

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPG-BOT

**Avaliação da viabilidade das sementes e amplitude térmica de germinação
de duas espécies arbóreas amazônicas**
(Carapa guianensis Aubl. e Carapa surinamensis Miq. – Meliaceae)

Semirian Campos Amoêdo

Manaus, Amazonas

Junho de 2015

Semirian Campos Amoêdo

**Avaliação da viabilidade das sementes e amplitude térmica de germinação
de duas espécies arbóreas amazônicas
(*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa surinamensis* Miq.– Meliaceae)**

Orientadora:

Dra. Isolde Dorothea Kossmann Ferraz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Botânica).

Manaus, Amazonas

Junho de 2015

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPG-BOT

Comissão examinadora

Dra. Manuela Oliveira de Souza

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e
Tecnológicas - CETEC

Parecer: Aprovado

Dra. Yêda Maria Boaventura Corrêa Arruda

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Parecer: Aprovado

Dra. Angela Maria da Silva Mendes

Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Parecer: Aprovado

A523 Amoêdo, Semirian Campos
Avaliação da viabilidade das sementes e amplitude térmica de germinação de duas espécies arbóreas amazônicas (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa surinamensis* Miq. – Meliaceae) / Semirian Campos Amoêdo. --- Manaus: [s.n.], 2015.
62 f. : il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2015.
Orientador: Isolde Dorothea Kossmann Ferraz.
Área de concentração: Botânica.

1. Andiroba. 2. Germinação. 3. Tetrazólio. I. Título.

CDD 583.25

Sinopse: A faixa térmica tolerável para a germinação de sementes de duas espécies de andiroba ocorrentes na região da Amazônia Central foi definida, assim como a avaliação das sementes pela coloração com tetrazólio. Os resultados podem apoiar estudos de fisiologia da germinação e morfologia das sementes de andiroba, além de fornecer subsídios para a avaliação da qualidade das sementes.

Palavras-chave: andiroba, germinabilidade, tetrazólio, *Carapa procera* DC.

*Dedico a minha família, pois
sem eles nada seria possível.*

Agradecimentos

A Ele, criador do universo, força motriz de minha luta evolutiva sem a qual não estaria vencendo mais esta etapa de minha vida. A minha família, pelo apoio e amor incondicional. A Dra. Isolde Ferraz por todo conhecimento compartilhado, paciência e dedicação. Aos amigos do Laboratório de sementes, pelo companheirismo e amizade, especialmente ao Dr. Calvi (Gê), que sempre me auxiliou com seu conhecimento; a Débora, companheira andirobeira, e Lydi por trazer um pouco de energia para nossas vidas. Aos amigos da Pós-graduação, especialmente da Botânica, pessoas de vários cantos do Brasil que se uniram na Amazônia, obrigada pela amizade, companheirismo... Liane, Lívia, Sabrina, Alysson e Rafa. Ao Projeto REDEBIO/FAPEAM pelo apoio financeiro. A CAPES pela bolsa de estudos e aos Professores Doutores do INPA pelos ensinamentos necessários durante o curso. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional, obrigada!

Resumo

As espécies de andiroba da região da Amazônia (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa surinamensis* Miq.) são árvores de uso múltiplo, amplamente exploradas, devido a sua madeira de valor comercial e óleo das sementes, usado em produtos fitoterápicos e cosméticos. As sementes são recalcitrantes e de germinação lenta, características que dificulta a propagação das plantas e comercialização das sementes. O presente estudo teve como objetivo determinar as temperaturas cardeais de germinação de sementes em diferentes critérios de germinação observáveis durante o desenvolvimento inicial, também verificar um possível retardo do processo de germinação pela resistência mecânica do tegumento e desenvolver um protocolo sobre a coloração de tetrazólio das sementes viáveis, para futuros estudos fisiológicos ou avaliação da qualidade de sementes. A dissertação é dividida em três capítulos: No primeiro e segundo são apresentados resultados sobre o efeito da temperatura entre 10 a 40 °C na germinação das sementes e no desenvolvimento inicial de *C. surinamensis* e *C. guianensis* respectivamente. Os dados coletados para a dissertação de mestrado foram complementados com resultados anteriores para a consolidação dos mesmos. Todas as sementes foram coletadas nos plantios florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, ao norte de Manaus. Os testes de germinação das sementes de *C. surinamensis* foram feitos com sementes intactas e após a retirada do tegumento. Testes com *C. guianensis* foram feitos somente com sementes sem tegumento. Os testes de germinação foram conduzidos em câmaras com temperaturas constantes ($\pm 1^\circ\text{C}$) e fotoperíodo de 12 horas. A germinação foi avaliada a partir de três estádios germinativos: (1) formação da radícula, com comprimento $\geq 0,5$ cm; (2) alongamento do epicótilo com comprimento ≥ 1 cm e (3) alongamento do epicótilo, com comprimento ≥ 5 cm. Nos testes com *C. surinamensis* foram avaliadas os três critérios e com *C. guianensis* o primeiro e terceiro. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 20 sementes a cada temperatura. Os dados de coletas distintas foram analisados por análise de variância conjunta e ANOVA simples, a comparação de médias a 5% foi feita pelo teste de Tukey. As sementes de *C. surinamensis* apresentaram alta percentagem de germinação entre 15 e 35 °C. A temperatura mínima de germinação para os três estádios situou-se entre 10 e 15 °C. Para a radícula, a temperatura máxima foi acima de 40 °C e entre 35 e 40 °C para o desenvolvimento da parte aérea. A velocidade de germinação indicou a temperatura de 30 °C como ótima para todos os estádios. A retirada do tegumento reduziu o tempo final da protrusão da radícula, na temperatura ótima, de 44 para 23 dias. As sementes de *C. guianensis* apresentaram alta porcentagem germinativa sem diferença significativa entre 15 e 30 °C para a protrusão da radícula, entretanto o alongamento do epicótilo foi mais restrito entre as temperaturas de 25 a 30 °C. As temperaturas mínimas foram similares às de *C. surinamensis* e a máxima foi entre 35 e 40 °C para ambos os critérios. O índice de velocidade de germinação indicou 30 °C como mais adequada na comparação de dois anos de coleta, porém há necessidade de confirmação. No terceiro capítulo uma metodologia para coloração com o tetrazólio foi elaborada e validada com teste de germinação para ambas as espécies (*C. guianensis* e *C. surinamensis*). Primeiramente a coloração das sementes foi avaliada durante um período de até seis horas, com diferentes concentrações da solução de tetrazólio (0,05; 0,10; 0,25 e 0,50%) e três temperaturas (25, 30, 35 °C). Comparando os bons resultados da coloração, com custos e tempo de trabalho, a concentração de 0,1% a 30 °C durante três horas foi considerada adequada para ambas as espécies. Um método para o corte da semente foi elaborado para visualizar o minúsculo eixo embrionário e expô-lo a solução. Em seguida o protocolo foi validado com sementes de diferentes qualidades (entre 0 - 90% de capacidade germinativa), obtidas pela secagem controlada das sementes recalcitrantes sob ventilador. O teste de germinação foi realizado paralelamente ao de coloração das sementes, com o mesmo número de sementes. Com base nos padrões de coloração, foram definidas quatro classes de viabilidade. A classificação foi comparada e validada com os resultados de dois critérios de germinação (raiz $\geq 0,5$ cm e plântulas normais). O protocolo proposto para a coloração do tetrazólio foi eficiente na avaliação da viabilidade de sementes de ambas as espécies. Este estudo determinou pela primeira vez as temperaturas cardeais de germinação das sementes de andiroba, comparando a sensibilidade térmica dos estágios de desenvolvimento inicial de *C. guianensis* e *C. surinamensis*. As duas espécies mostraram diferenças na resposta à temperatura. A viabilidade das sementes recalcitrantes de andiroba pode ser avaliada em poucas horas com o protocolo tetrazólio proposto. O método pode ser útil em estudos fisiológicos ou morfológicos desta ou de outras espécies do gênero *Carapa*.

