapindus saponaria* L. - Sapindaceae). **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.4, p.82, 1991.

FELIPPI, M.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; CARON, B. O. Fenologia e morfologia de *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk.. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, p. 345-353, 2013.

FENNER M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge, U.K. Cambridge: University Press, 2005. 250p.

FENNER, M. **Seed ecology**. London: Chapman e Hall, 1993.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, M. G. R.; RIBEIRO, G. D.; **Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia**. Comunicado técnico 306. Porto Velho, RO, 2006.

FERREIRA, P. V. 2000. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió, Editora da Universidade Federal de Alagoas 419 p.

FERREIRA, R. A. et al. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth. - faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.3, p.303-309, 2001.

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; MOTTA, M. S. Vigor e viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. e *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., num banco de sementes em solo de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p.24-31, 2004.

FERREIRA, S. A. do N.; GENTIL, D. F. de O. Armazenamento de sementes de camu-camu (*Myrciaria dubia*) com diferentes graus de umidade e temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 440-442, dez. 2003.

FERRO, J. S. Germinação e viabilidade de sementes recém-colhidas e armazenadas de (*Caesalpinia pulcherrima* (L) S.W). **Dissertação**. Universidade Federal de Alagoas, Brasil, 2017.

FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B.; SILVA, A. **Germinação de sementes de três espécies arbóreas brasileiras**. Revista Instituto Florestal, v.21, n.1, p.107-115, 2009.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993, 137p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 4. ed.rev. Passo Fundo: UPF: Ed. da Universidade de Passo Fundo, 2008. 733 p.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 27p. (Documento, 40).

FOWLER, J. A. P.; MARTINS, E. G. Coleta de sementes. In: **Manejo de sementes de espécies florestais**, Colombo: EMBRAPA Florestas, 2001. p.9-13. (Documento, 58).

FRANÇA NETO, J. B. Teste de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

FRANKLIN, K. A. Light and temperature signal crosstalk in plant development. **Current Opinion in Plant Biology**, Philadelphia, v. 12, p. 63-68, 2009.

FRIGIERI, F. F; IWANICKI, N. S. A; GANDARA, F. B; FERRAZ, E. M; ROMÃO, G. O; COLETTI, G. F; SOUZA, V. C; MORENO, M. A. **Guia de plântulas e sementes da Mata Atlântica do estado de São Paulo**. 1. ed. Piracicaba: IPEF, 2016. v. 1. 99p.

- GARWOOD, N. C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. Pp. 59-129. In: M. D. Swaine (ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris, Man and the Biosphere series.
- GASPAR-OLIVEIRA, C. M.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Pré-condicionamento de sementes de mamoneira para o teste de tetrazólio. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.2, p.303-311, 2011.
- GONÇALVES, L. G. V.; ANDRADE, F. R.; MARIMON JUNIOR, B. H.; SCHOSSLER, T. R.; LENZA, E.; MARIMON, B. S. Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.36, n.1, p.36-40, 2013.
- GRABE, D. F. **Manual do teste de tetrazólio**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 85 p.
- GUEDES, R. S. et al. Metodologia para teste de tetrazólio em sementes de *Amburana cearenses* (Allemão) A.C. Smith. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p.120- 126, 2010.
- GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae Caesalpinioideae). **Revista Cerne**, v.12, n.4, p.322-328, 2006.
- GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonma verbascifolia* Rich. Ex. A. Juss.). **Cerne**, Lavras, v.12, n.1, p.84-91, 2006.
- HAMPTON, J. G.; COOLBEAR, P. Potential versus actual seed performance can vigour testing provide an answer. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.18, n.2, p.215-228, 1990.
- HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Variation in germination and amino acid leakage of seed with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, Palo Alto, v.58, n.1, p.7-11, 1976.
- HERMANSEN, L. A.; DURYEY, M. L.; WEST, S. H.; WHITE, T. L.; MALAVASI, M. M. Pretreatments to overcome seed coat dormancy in *Dimorphandra mollis* Benth. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 28, n. 3, p. 581-595, 2000.