Abstract

The species of the Amazon region named andiroba (*Carapa guianensis* Aubl and *Carapa surinamensis* Miq) are trees of multiple use, extensively exploited due to their timber and the seed oil, used in phytopharmaceutical products and cosmetics. The seeds are recalcitrant and have slow germination, characteristics which difficult plant propagation and seed trade. The present study aimed to determine the cardinal temperatures of seed germination on several germination criteria observable during initial development, to verify a possible retardation of the germination process by the mechanical resistance of the seed coat and to develop a protocol on tetrazolium staining of the viable seeds, for future physiological studies or seed quality assessment. The dissertation is divided into three chapters: the first and second deal with temperature effects (10 - 40° C) on seed germination and initial plant development of *C. surinamensis* and *C. guianensis*, respectively. Here data collected during this master thesis were accomplished with previous results for consolidation. All seeds were collected in forest plantations in the North of Manaus, owned by the Brazilian National Institute for Amazon Research. Seed germination tests of *C. surinamensis* were done with intact seeds and after removal of the seed coat. Tests of *C. guianensis* were only done with seeds without seed coat. Germination tests were conducted in chambers with constant temperature ($\pm 1^\circ$ C) and photoperiod of 12 h. Germination was assessed with three germination criteria (plant development stages): (1) radicle length ≥ 0.5 cm; (2) epicotyl length ≥ 1 cm and (3) epicotyl length ≥ 5 cm. For *C. surinamensis* all three germination criteria were assessed and for *C. guianensis* the first and third. The experimental design was completely randomized with four replicates of 20 seeds at each temperature. Data were analyzed for distinct collections by joint variance analysis and simple ANOVA; the comparison of the means at 5% was done by Tukey test. The seeds of *C. surinamensis* had between 15 and 35° C a high germination percentage. The minimum germination temperature of all three criteria laid between 10 and 15° C. For the radicle the maximum temperature was above 40 °C, and for both epicotyl lengths between 35 and 40 °C. The germination speed indicated the temperature of 30 °C as optimum for all criteria. Seed coat removal reduced the time period for radicle protrusion, at the optimum temperature, from 44 to 23 days. The seeds of *C. guianensis* had a high germination percentage and no significant difference between 15 and 30° C for the radicle protrusion, however the elongation of the epicotyl was restricted to temperatures between 25 and 30° C. Minimum temperatures were similar to those of *C. surinamensis* and the maximum temperature was between 35 and 40° C for both germination criteria. An optimum temperature of 30 °C was suggested by the germination speed index, for two seed collections from different years. However the results should be confirmed. In the third chapter a protocol for tetrazolium staining was elaborated and validated with germination tests for both species (*C.guianensis* and *C. surinamensis*). In a first step the staining intensity was evaluated during a period of up to six hours with different concentrations of tetrazolium (0.05; 0.10; 0.25 and 0.50) at three temperatures (25, 30, 35° C). Comparing good staining results with costs and working time, the concentration of 0.1% at 30° C during three hours was appropriate for both species. Seed preparing was standardized to cut the tiny embryonic axis and expose it to the solution. In a second step the protocol was validated with seeds of different qualities (between 0 – 90% germination capacity), obtained by controlled drying of the recalcitrant seeds over a fan. A germination test was conducted parallel to the viability staining with the same number of seeds. Based on the coloration patterns, the image of the stained seed were classified in four levels of viability. These first classification was compared and validated with the results of two germination criteria (root $\geq 0,5$ cm and normal seedling). The proposed protocol of tetrazolium staining was efficient in assessing seed viability of both species. This study determined for the first time the cardinal temperatures for seed germination of andiroba and compared thermal sensitivity of three stages of initial development of *C. guianensis* and *C. surinamensis*. The two species had differences in their temperature response. Seed viability of the recalcitrant seeds of andiroba can be assessed in a few hours with the tetrazolium protocol. The method may be usefull in physiological or morphological studies of this or other species of the genus *Carapa*.

Sumário

Introdução geral	1
Objetivos	2
Objetivo geral.....	2
Objetivos específicos	2
Capítulo 1: TEMPERATURA DE GERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SEMENTES DE ANDIROBA – <i>Carapa surinamensis</i> Miq.....	4
RESUMO	4
ABSTRACT.....	4
INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS	19
Capítulo 2: TEMPERATURAS CARDEAIS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Carapa guianensis</i> Aubl. (Meliaceae).....	24
RESUMO	24
ABSTRACT.....	24
INTRODUÇÃO	25
MATERIAL E MÉTODOS	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS	33
Capítulo 3: TESTE DE TETRAZÓLIO PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE <i>Carapa guianensis</i> AUBL. E <i>Carapa surinamensis</i> MIQ. – MELIACEAE, SUBMETIDAS À SECAGEM.....	36
ABSTRACT.....	36
RESUMO	37
INTRODUÇÃO	38
MATERIAL E MÉTODOS	40
Área de coleta.....	40
Beneficiamento.....	40
Preparo da semente	41
Aferição do teste de viabilidade	42
Determinação do teor de água	42
Teste de germinação	42

Análise estatística.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS	51
Síntese	55
Referências bibliográficas	56
Apêndice.....	61

Lista de tabelas

Tabela 1: Germinação final (%) e tempo médio de germinação (dias) em três estádios de desenvolvimento <i>Carapa surinamensis</i> (coleta 2) entre 5 e 40 °C. (NA= não avaliado, †= morte da semente constatada pelo teste de corte).....	13
Tabela 2: Período necessário para alcançar 80% de germinação (1ª contagem) e concluir o teste de germinação (2ª contagem) na temperatura ótima (30 °C), indicado para os três estádios estabelecidos durante a germinação e o desenvolvimento de <i>Carapa surinamensis</i> , semeadas com e sem tegumento. *dp= desvio padrão.....	18
Tabela 3: Germinação final (GF %), tempo médio de germinação (TM dias) e índice de velocidade de germinação (IVG) de dois critérios germinativos de sementes de <i>Carapa guianensis</i> submetidas a temperaturas entre 10 e 40 °C. (NA= não se aplica, †= morte da semente constatada pelo teste de corte).....	29
Tabela 4: Análise de variância conjunta de porcentagem (%) de dois critérios de germinação de sementes de <i>Carapa guianensis</i> para duas coletas distintas.....	30
Tabela 5: Análise de variância conjunta do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de <i>Carapa guianensis</i> para duas coletas distintas.....	31
Tabela 6: Período necessário para as sementes de <i>Carapa guianensis</i> alcançarem 70% de germinação em dois diferentes critérios estabelecidos em duas temperaturas recomendadas.....	32
Tabela 7: Observações horárias da coloração com tetrazólio das sementes de <i>Carapa guianensis</i> , comparando quatro concentrações em três temperaturas de incubação.....	43
Tabela 8: Teor de água das sementes de <i>Carapa guianensis</i> e <i>Carapa procera</i> ao longo de sete dias de secagem sob ventilador.....	45

Lista de figuras

- Figura 1: Porcentagem final de protrusão da raiz primária ($\geq 0,5$ cm) em temperaturas constantes, comparando dois períodos de frutificação de *Carapa surinamensis*.....11
- Figura 2: Tempo médio de germinação para protrusão da raiz primária ($\geq 0,5$ cm) em temperaturas constantes, comparando dois períodos de frutificação de *Carapa surinamensis*.....12
- Figura 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de *Carapa surinamensis* em três estádios de desenvolvimento em temperaturas constantes.....14
- Figura 4: Fases do desenvolvimento germinativo de *Carapa surinamensis*. Protrusão da raiz primária $\geq 0,5$ cm (A). Alongamento do epicótilo ≥ 1 cm (B). Alongamento do epicótilo ≥ 5 cm (C). E plântula normal, com o primeiro par de eófilos em expansão (D).....16
- Figura 5: Processo de germinação de *Carapa surinamensis* em três estádios de desenvolvimento a 30 °C, comparando sementes com e sem tegumento (teg.).....17
- Figura 6: Porcentagem de germinação acumulada de dois critérios germinativos (protrusão da raiz primária e alongamento do epicótilo) em *Carapa guianensis* submetidos a duas temperaturas (25 °C – A; 30 °C – B) para duas coletas distintas.....32
- Figura 7: Pré-tratamento das sementes de *Carapa surinamensis* para exposição do eixo embrionário à solução de tetrazólio. Semente sem tegumento com linha pontilhada indicando o local do corte com parte destinada a coloração com TZ (B) e parte destinada para a avaliação do teor de água. Região do eixo embrionário, com linha pontilhada horizontal, indicando o local do corte (C) e área do eixo embrionário (2 mm de comprimento) após coloração com TZ.....41
- Figura 8: Germinabilidade (1º critério: protrusão da raiz primária e 2º critério: plântula normal) e viabilidade pelo teste de tetrazólio em sementes de *Carapa guianensis* e *Carapa surinamensis* em função do teor de água.....46
- Figura 9: Agrupamento das sementes de *Carapa guianensis* de acordo com os padrões de coloração em quatro classes de viabilidade indicando três exemplos para cada classe.....47
- Figura 10: Agrupamento das sementes de *Carapa surinamensis* de acordo com os padrões de coloração em quatro classes de viabilidade indicando três exemplos para cada classe.....48
- Figura 11: Dispersão linear da viabilidade em função da germinabilidade das sementes de *Carapa*.....50

Introdução geral

A Floresta Amazônica possui alta diversidade de espécies arbóreas de interesse comercial e usos múltiplos. Dentre estas destaca-se a andiroba, pertencente à família Meliaceae que possui, segundo a revisão taxonômica mais recente (Kenfack, 2011), três espécies ocorrendo na região: *Carapa guianensis* Aubl., *Carapa surinamensis* Miq. e uma nova espécie *Carapa vasquezii* Kenfack. São espécies utilizadas para produção de madeira, secundárias do mogno (Loureiro et al., 1979), mas a extração do óleo da semente é a forma de uso mais comum na Amazônia. Feito de forma artesanal ou em escala industrial, o óleo é utilizado para fins farmacêuticos e cosméticos (Enriquez et al., 2003; Mendonça & Ferraz, 2007).

O cultivo destas espécies é promissor, na região do estado do Acre e Rondônia existem plantios em sistema agroflorestal (Guarino et al., 2014) e alguns produtores de sementes e mudas da região norte estão cadastrados no Registro Nacional de Sementes (<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/RENASEM.html>). Porém para fomentar a atividade comercial existem algumas exigências legais relacionadas às atividades de pesquisa e tecnologia de sementes e para que isto ocorra é necessário conhecer características fisiológicas, morfológicas e ecológicas das espécies. Quando se trata de sementes florestais vários problemas são relatados por não serem de fácil acesso para a coleta, até quanto ao local de ocorrência demandando maior esforço para manter a variabilidade genética. Após a coleta por muitas vezes não se tem conhecimento sobre os pré-tratamentos necessários ou mesmo sobre beneficiamento por se tratarem muitas vezes de frutos e não de sementes “stricto sensu” e etc., que resume a deficiência de pesquisas para o conhecimento das espécies.

Na avaliação de sementes para fins de pesquisa e comércio são essenciais a padronização do teste de germinação e o estabelecimento de testes rápidos que avaliem a viabilidade das sementes. O teste de germinação é empregado rotineiramente nesses casos, por ser de fácil reprodução, nesse caso o conhecimento da temperatura ótima de germinação e de métodos que acelerem o processo de germinação são necessários, conforme indicado para muitas espécies nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Alguns estudos sobre temperatura de germinação já foram realizados para as espécies de andiroba, porém necessitam melhor aprofundamento (Ferraz et al., 2002; Ferraz e Varela, 2003).

Para espécies que perdem a viabilidade em poucos dias como as recalcitrantes, e que também germinam de forma lenta e esporádica o teste de germinação se torna pouco viável

para um laboratório de análises que necessita de rapidez no resultado. Dentre os testes rápidos, tem se destacado o teste do tetrazólio, que é basicamente bioquímico, porém destrutivo. Atualmente este teste é muito mais utilizado na avaliação de sementes agrícolas, pois para a padronização do teste é necessário o conhecimento da morfologia interna do eixo embrionário, visto que este é objeto da avaliação (Brasil, 2009). Este e outros testes rápidos ainda não foram publicados para avaliação de sementes de andiroba, porém já existem relatos de sucesso na utilização deste para várias outras espécies florestais.

Objetivos

Objetivo geral

Definir a amplitude térmica no desenvolvimento inicial e reduzir o tempo de avaliação das sementes recalcitrantes de duas espécies de andiroba ocorrentes na região de Manaus (*Carapa guianensis* e *Carapa surinamensis*).

Objetivos específicos

- Definir as temperaturas cardiais de três diferentes critérios de germinação.
- Avaliar um possível retardamento da germinação pela resistência mecânica do tegumento.
- Desenvolver uma metodologia para avaliar a viabilidade das sementes pela coloração topográfica com tetrazólio.
- Aferir o teste de tetrazólio com sementes de diferentes qualidades, obtidos durante o processo de secagem das sementes recalcitrantes.

Capítulo 1

Amoêdo, S.C. e Ferraz, I.D.K., 2015. Temperatura de germinação e avaliação da qualidade das sementes de andiroba – *Carapa surinamensis* Miq. Manuscrito formatado para a publicação na revista *Ciência Florestal*.

TEMPERATURA DE GERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS SEMENTES DE ANDIROBA – *Carapa surinamensis* Miq.

GERMINATION TEMPERATURE AND QUALITY ASSESSMENT OF ANDIROBA SEEDS - *Carapa surinamensis* Miq.

Semirian Campos Amoêdo e Isolde Dorothea Kossmann Ferraz

RESUMO

A andiroba (*Carapa surinamensis* Miq.), árvore nativa da região Amazônica, possui uso múltiplo, fornece madeira de valor comercial e o óleo extraído das sementes tem uso fitoterápico e cosmético. É uma espécie com sementes recalcitrantes, de germinação lenta. O objetivo deste estudo foi determinar a faixa térmica tolerável do processo de germinação e reduzir o tempo. As sementes de andiroba foram coletadas nos plantios florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, ao norte de Manaus. Os experimentos são resultados de três anos de coletas distintas. Os testes de germinação foram conduzidos em câmaras com temperaturas constantes (± 1 °C) e fotoperíodo de 12 horas e testadas temperaturas com intervalo de 5 °C sendo 20 a 35 °C para a coleta 1, de 10 a 40 °C para a coleta 2 e a 30 °C para a coleta 3. Foram avaliados três critérios de germinação (três estádios de desenvolvimento das plantas): (1) raiz primária com comprimento $\geq 0,5$ cm; (2) epicótilo com comprimento ≥ 1 cm, e (3) epicótilo com comprimento ≥ 5 cm. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de 20 sementes a cada temperatura. Foi realizada a análise de variância conjunta para comparar as coletas de 1 e 2. Os resultados foram comparados por ANOVA e a comparação de médias a 5% foi feita utilizando teste de Tukey. Sementes de *Carapa surinamensis* apresentam alta percentagem de germinação nas temperaturas entre 15 e 35 °C. A temperatura mínima de germinação dos três estádios situou-se entre 10 e 15 °C e a temperatura máxima foi superior a 40 °C para a raiz, e entre 35 e 40 °C para o desenvolvimento da parte aérea. A velocidade de germinação indicou a temperatura de 30 °C como mais adequada. A retirada do tegumento acelera a germinação. Este procedimento e a condução do teste de germinação a 30 °C permite concluir a avaliação em 23 (± 5) dias, considerando a formação da raiz primária e em 30 (± 7) dias e observando o alongamento do epicótilo (≥ 5 cm). Este último critério é recomendado como alternativa para a avaliação da plântula normal, devido à altura média de 34,5 (± 19 min.; 55,5 max.) cm do caule até a formação das primeiras folhas.

Palavras-chave: temperatura ótima; tratamento pré-germinativo; *Carapa procera* DC.; critério de germinação.