HLADIK, A.; MIQUEL, S. 1990. Seedling types and plant establishment in an African rain forest. Pp. 261-282. In: K.S. Bawa & M. Hadley (eds.). **Reproductive ecology of tropical forest plants**. Paris, Man and the Biosphere series.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; RAMOS, M. M.; OYAMA, K. 2001. Seedling functional types in a lowland rain Forest in Mexico. **American Journal of Botany**. 88: 1801-1812.

ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Handbook **of vigour test methods**. 3.ed. Zurich, 1995. 117p.

JOOSEN, R. V. L.; KODDE, J.; WILLEMS, L. A. J.; LIGTERINK, W.; PLAS, L. H. W. V. D.; HILHORST, H. W. M. Germinator: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. **The Plant Journal**, v.62, p.148-159, 2010.

JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOGG, E. A., STEVENS, P. F., DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 612p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, p. 384-408.

KLEIN, A.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.7, n.26, p.955-966, 1991.

KOLLER, D. Environmental control of seed germination. In: KOZLOWSKI, T. T. (ed.). **Physiological ecology: a series of monographs, texts, and treatises**. New York: Academic Press, 1972. v.2, p.1-101.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972, 745p.

KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com Araucaria. 1983. 233f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LABOURIAU, L. G. **A germinação da semente**. Washington: Secretaria Geral da O. E. A., 1983, 173p.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LADEIRA, H. P. **Quatro décadas de Engenharia Florestal no Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207p.

LAMARCA, E. V.; LEDUC, S. N. M.; BARBEDO, C. J. Viabilidade e vigor de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-brasil – Leguminosae) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.32, n.4, p.793-803, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEÃO, N. V. M.; ARAÚJO, E. A. A.; SHIMIZU, E. S. C.; FELIPE, S. H. S. Características biométricas e massa de frutos e sementes de *Lecythis pisonis* Cambess. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13, n.24, p.167- 175, 2016.

LEÃO, N. V. M.; FELIPE, S. H. S.; SHIMIZU, E. S. C.; DOS SANTOS FILHO, B. G.; KATO, O. R.; BENCHIMOL, R. L. Biometria e diversidade de temperaturas e substratos para a viabilidade de sementes de ipê amarelo. **Informativo ABRATES**, v.25, n.1, p.50-54, 2015.

LEISHMAN, M. R. et al. The evolutionary ecology of seed size. In: FENNER, M (ed.). **Seeds - the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford, CAB International, p.31-57, 2000.

LIMA JÚNIOR, E. de C. **Germinação, armazenamento de sementes e fisio-anatomia de plantas jovens de *Cupania vernalis* camb.** 2004. 115 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LIMA, C. R. D.; PACHECO, M. V.; BRUNO, R. D. L. A.; FERRARI, C. D. S.; BRAGA JÚNIOR, J. M.; BEZERRA, A. K. D. Temperature and substrate effects on the germination of *Caesalpinia pyramidalis* Tul. seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 216-222, 2011.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; MACEDO, C. M. P. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms. **Brasil Florestal**, n.80, p.25-35, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368 p.

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

- LORENZI, H. E. 2009. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed., v.1. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- MACEDO, M. C.; SCALON, S. P. Q.; SARI, A. P.; SCALON FILHO, H.; ROSA, Y. B. C. J.; ROBAIANA, A. D. Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST.Hil (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.31, n.2, p.202-211, 2009.
- MACHADO, C. F.; OLIVEIRA, J. A.; DAVIDE, A. C.; GUIMARÃES, R. M. Metodologia para condução do teste de germinação em sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **Revista Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.017-025, 2002.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, 1962, p. 176-177.
- MALAVASI, M. M. Germinação de sementes. In: Pinã-Rodrigues, F. C. M. **Manual de análise de sementes florestais**. Campinas: Fundação Cargill, p. 25-40. 1988.
- MALUF, A. M.; MARTINS, P. S. Germinação de sementes de *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 3, p. 417-425, ago. 1991.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.
- MARCOS FILHO, J.; SILVA, W. R.; NOVEMBRE, A. D. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Estudos comparativos de métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 25, n. 12, p. 1805-1815, 1990.
- MARCOS FILHO, Julio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. –Londrina-PR: ABRATES 2015.
- MARQUES, F. R. F. et al. **GerminaQuant: uma nova ferramenta para cálculos de germinação**. *J. Seed Sci.* [online]. 2015, vol.37, n.3, pp.248-255.
- MASETTO, T. E.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; SILVA, E. A. A. da; REZENDE, R. K. S. Avaliação da qualidade de sementes de *Eugenia pleurantha* (Myrtaceae) pelos testes de germinação e tetrazólio. **Agrarian**, Dourados, v.2, n.5, p.33-46, 2009.