ABSTRACT

Andiroba (*Carapa surinamensis* Miq.), a native tree of the Amazon region, has multiple uses, provides timber and the seed oil is used in phytopharmaceutical products and cosmetics. The seeds are recalcitrant and have slow germination. This study aimed to determine the thermal range of the germination process and to reduce germination time. Seeds were collected in forest plantations in the North of Manaus, owned by the Brazilian National Institute for Amazon Research. The experiments were done with three seed collections of different years. Germination tests were conducted in chambers with constant temperature ($\pm 1^\circ \text{C}$) and photoperiod of 12 h. The temperature interval between the treatments was 5°C . The temperature range between 20 and 35°C was tested with collection 1, between 10 and 40°C with collection 2 and constant 30°C with collection 3. Germination was assessed with three germination criteria (three plant development stages): (1) radicle length $\geq 0.5 \text{ cm}$; (2) epicotyl length $\geq 1 \text{ cm}$ and (3) epicotyl length $\geq 5 \text{ cm}$. The experimental design was completely randomized, with four replicates of 20 seeds at each temperature. Distinct collections data were analyzed by joint variance analysis and simple ANOVA; the comparison of the means at 5% was done by Tukey test. The seeds of *C. surinamensis* had between 15 and 35°C a high germination percentage. The minimum germination temperature of all three criteria laid between 10 and 15°C . For the radicle the maximum was above 40°C , and for both epicotyl lengths between 35 and 40°C . The germination speed indicated the temperature of 30°C as optimum for all criteria. The seed coat removal speeded up the germination process. Without seed coat and at 30°C , final percentage of root protrusion was obtained in $23 (\pm 5)$ days, assessing epicotyl length ($\geq 5 \text{ cm}$) in $30 (\pm 7)$ days. The latter is recommended as alternative germination criterion for the evaluation of normal seedlings, due to the shoot height of 35 cm (minimum 19cm and maximum 56cm) until the expansion of the first leaves.

Key words: optimum temperature; germination treatment; *Carapa procera* DC.; germination criterion.

INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica possui alta diversidade de espécies arbóreas com interesse comercial de usos múltiplos. Dentre estas se destaca a andiroba (*Carapa surinamensis* Miq.) pertencente à família Meliaceae e conhecida popularmente na região como andiroba, andirobinha, andiroba-branca entre outros (Ferraz et al., 2002). Embora ocorram mais do que uma espécie do gênero *Carapa* na região, todas são conhecidas popularmente pelos mesmos nomes, e por possuírem características similares são pouco diferenciadas quanto ao uso.

Carapa surinamensis apresenta distribuição natural no Brasil (região norte), Guiana, Guiana Francesa e Suriname, é encontrada em áreas ao longo dos rios sazonalmente inundados (várzea e igapós) e, também, em florestas de terra firme (KENFACK, 2011a). Esta espécie foi considerada sinonímia de *Carapa procera* DC. por Pennington et al., (1981) porém, segundo a revisão mais recente do gênero, as duas espécies são distintas e baseado neste trabalho, a ocorrência de *Carapa procera* é restrita para o continente africano (KENFACK, 2011b). Segundo a referida revisão, as espécies são diferenciadas dentre outras características: por suas flores (diferem em comprimento de sépala, pétala e do pedicelo), descritores foliares (comprimento da folha e do pecíolo, número de folíolos, tamanho e número de veias secundárias) e sementes (comprimento e forma do hilo) (KENFACK, 2011b).

Na Amazônia as espécies agrupadas pelo nome de andiroba são madeiráveis, recomendadas também para sistemas agroflorestais e enriquecimento de capoeiras (VOLPATO et al., 1972; LOUREIRO et al., 1979; YARED e CARPANEZZI, 1981). Ocorre naturalmente em áreas do estuário amazônico com uma densidade de 19 a 28 indivíduos por hectare, e em áreas de terra firme, com aproximadamente 14,5 a 16,1 indivíduos por hectare (SANTOS e NETO, 2004; LONDRES, 2004; TONINI et al., 2009; KLIMAS et al., 2007). A extração do óleo da semente é uma atividade tradicional na Região Amazônica, tendo recentemente maior destaque devido ao seu uso como matéria prima para produtos fitoterápicos e cosméticos (ENRIQUEZ et al., 2003; MENDONÇA e FERRAZ, 2007). A maior parte da produção das sementes de andiroba vem do extrativismo. A partir dos anos 2000 foram registradas mais de 45 empresas no Brasil utilizando o óleo de andiroba e também o exportando para mais de 50 destinos internacionais. Porém, apesar dessa evolução no mercado, os investimentos de incentivo se direcionaram geralmente aos créditos para criação de fábricas de beneficiamento do óleo, e segundo o relatório de Enriquez (2007) não houve nenhum registro de incentivo ao plantio.

Após a publicação da Lei de sementes (Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, BRASIL, 2003) várias espécies nativas foram incluídas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) e são passíveis de comercialização. No RNC (disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php) há um único número de registro referente a comercialização para duas espécies de andiroba, *Carapa guianensis* e *Carapa procera*, incluídas antes da revisão de Kenfack, (2011a) sendo, portanto, *Carapa procera* da América do Sul sinonímia de *Carapa surinamensis*. A Instrução para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013), recomenda para *Carapa guianensis* a realização do teste de germinação em substrato areia ou vermiculita úmidos, na faixa de temperatura entre 25 e 35 °C, outras espécies do gênero não foram citadas no documento.

As sementes de andiroba da América do Sul (*Carapa procera*) segundo Pennington et al., (1981), apresentam geralmente alta porcentagem de germinação (90%). Em Ferraz et al., (2002), a emergência no viveiro iniciou com 11 dias e finalizou com 38 dias após a semeadura. Sob condições controladas, entre 20 e 35 °C, o tempo médio de germinação foi de 9 e 14 dias, observando a protrusão da raiz primária (≥ 5 cm) e alcançou 73 e 92% de germinação, sem diferença estatística entre as temperaturas tanto para a porcentagem quanto para o tempo médio de germinação (Ferraz e Varela, 2003a). Desta forma ainda há necessidade de determinação da temperatura ótima para a *Carapa surinamensis*, os resultados dos estudos indicam a faixa ótima, sem diferença estatística e utilizando como critério a protrusão da raiz primária.

Os limites de temperatura de germinação também não são conhecidos, pois não foi testada temperatura abaixo de 15 °C, sendo que nesta 35% das sementes germinaram (FERRAZ e VARELA, 2003a) e a 40 °C foi observada protrusão da raiz primária em 5% das sementes. A germinação das sementes ocorre sob limites relativamente restritos de temperatura. A mínima (ou base, T_b) e máxima (ou teto, T_c) são as temperaturas abaixo e acima nas quais não ocorrerá germinação, enquanto que a ótima (A) é a temperatura na qual a germinação tem maior porcentagem e é mais rápida (BRADFORD, 2002; CARDOSO, 2011), caracterizadas como “temperaturas cardeais” ou classificadas em mínimas, ótimas e máximas. Sabe-se que estádios mais avançados são mais sensíveis ao efeito da temperatura como foi demonstrada para *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg, onde as exigências térmicas pós-emergência da raiz primária foram diferentes em comparação com o desenvolvimento da plântula (MIRANDA e FERRAZ, 1999).

O conhecimento dos requerimentos germinativos quanto a temperatura contribui um para maior entendimento da distribuição geográfica das espécies e suas estratégias de estabelecimento (LABOURIAU, 1983; LARCHER, 2000), planejamento do cultivo, até mesmo pode prever sua resposta adaptativa a mudanças climáticas. Na avaliação da qualidade das sementes, o pré-requisito para a sua comercialização é a padronização dos testes de germinação na temperatura mais adequada.

Em sementes de andiroba a espessura do envoltório provavelmente retarda o processo de germinação, se caracterizando como um impedimento mecânico para a saída da raiz primária e necessitando maior vigor para a quebra e emergência das estruturas, sendo indicada a retirada do tegumento como tratamento pré-germinativo para acelerar o processo (FERRAZ et al., 2002). Com isso, as sementes apresentaram tempo médio de germinação de seis dias para protrusão da raiz primária a 25 °C, entretanto os autores não apresentaram resultados comparativos com sementes com tegumento na mesma temperatura (FERRAZ et al., 2002).

As sementes das espécies do gênero *Carapa*, ocorrentes no Brasil foram consideradas não dormentes (FERRAZ et al., 2002; SCARANO et al., 2003; SAUTO et al., 2007). O caráter recalcitrante destas sementes requer uma rápida avaliação da capacidade germinativa (CONNOR et al., 1998).