- MATA, M. F; FROTA, A. F; ALVES, E. U. **Superação da dormência de sementes de Chichá (*Sterculia striata* A. ST. HIL. e NAUDIN.) Malvaceae – Sterculioideae¹**. 2010. 20 p. Trabalho de pesquisa Tecnologia de Sementes (Doutorado) Universidade Federal da Paraíba/UFPB, Paraíba, 2010.
- MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.08-17, 2007.
- McDONALD JR, M. B. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proceeding of Association of Official Seed Analysts**, Washington, v.65, n.1, p.109-139, 1975.
- MEDEIROS-SILVA, L. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.691-697, 2002.
- MELO, F. P. L. et al. recrutamento e estabelecimento de plântulas. In. FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, ARTMED, 2004. 243p.
- MELO, L. D. F. A. MORFOMETRIA, POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO PÓS-SEMINAL DE *Mimosa bimucronata* (DC) O. KTZE. **Dissertação**. Universidade Federal de Alagoas, Brasil, 2017.
- MENA-VALDÉS, L. L. et al. Determinação de saponinas e outros metabolitos secundários em extratos aquosos de *Sapindus saponaria* L. (saboneteira). **Revista Cubana de Plantas Mediciniais**, v.20 n.1, 2015.
- MENEZES, N. L. et al. Germinação de sementes de *Salvia splendens* Sellow em diferentes temperaturas e qualidades de luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.32-37, 2004.
- MONTORO, G. R. **Morfologia de plântulas de quatorze espécies lenhosas do Cerrado sentido restrito**. 2008. 104f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- MORAIS, O. M.; OLIVEIRA, R. H.; OLIVEIRA, S. L.; SANTOS, V. B.; SILVA, J. C. G. Armazenamento de sementes de *Annona squamosa* L. **Biotemas**, Florianópolis– SC, v. 22, n. 4, p. 33-44, 2009.

MORENO-CASASOLA, P.; GRIME, J. P.; MARTÍNEZ, M. L. A comparative study of the fluctuations in temperature and moisture supply on hard coat dormancy in seeds of coastal tropical legumes in México. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, p. 67-86, 1994.

MORETTO, E.; FETT, R. **Óleos e gorduras vegetais: processamento e análises**. Florianópolis: UFSC, 1986.

NAKAGAWA, J. Testes de Vigor Baseados no Desempenho das Plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. DE B. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, cap. 2, 1999, p. 2-24.

NASCIMENTO, W. M. O.; CARVALHO, N. M. Determinação da viabilidade de sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.) através do teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.20, n.2, p.470-474, 1998.

NASSIF, S. M. N.; VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes. **Informativo Sementes-IPEF**, 1998.

NODARI, R. O.; FANTINI, A. C.; GUERRA, M. P.; REIS, M. S.; SCHUCH, O. Conservação de frutos de palmitero (*Euterpe edulis* Martius) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, 1998, p.1-10.

NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O. (2014). Teste de tetrazólio em sementes de timbaúba. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2967-2976, 2014.

NUNES, M. S. Plantas do semi-árido baiano para produção de biodiesel. **Tese**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil, 2012.

OETTERER, M.; REGITANO-D`ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006, 612 p.

OLIVEIRA, C. M. G.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Pré-condicionamento das sementes de mamoneira para o teste de tetrazólio. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 303-311, 2011.

OLIVEIRA, D. M. T. Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas em arbóreas nativas: espécies de *Phaseoleae*, *Sophoreae*, *Swartzieae* e *Tephrosieae*. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.1, p.85-97, 2001.

OLIVEIRA, E. C. Morfologia de Plântulas. In: AGUIAR, I. B. DE, PIÑA-RODRIGUES, F. C. M., FIGLIOLA M. B. (coord.). **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, cap. 5, 1993, p.175-213.

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. Viability of simira gardneriana M. R. Barbosa & Peixoto seeds by the tetrazolium test. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 007-013, 2016.

OLIVEIRA, H. M.; NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A.; BARBOSA, J.P.D.; CARVALHO, D.D.C. Comportamento germinativo de sementes de *Talisia subalbans* (Mart) Radlk. (Sapindaceae) submetidas a diferentes temperaturas e condições de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 391-396, 2009.

OLIVEIRA, J. S.; LEITE, P. M.; SOUZA, L. B.; MELLO, V. M.; SILVA, E. C.; RUBIM, J. C.; MENEGHETTI, S. M. P.; SUAREZ, P. A. Z. Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 3, p. 449-453, 2009.

OLIVEIRA, L. M. et al. Avaliação de métodos para quebra de dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* Sprengel.Taubert.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.597-603, 2003.

OLIVEIRA, L. M.; ALCÂNTRA BRUNO, R. L.; SILVA, K. R. G.; SILVA, V. D. M.; FERARRI, C. S.; SILVA, G. Z. Germinação e vigor de sementes de *Sapindus saponaria* l. submetidas a tratamentos pré-germinativos, temperaturas e substratos. **Ciência Rural**. v. 42, n.4, p. 638-644, 2012.

OLIVEIRA, L. M.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; SILVA, V. D. M.; FERRARI, C. S.; SILVA, G. Z. Germinação e vigor de sementes de *Sapindus saponaria* L. submetidas a tratamentos pré-germinativos, temperaturas e substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 638-644, 2012.

OLIVEIRA, M. F.; VIEIRA, O. V. Extração de óleo de girassol utilizando miniprensa – **Documentos EMBRAPA**. 2014.

OLIVEIRA-FILHO, A. et al. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de matas ciliares do Alto e Médio Rio Grande**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27p.

OROZCO-SEGOVIA, A., VÁZQUEZ-YANES, C. Effect of maternal light environment on seed germination in *Piper auritum*. **Functional Ecology**, v.7, p.395-402, 1993.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 12, p. 56-69, 2000. Edição Especial.

PAOLI, A. A. S.; BIANCONI, A. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 146-155, 2008.

PAOLI, A. A. S.; SANTOS, M. R. O. 1998. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Plantas e Sementes**, v.20, n.2, p.385-391.

PELEGRINI, D. D.; TSUZUKI, J. K.; AMADO, C. A. B.; CORTEZ, D. A. G.; FERREIRA, I. C. P. Biological activity and isolated compounds in *Sapindus saponaria* L. and other plants of the genus *Sapindus*. *Latin Am. J. Pharmacy*, v. 27, n. 6, p. 922- 927, 2008.

PEREIRA, A. R.; PEREIRA, T. S.; RODRIGUES, A. S.; ANDRADE, A. C. S. Morfologia de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae. **Acta Botanica Brasilica**. v. 22, p. 1150-1162, 2008.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. **Manual de análise de sementes florestais**. Fundação Cargil. p. 30-37. 1988.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 283–297.

PINHO, D.S.; BORGES, E.E.L.; CARVALHO, A.P.V.; CORTE, V.B. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade de sementes de angico. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.67, p.269-272, 2011.

PIO-CORREA, M. **Dicionário das plantas úteis e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura Serviço de Informação, 1984. v.6, 246p.

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

PORRAS, M. F.; Lopez-Avila, A. Effect of extracts from *Sapindus saponaria* on the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Revista Colombiana De Entomologia**. v. 35, p. 7-11, 2009.

POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed sowing. **Journal of Seed Technology**, Fort Collins, v.10, n.2, p.81- 100, 1986.