Nos estudos de germinação o critério utilizado para considerar uma semente germinada depende do objetivo e da área da pesquisa. O critério fisiológico considera a protrusão da raiz primária com um comprimento predeterminado, por exemplo ≥ 5 mm; já o critério tecnológico leva em consideração a formação da plântula normal. As plântulas de *Carapa* possuem crescimento fásico (FERRAZ et al., 2002), a espécie deste estudo apresenta um crescimento rápido assim que emerge, atingindo até 25 cm de altura quando inicia-se expansão das primeiras folhas, fato que pode se caracterizar como um problema para os testes de germinação em laboratório, sendo necessário a avaliação de estádios de desenvolvimento que possam substituir a necessidade de avaliação da plântula normal.

Diante do exposto o objetivo deste estudo foi conhecer a faixa térmica tolerável assim como a temperatura ótima de três estádios de desenvolvimento para atender fisiólogos e tecnólogos. Assim como retirar do tegumento para acelerar o processo germinativo e verificar se o procedimento prejudica o desenvolvimento subsequente, bem como indicar alternativas para avaliação da plântula normal para reduzir o tempo de avaliação da qualidade das sementes. Além de contribuir sobre o conhecimento básico de germinação de *Carapa surinamensis*, os resultados podem ser úteis na avaliação da qualidade das sementes recalcitrantes desta espécie florestal amazônica.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes deste estudo foram coletadas nos plantios florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), na Reserva Florestal Adolpho Ducke (RFAD) e na Estação Experimental de Silvicultura Tropical I (EEST), instalados na década de 70 e 80 respectivamente, ambas são áreas de terra firme localizadas ao norte de Manaus - AM (RFAD - 59° 52' 40" e 59° 52' 00" W, e entre 03° 00' 00" e 03° 08' 00" S e EEST - 02° 35' 55,5" S e 60° 02' 14,8" W). Foram coletados materiais férteis das matrizes da RFAD que estão depositados no Herbário do INPA sob o número 258150. Neste estudo são apresentados resultados de experimentos realizados em sementes de três anos de coletas distintas: coleta 1 (1994), coleta 2 (2011) e coleta 3 (2014). Os experimentos foram realizados imediatamente logo após cada coleta.

O beneficiamento consistiu na retirada manual das sementes que ainda estavam aderidas ao fruto e eliminação das mortas ou germinadas, com subsequente submersão em água por 24 horas para eliminar as larvas de *Hypsipyla* spp. por afogamento (FERRAZ e SAMPAIO, 1996), posteriormente foram secas superficialmente, sobre peneiras em temperatura ambiente por cerca de duas horas.

Em cada coleta foi verificado o peso individual de 100 sementes em balança digital (precisão de 0,01 g). O teor de água das sementes foi determinado gravimetricamente após secagem em estufa a 105 °C (BRASIL, 2009), a cada 24 horas até que a amostra alcançasse o teor de água estável com a precisão de 0,1%. Foram realizadas quatro repetições contendo cinco sementes cortadas para cada tratamento.

Devido à característica recalcitrante da semente (CONNOR et al., 1998) os testes de germinação foram instalados imediatamente após o beneficiamento, com sementes com tegumento. Após homogeneização, as sementes foram semeadas em bandejas de plástico (30 x 22 x 7 cm) sobre vermiculita de granulação média, umedecida com água destilada. As bandejas foram envolvidas em saco de polietilenos transparentes (40 x 60 cm e 08 mm) para manutenção da umidade. Os experimentos foram conduzidos em câmaras de germinação das marcas Fanem® e LMS® em temperaturas constantes e precisão de ± 1 °C, em fotoperíodo de 12 horas, utilizando lâmpadas fluorescentes (P.A.R: $70 \mu\text{mol}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Foram testadas temperaturas com intervalo de 5 °C de 20 a 35 °C (coleta 1) e de 10 e 40 °C (coleta 2); na coleta 3 foi testada apenas a temperatura de 30 °C, considerada a partir dos resultados dos experimentos anteriores como ótima. Nesta coleta foi avaliada também a

germinação de sementes sem tegumento, retirando-o manualmente, após leve secagem sobre ventilador, com auxílio de espátula de metal, sem causar danos à semente.

A avaliação da germinação foi dividida em três estádios: 1) formação da raiz primária ($\geq 0,5$ cm) e curvatura geotrópica positiva (critério fisiológico de germinação; LABOURIAU, 1983). 2) alongamento do epicótilo (≥ 1 cm), com a formação do gancho plumular, indicando o funcionamento do meristema apical e 3) alongamento do epicótilo (≥ 5 cm) que corresponde aproximadamente a emergência acima do substrato, sendo neste estágio observados também o pecíolo cotiledonar, a raiz e a gema apical, todos em perfeito estágio de desenvolvimento (BRASIL, 2009). Para efeito de comparação entre as coletas, foi considerado o período de 60 dias para formação da raiz primária e o período de 140 dias para os estádios 2 e 3.

Após o alongamento do epicótilo (estádio 3), as sementes foram retiradas do germinador e transferidas para bandejas (com 57 x 25 x 17 cm) utilizando o mesmo substrato, porém em ambiente de viveiro, a fim de observar se haveria a formação de folhas e anormalidades (dados não quantificados). Foi avaliado de 50 indivíduos o comprimento da parte aérea até os primeiros eófilos com o auxílio de uma régua.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, sendo os experimentos montados com quatro repetições de 20 sementes. As variáveis analisadas foram em porcentagem final, tempo médio de germinação (LABOURIAU e VALADARES, 1976), e o índice de velocidade de germinação de Maguire, descrito por Ranal e Santana (2006).

Com o resultado das variáveis foi realizada a análise de variância conjunta para comparar as coletas de 1 e 2, testando-se o F máximo de Hartley descrito por Pimentel-Gomes (1990) esse teste verifica a possibilidade de comparação entre experimentos realizados em locais ou tempos diferentes, verificando a homogeneidade entre os resíduos das variáveis analisadas. A normalidade dos resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene a 0,01% de significância, confirmadas as pressuposições, os tratamentos foram comparados por análise de variância (ANOVA) e comparação de médias a 5% utilizando teste de Tukey. As pressuposições, ANOVA e teste Tukey foram realizados para a avaliação das coletas 2 e 3 separadamente, com relação aos diferentes estádios da germinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *Carapa surinamensis* apresentaram teor de água de 53,4% (coleta 1), 48,8% (coleta 2) e 46,6% (coleta 3), teor de água semelhante ao encontrado por Connor et al., (1998) em sementes de *Carapa procera* (40%) e por Ferraz et al., (2002) também em *Carapa procera* (51%), todas de origem Amazônica. Portanto, possivelmente se tratavam de *Carapa surinamensis*, diferente das sementes de *Carapa procera*, de região montanhosa na África, cujo teor de água foi de 69% (SONOGO et al., 2013).

Avaliando o efeito da temperatura sobre a germinação, as sementes de *Carapa surinamensis* apresentaram protrusão da raiz primária entre 20 e 35 °C sem diferença estatística entre as coletas (Figura 1). O aumento da temperatura indicou a redução do tempo médio de germinação (Figura 2), entretanto a análise de variância conjunta não detectou diferenças significativas para as variáveis, porcentagem e tempo médio de germinação. Desta forma as sementes de andiroba mostraram alta plasticidade dentro de uma ampla faixa de temperaturas (20 - 35 °C). Este fenômeno já foi observado em sementes de *Carapa procera* e outras árvores tropicais da Amazônia por Ferraz e Varela (2003a), que citaram nove espécies com germinação alta e sem diferença estatística entre 20 e 35 °C e outras dez espécies que apresentaram a mesma porcentagem de germinação entre 15 e 35 °C. Nos últimos anos a ampla tolerância térmica foi descrita ainda para outras árvores da região, p.ex. *Guazuma ulmifolia* Lam. (ARAUJO NETO et al., 2002), *Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev (VARELA et al., 2005), *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum. (FERRAZ et al., 2012), *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard (SILVA e CESARINO, 2014).