PREVIERO, C. A.; LIMA JÚNIOR, B. C.; FLORENCIO, L. K.; SANTOS, D. L. Receitas de plantas com propriedades inseticidas no controle de pragas. Palmas: CEULP/ULBRA, 2010. 32 p.

RAMOS, M. J.; FERNÁNDEZ, C. M.; CASAS, A.; RODRÍGUEZ, L.; PÉREZ, Á. Influence of fatty acid composition of raw material on biodiesel properties. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 261-268, 2009.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006.

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e Gorduras: Aplicações e implicações. **Revista Analytica**. n. 27, p. 60-67, 2007.

RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.2, p.311-323, 2004.

RIBEIRO, José Eduardo L. da S. et al. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA-DFID, 1999.

RILEY, G. J. P. Effects of high temperature on protein synthesis during germination of maize (*Zea mays* L.). **Planta**, Berlim, v.15, n.1, p.75-80, 1981.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 12, p. 499-514, 1973.

ROCHA, F. F. **Manual do teste de tetrazólio em sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 85p.

- RODRIGUES R, R. A sucessão florestal. In: MORELLATO, P. C.; LEITAO FILHO, H. F (eds.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**, reserva de Santa Genebra. UNICAMP, Campinas (SP), 1995.
- RODRIGUES, A. C. C. et al. Biometria de frutos e sementes e grau de umidade de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul) procedentes de duas áreas distintas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.4, n.8, p.1-15, 2006.
- ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E. V. R. V.; VIEIRA, M. G. G. C.; VEIGA, R. D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000.
- SANGALLI, A.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Levantamento e caracterização de plantas medicinais nativas com propriedades medicinais em fragmentos florestais e de cerrado, em Dourados-MS, numa visão etnobotânica. **Acta Horticulturae**, n.569, p.173-84, 2012.
- SANTANA, D. G.; ANASTÁCIO, M. R.; LIMA, J. A. e MATTOS, M. B. 2010. Germinação de sementes e emergência de plântulas de pau-santo: uma análise crítica do uso de correlação. **Revista Brasileira de Sementes**. 32: 134-140.
- SANTARÉM, E. R.; ÁQUILA, M. E. A. Influência de métodos de superação de dormência e do armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera* (Colladon) Irwin e Barneby (Leguminosae). **Revista Brasileira Sementes, Brasília**, v.17, n.2, p.205-209, 1995.
- SANTOS, J. L.; LUZ, I. S.; MATSUMOTO, S. N.; D' ARÊDE, L. O.; VIANA, A. E. S. Superação da dormência tegumentar de sementes de *Piptadenia viridiflora* (Kunth) Benth pela escarificação química. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1642-1651, 2014.
- SANTOS, L. P. et al. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.2, p.237-245, 2012.
- SARMENTO, M. B.; VILLELA, F. A. Sementes florestais nativas do Brasil. In: O laboratório de sementes. **Seed News – A Revista Internacional de Sementes**, Pelotas, RS, ano XIV, n. 4, 2010, p. 34-37.

SENGUPTA, A.; BASU, S. P.; SAHA, S. Triglyceride composition of *Sapindus mukorossi* seed oil. *Lipids*, Champaign, v. 10; p. 33-40, 1975.

SEO, M.; NAMBARA, E.; CHOI, G.; YAMAGUCHI, S. Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. **Plant Molecular Biology**, Berlin, v. 69, p. 463-472, 2009.

SILVA, A. C. et al. Caracterização fitossociológica e fitogeográfica de um trecho de floresta ciliar em Alfredo Wagner, SC, como subsídio para restauração ecológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 579-593, out.-dez., 2013.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. O.; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. Composição Florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de Floresta Semidecidual Submontana na fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p. 311-319, 2003.