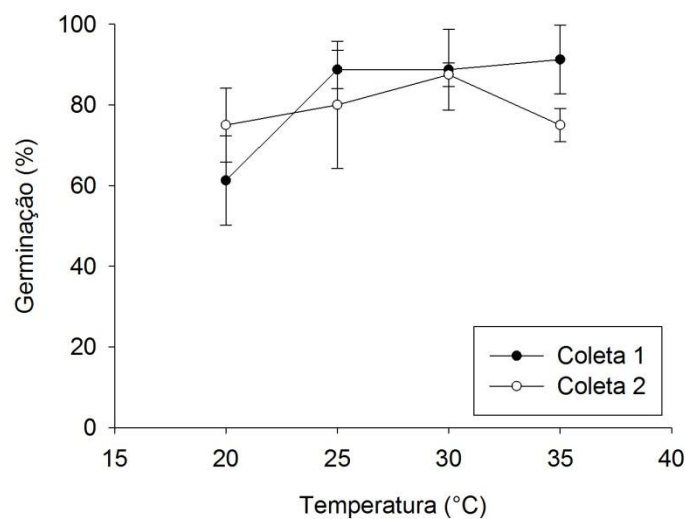


Figura 1: Porcentagem final de protrusão da raiz primária ($\geq 0,5$ cm) em temperaturas constantes, comparando dois períodos de frutificação de *Carapa surinamensis*.

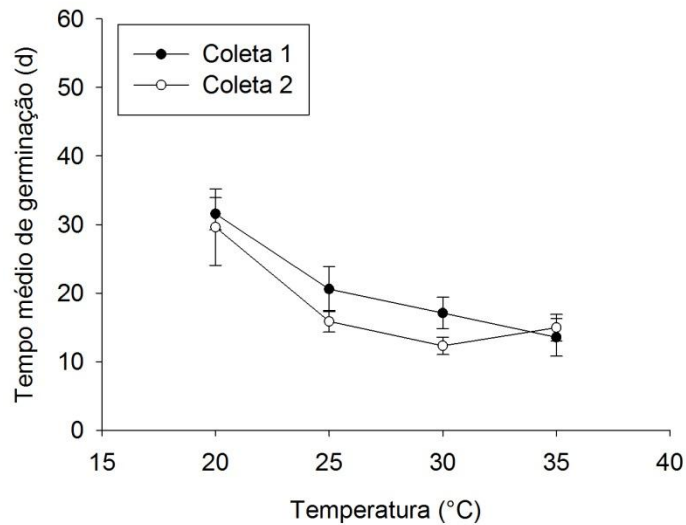


Figura 2: Tempo médio de germinação para protrusão da raiz primária ($\geq 0,5$ cm) em temperaturas constantes, comparando dois períodos de frutificação de *Carapa surinamensis*.

Com as sementes da coleta 2 foi testada uma amplitude de temperatura maior (10 - 40 °C) e três estádios do desenvolvimento foram avaliadas. A protrusão da raiz (estádio 1) ocorreu entre 15 e 40 °C, seguido do desenvolvimento e alongamento do epicótilo (estádio 2 e 3) entre 15 e 35 °C (Tabela 1). A temperatura de 10 °C foi letal para as sementes, verificada pelo teste de corte após 140 dias. A porcentagem final de todos os estádios foi alta a 15 °C (77,5% protrusão da raiz primária, 71,2% curvatura do epicótilo e 66,5% alongamento epicótilo), sendo assim podemos supor que a temperatura base está, para todos os estádios, igual ou pouco acima de 10 °C. Na temperatura máxima verificou-se diferença entre os estádios de desenvolvimento, sendo que 12% das sementes apresentaram ainda protrusão da raiz a 40 °C, enquanto não houve desenvolvimento da parte aérea (Tabela 1). Portanto, a raiz foi menos sensível a baixa temperatura do que os estádios mais avançados.

Tabela 1: Germinação final (%) e tempo médio de germinação (dias) em três estádios de desenvolvimento *Carapa surinamensis* (coleta 2) entre 5 e 40 °C. (NA= não avaliado, †= morte da semente constatada pelo teste de corte).

Temperatura °C	Germinação (%)			Tempo médio (dias)		
	Raiz (≥ 0,5 cm)	Epicótilo (≥ 1 cm)	Epicótilo (≥ 5 cm)	Raiz (≥ 0,5 cm)	Epicótilo (≥ 1 cm)	Epicótilo (≥ 5 cm)
10	†0,0 c	†0,0 c	†0,0 c	N.A	N.A	N.A
15	77,5 b	71,2 ab	66,5 a	42,1 c	79,9 d	96,5 d
20	85,0 a	72,5 ab	71,2 a	35,0 c	57,9 c	69,9 c
25	80,0 a	80,0 a	77,5 a	15,8 b	22,7 a	23,9 a
30	87,5 a	87,5 a	87,5 a	12,3 ab	18,5 a	20,5 a
35	76,2 a	47,5 b	32,5 b	15,8 b	37,6 b	44,4 b
40	12,5 c	†0,0 c	†0,0 c	06,6 a	N.A	N.A
	CV= 17,8%	CV= 27,24 %	CV = 27,9%	CV =17,7 %	CV= 18,7 %	CV= 17,1 %
	DMS= 24,54	DMS =32,1	DMS =30,7	DMS = 7,43	DMS = 13,3	DMS = 14,4
	W= 0,480	W= 0,434	W= 0,210	W= 0,112	W= 0,775	W= 0,522
	F= 0,153	F= 0,247	F= 0,456	F= 0,127	F= 0,019	F= 0,049

Medias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W;F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância. DMS = Diferença mínima significativa.

Resultado semelhante foi encontrado em sementes de *Carapa procera* (sinonímia de *Carapa surinamensis* por Pennington et al., (1981)) em que não foi observada diferença estatística para a porcentagem de germinação entre 15 e 35 °C, não sendo possível inferir sobre o limites extremos e temperatura ótima de germinação, pois foi observada apenas a protrusão da raiz (FERRAZ e VARELA, 2003a).

Existem poucos trabalhos avaliando o efeito da temperatura sobre mais do que um critério de germinação. Em *Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon (FERRAZ e VARELA, 2003b), foi observada uma temperatura mínima e máxima similar para a protrusão da raiz e a formação da plântula normal. Maior sensibilidade à temperaturas extremas em estádios mais avançados no desenvolvimento foi observada tanto na temperatura mínima como na máxima em *Maquira sclerophylla* (Ducke) C. C. Berg. (MIRANDA e FERRAZ, 1999), *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp (ROSSETO et al., 2009), *Theobroma grandiflorum* (FERRAZ et al., 2012), *Qualea grandiflora* Mart. (BILIO et al., 2013) e *Clitoria fairchildiana* (SILVA e CESARINO, 2014). Dos exemplos citados, algumas apresentam distribuição ampla (p.ex. *Parkia pendula*, *Maquira sclerophylla*, *Qualea grandiflora* e *Clitoria fairchildiana*) e outras são mais restritas a região da Amazônia Central (*Clarisia racemosa* e *Theobroma grandiflorum*) (LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL, 2015; versão on-line). A plasticidade térmica observada apenas na protrusão da raiz primária

é alta nas espécies florestais tropicais, a compilação das informações disponíveis não permite ainda uma generalização dos resultados para uma explicação mais causal. Em algumas espécies há pouca diferença entre os critérios de germinação, outras apresentam sensibilidade térmica maior com o desenvolvimento.

A temperatura ótima é definida pela maior percentagem de germinação alcançada em menor tempo (LABOURIAU,1983). Na definição da temperatura ótima para os três critérios verificou-se que na avaliação da raiz primária, o tempo médio de formação foi reduzido entre 15 a 40 °C (Tabela 1); a 15 °C as sementes necessitaram em média de 96,5 d, enquanto que a 40 °C o tempo foi de apenas 6,6 d; porém a 40 °C a germinação foi afetada negativamente e reduzida a 12,5%. Assim, a maior percentagem de germinação foi obtida entre 25 e 35 °C em menor tempo. Para os estádios mais avançados o intervalo de temperatura que resultou em maior percentagem de germinação em menor tempo situou-se entre 25 e 30 °C (Tabela 1).

O Índice de velocidade de germinação (IVG), segundo Maguire (RANAL E SANTANA, 2006) é uma ferramenta geralmente utilizada para avaliação de vigor. O valor do índice considera a germinabilidade, a velocidade e uniformidade de germinação (SANTANA e RANAL, 2004). Devido à importância destas variáveis na determinação da temperatura ótima, o IVG foi calculado para os três estádios de desenvolvimento de *Carapa surinamensis* (Figura 3). Observou-se o aumento do IVG com o aumento da temperatura até 30 °C, e em seguida uma redução até 40 °C. Apesar das diferenças entre os valores, o padrão para os três estádios de desenvolvimento foi similar. Assim, a temperatura de 30 °C pode ser identificada como a temperatura ótima de germinação de *Carapa surinamensis*.