SILVA, J. P. V.; SERRA, T. M.; GOSSMANN, M.; WOLF, C. R.; MENEGHETTI, M. R.; MENEGHETTI, S. M. P. *Moringa oleifera* oil: studies of characterization and biodiesel production. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n.1, p.1527-1530, 2010.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; NETO, A. M.; DEMOLINARI, R. A.; LOPES, A. T. Restauração Florestal de uma Mina de Bauxita: Avaliação do Desenvolvimento das Espécies Arbóreas Plantadas. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 309-319, 2016.

SILVA, R. B.; MATOS, V. P.; FARIAS, S. G. G. D.; SENA, L. H. D. M.; SILVA, D. Y. B. D. O. Germination and seedling vigour in *Parkia platycephala* Benth. in different substrates and temperatures. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 142-150, 2017.

SMITH, M. T.; WANG, B. S. P.; MSANGA, H. P. Dormancy and germination. In: VOZZO, J.A. (Ed.) **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service. (Agriculture Handbook, 721), 2002, 356p.

SOMNER, G. V., FERRUCCI, M. S., ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P., COELHO, R. L. G. e PERDIZ, R. 2015. Sapindaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.

SOUSA, D. M. M.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; TORRES, S. B.; ANDRADE, A. P. Viabilidade e vigor de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz pelo teste de tetrazólio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 381-388, 2017.

SOUZA FILHO, J. C.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; AZEVEDO, R. A. B. Emergência de plântulas de *Magonia pubescens* St. Hil. – Sapindaceae em função da temperatura. **Revista Ciências Agrárias**, Recife, v. 54, n. 2, p. 137-143, 2012.

SOUZA, V. C. e LORENZI, H. 2012. Botânica sistemática: guia ilustrado para a identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 768 pp.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, Dordrecht, v.75, p. 81-86. 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TAYLOR, A. G.; LEE, S. S.; BERESNIEWICZ, M. M.; PAINE, D. H. Aminoacid leakage from aged vegetable seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.23, p.113-122, 1995.

THOMPSON, P. A. Characterization of the germination response to temperature of species and ecotypes. **Nature**, London, v. 225, p. 827-831, 1970.

TONIN, G. A. Efeito da época de coleta, condições de armazenamento, substrato e sombreamento na emergência de plântulas e produção de mudas de *Ocotea porosa* 47 (Ness et Martius ex. Nees) (LAURACEAE) e de *Sapindus saponaria* L. (SAPINDACEAE). Tese de doutorado da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2005.

VÁSQUEZ-YANES, C.A. e OROZCO-SEGOVIA, A. Seed viability, longevity and dormancy in a tropical rain forest. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2, Anais, Atibaia, SP, 1989. p.175-196.

VAUGHTON, G.; RAMSEY, M. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). **Journal of Ecology**, v.86, n., p.563-573, 1998.

VÁSQUEZ-YANES, C.; ARÉCHIGA, M. R. Ex situ conservation of tropical rain forest seed: problems and perspectives. *Interciência*, v. 21, n.5, p.293-298, 1996.

VIDAL, A. R. S. **Ação da qualidade da luz na germinação de sementes de espécies arbóreas**. Seropédica: UFRRJ, 2009, 13 f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal), Institutos de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

VIEIRA, C. V.; ALVARENGA, A. A. D.; CASTRO, E. M. D.; NERY, F. C.; SANTOS, M. D. O. Germination and storage of *Cupania vernalis* Cambess. seeds-sapindaceae. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 444-449, 2008.

VIEIRA, M. G. G. C.; VON PINHO, E. V. R. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de algodão. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. Cap 8, p.1-13, 1999.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C. H.; VIEIRA, R. D.; FRANCA NETO, J. B. (Eds) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 4-20.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, 164p.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. A luz e a vida das plantas. São Paulo: EPU-EDUSP, 1980. 100p.

WHITMORE, T. C. Tropical Rain Forest dynamics and its implications for management. In: GOMESPOMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. Paris, UNESCO and The Part Eeonon Publishing Group, 1990. p.67-89.

YOKOMIZO, G. K. I.; MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L. D.; SANTOS, G. R. D.; FURTADO, R. G.; BRANDÃO, A. P.; COLARES, I. B. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de frutos em açazeiros no Amapá. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p.985-993, 2016.