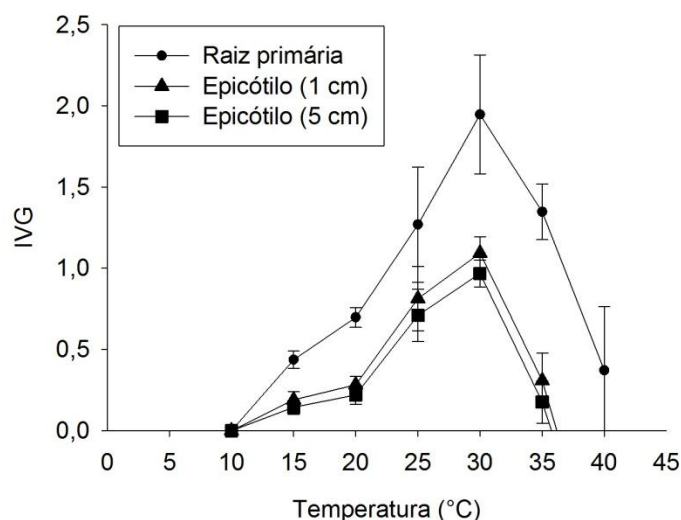


Figura 3: Índice de velocidade de germinação (IVG) de *Carapa surinamensis* em três estádios de desenvolvimento em temperaturas constantes.

Várias revisões sobre temperatura ótima em espécies florestais foram publicadas recentemente. Na revisão abrangendo espécies arbóreas de várias regiões do mundo, a temperatura ótima, considerando a protrusão da raiz primária, variou entre 15 e 35 °C; a maioria (frequência 43%) das 99 espécies avaliadas exigiu temperaturas entre 26 e 30 °C (DÜRR et al., 2014). Em um levantamento sobre espécies florestais do Brasil (n= 272), a temperatura ótima variou também entre 15 e 35 °C, com frequência maior (80%) na temperatura de 25 °C (BRANCALION et al., 2010). Esta mesma foi indicada numa revisão sobre a protrusão da raiz de 86 espécies tropicais e subtropicais para 45 espécies (frequência 52%) (FERRAZ e CALVI, 2011). Considerando somente o bioma Amazônico a temperatura ótima foi de 30 °C para 87% das 30 espécies estudadas (FERRAZ e VARELA, 2003a); em uma base de dados maior (n= 95) a temperatura de 30 °C foi considerada também ótima para o bioma em questão (BRANCALION et al., 2010). Portanto, as sementes de *Carapa surinamensis* apresentam a exigência típica de uma espécie florestal amazônica e a temperatura de 30 °C pode ser considerada ótima para os três estádios de desenvolvimento deste trabalho.

Na avaliação da qualidade das sementes para fins de comercialização deve ser considerado o estádio de uma plântula normal (BRASIL, 2009). A avaliação deste critério de desenvolvimento sob condições controladas é inviável para muitas espécies florestais devido ao tamanho das sementes e das plântulas (FERRAZ e CALVI, 2011). As sementes de *Carapa surinamensis* deste estudo apresentaram peso individual entre 2,7 e 36,2 g; as plântulas tiveram crescimento rápido, tendo o comprimento da parte aérea até os primeiros eófilos em média 34,5 cm (mínimo: 19 cm; máximo: 55,5 cm), portanto, para se avaliar este estádio em germinadores é necessário muito espaço e recipiente adequado (Figura 4). O estádio com epicótilo ≥ 5 cm pode ser recomendado para a avaliação de uma plântula normal, pois o funcionamento dos dois meristemas pode ser atestado durante o experimento (Figura 4c). Todas as plântulas que foram transferidas neste estádio, do germinador para o viveiro, desenvolveram folhas fotossinteticamente ativas e apresentaram alta sobrevivência em campo. Portanto, recomendamos considerar uma plântula com epicótilo ≥ 5 cm (estádio 3) como “plântula normal” (Figura 4d) para avaliação da qualidade das sementes para fins comerciais, segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).



Figura 4: Fases do desenvolvimento germinativo de *Carapa surinamensis*. Protrusão da raiz primária $\geq 0,5$ cm (A). Alongamento do epicótilo ≥ 1 cm (B). Alongamento do epicótilo ≥ 5 cm (C) e plântula normal, com o primeiro par de eófilos em expansão (D).

Se o teste de germinação não pode ser completado dentro de dois meses, as Regras para Análise de Sementes (RAS) recomendam testes rápidos de viabilidade (BRASIL, 2009). Entre os testes mais utilizados para avaliar a qualidade das sementes, destaca-se pela sua rapidez, o teste de tetrazólio (GASPAR-OLIVEIRA et al., 2011), porém sementes de *Carapa*

surinamensis são relativamente grandes (mínimo: 1,6 cm; máximo: 6 cm), e este tipo de teste demandaria o uso de muita substância.

Com o objetivo de indicar o período para avaliação da qualidade das sementes de *Carapa surinamensis* segundo as RAS, verificou-se que na temperatura ótima o período de avaliação baseado nos três estádios foi em média de 44,2 dias (estádio 1), 51,2 dias (estádio 2) e 55 dias (estádio 3) (Figura 5). O caráter recalcitrante das sementes de andiroba (CONNOR et al., 1998) é mais um argumento para a conclusão da avaliação em menor tempo. A retirada do tegumento acelerou a germinação de *Carapa guianensis* e *Carapa procera* (FERRAZ et al., 2002). O processo é relativamente fácil, entretanto exige habilidade e tempo para evitar danos aos cotilédones e ao eixo embrionário que se localiza muito próximo à superfície na área da micrópila. Neste estudo a germinação foi acelerada significativamente por este tratamento e o desenvolvimento de patógenos não foi observado nos cotilédones expostos contendo as reservas (Figura 5).

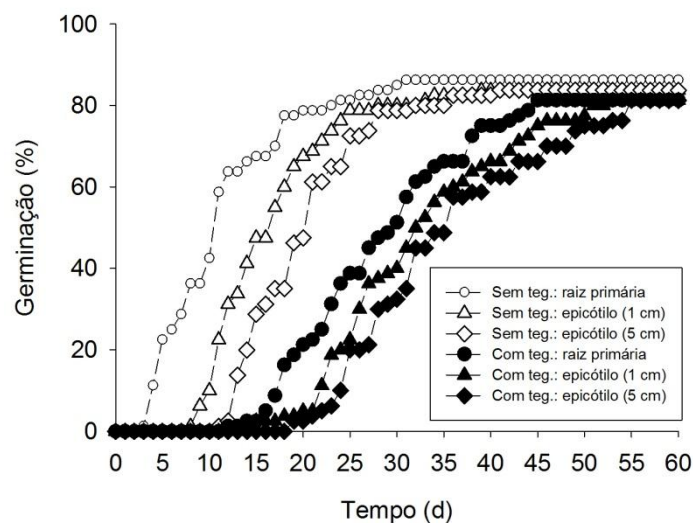


Figura 5: Processo de germinação de *Carapa surinamensis* em três estádios de desenvolvimento a 30 °C, comparando sementes com e sem tegumento (teg.).

A indicação do tempo para a primeira e última contagem é uma orientação importante para a organização de um laboratório de análise e é indicada para cada espécie nas RAS. Não existem recomendações específicas de como determinar estes períodos de avaliação. Neste trabalho foram consideradas 80% das sementes germináveis para a avaliação da primeira contagem (Tabela 2). Desse modo, avaliando o alongamento do epicótilo (acima de 5 cm) como critério alternativo para a plântula normal, a avaliação pode ser concluída em 30,5 dias e com estádios mais iniciais em tempo menor.

Tabela 2: Período necessário para alcançar 80% de germinação (1ª contagem) e concluir o teste de germinação (2ª contagem) na temperatura ótima (30 °C), indicado para os três estádios estabelecidos durante a germinação e o desenvolvimento de *Carapa surinamensis*, semeadas com e sem tegumento. *dp= desvio padrão

Tratamento	Estádio	Tempo de avaliação (dias)			
		1ª contagem		2ª contagem	
		média	dp	média	dp
Com tegumento	Raiz (≥ 0,5 cm)	34,5	± 2,5	44,3	± 1,0
	Epicótilo (≥ 1 cm)	38,8	± 3,3	51,3	± 1,3
	Epicótilo (≥ 5 cm)	51,0	± 12,1	55,0	± 0,0
Sem tegumento	Raiz (≥ 0,5 cm)	15,8	± 5,5	23,8	± 5,9
	Epicótilo (≥ 1 cm)	21,3	± 3,0	30,3	± 6,3
	Epicótilo (≥ 5 cm)	24,8	± 3,3	30,5	± 7,5

Considerando os resultados deste estudo, a avaliação de sementes sem tegumento em temperatura constante de 30 °C pode ser indicada para a avaliação da qualidade em sementes de *Carapa surinamensis*, e após a retirada do tegumento a avaliação pode ser concluída em 30 dias.

CONCLUSÕES

Sementes de *Carapa surinamensis* mantém alta percentagem de germinação nas temperaturas entre 15 e 35 °C.

Detectou-se aumento da sensibilidade a temperatura com avanço do desenvolvimento. Sendo a temperatura mínima de germinação dos três estádios entre 10 e 15 °C e a temperatura máxima acima de 40 °C para a raiz, e entre 35 e 40 °C para o desenvolvimento da parte aérea.

A velocidade de germinação indicou a temperatura de 30 °C como ótima. Com a retirada do tegumento a velocidade de germinação pode ser aumentada e o tempo de avaliação reduzido. Nesta condição a primeira contagem para o alongamento do epicótilo (≥ 5 cm), considerado neste estudo como critério alternativo para avaliação de plântula normal, pode ser realizada aos 24 (± 3) dias e a segunda aos 30 (± 7) dias.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO NETO, J.C. et al. Temperaturas cardiais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, n. 3, p. 460-465, 2002.

BILIO, R. S.; GUIMARÃES, S. C.; CALDEIRA, S. F. *Qualea grandiflora* Mart.: Temperatura na germinabilidade de sementes. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 245-251, 2013.

BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**. v. 50, p. 248-260, 2002.

BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A.D. L.C.; RODRIGUES, R.R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 32, n. 4, p. 015-021, 2010.

BRASIL. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL, 2013. 395p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/FLORESTAL_documento_pdf.pdf

BRASIL. Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003. **Diário Oficial da União**, Poder executivo. Brasília, DF, 06 ago. 2003. Seção 1, p.1.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. Mapa/ ACS, 399 p. 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf

CALVI, G.P.; FERRAZ, I.D.K. Levantamento das espécies florestais de interesse econômico e o cenário da produção de sementes e mudas na Amazônia Ocidental. **Informativo Abrates**. v. 24, n. 2, p. 24-75, 2014.

CARDOSO, V.J.M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus-dia. **Oecologia Australis**. v.15, n. 2, p. 236-248, 2011.

CONNOR, K.F. et al. Effects of desiccation on seeds of *Carapa guianensis* Aubl. and *Carapa procera* D. C. **Seed Technology**. v. 20 n. 1, p.71-82, 1998.

DÜRR, C. et al. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.200: 222-232, 2015

ENRIQUEZ, G.E.V. Sub-rede de Dermocosméticos na Amazônia a partir do uso sustentável de sua biodiversidade com enfoques para as cadeias produtivas da: castanha-do-pará e dos óleos de andiroba e copaíba. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. Brasília. 209 p. 2007.

ENRIQUEZ, G.E.V; SILVA, M.A.; CABRAL, E. Biodiversidade da Amazônia: usos e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará. Belém: **EMBRAPA**. 2003.

FERRAZ, I.D.K.; VARELA, V.P. Temperatura ótima para a germinação das sementes de trinta espécies florestais da Amazônia. *In*: Higuchi, N.; Santos, J.; Sampaio, P.T.B.; Marengo, R.A; Ferraz, J.; Sales, P.C.; Saito, M.; Matsumoto, S. (eds.) **Projeto Jacaranda - fase 2: pesquisas florestais na Amazônia central**. 252p. INPA, Manaus-AM. Capítulo 9. p. 117-127, 2003a.

FERRAZ, I. D. K.; VARELA, V. P. Temperaturas cardeais de germinação e sensibilidade ao resfriamento das sementes de guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon. – Moraceae). **Rev. Ciência Agrária**. n. 39, p. 183-191, 2003b.

FERRAZ, I.D.K. et al. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. **Rev. Bras. Fruticultura**. v. 34, n. 3, p. 905-914, 2012.

FERRAZ, I.D.K.; CALVI, G.P. Teste de germinação. *In*: Lima Júnior, M.J.V. (Ed.). **Manual de Procedimentos de Análise de Sementes Florestais**. Londrina: Abrates. 2011, cap. 5, p. 5.1-5.

FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D. C.): Aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazonica**. v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

FERRAZ, I.D.K.; SAMPAIO, P.T.B. Métodos simples de armazenamento das sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C. – Meliaceae). **Acta Amazonica**. v. 26, n. 3, p. 137-144, 1996.

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

KENFACK, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): a reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 165, p. 186-221, 2011a.

KENFACK, D. A synoptic revision of *Carapa* (Meliaceae). **Harvard papers in Botany**. v. 16, n. 2, p. 171-231, 2011b.

KLIMAS, C.A.; KAINER, K.A.; WADT, L.H.O. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**. v. 250, p. 256-265, 2007.

LABORIAU, L.G. A germinação das sementes. Washington D.C, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Série de Biologia**. Monografia. 1983.

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

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

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 08 Fev. 2015

LONDRES, M. **Population structure and seed production of *Carapa guianensis* in three floodplain forest types of the Amazon estuary**. M.Sc. thesis, University of Florida, Gainesville. 56 pp. 2009.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Vol. II. INPA/SUFRAMA, Manaus, AM, Brasil. 1979.

MENDONÇA, A.P.; FERRAZ, I.D.K. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 353-364, 2007.

MIRANDA, P.R.M.; FERRAZ, I.D.K. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 22, n. 2, p. 303-307, 1999.

PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.D.; TAYLOR D.A.H. **Meliaceae**. Flora Neotropica Monograph, v. 28, p. 235-244, 1981.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: Editora da Universidade de São Paulo. 477 p. 2000.

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

RENASEM – Registro Nacional de Sementes e Mudas (base de dados). Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/RENASEM.html>> Acesso em: 08 de abril de 2015.

ROSSETO, J. et al Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (Fabaceae) em diferentes temperaturas. **Revista Árvore**. v. 33, n. 1, p. 47-55, 2009.

SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. **Análise da germinação: um enfoque Estatístico**. Editora Universidade de Brasília, 248 p. Brasília, Brasil. 2004.

SANTOS, M.A.; NETO, S.V.C. Aproveitamento sustentável de andiroba (*Carapa guianensis* aubl.) no Estado do Amapá. **Basa**. Macapá, 15 p. 2004. (Relatório técnico)

SAUTO, A. et al. Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. **Seed Science Research**. v. 17, p. 127-140, 2007.

SCARANO, F.R.; PEREIRA, T.S.; RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. **Plant Ecology**. v. 168, p. 291-296, 2003.

SILVA, B.M.S.; CESARINO, F. Germinação de sementes e emergência de plântulas de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - FABACEAE). **Biota Amazônia**. v. 4, n. 2, p. 9-14, 2014.

TONINI, H.; COSTA, P.; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* aubl.) no sul do Estado de Roraima. **Ciência Florestal**. v. 19, n. 3, p. 247-255, 2009.

VARELA, V.P.; COSTA, S.S.; RAMOS, M.B.P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinoideae. **Acta Amazonica**. v. 35, n. 1, p. 35-39, 2005.

VOLPATO, E.; SCHMIDT, P. B.; ARAUJO, V. C. *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba). Estudos comparativos de tratamentos silviculturais. **Acta Amazonica**. v. 2, n.1, p.71-82, 1972.

YARED, J.A.C.; CARPANEZZI, A.A. Conversão da capoeira alta da Amazônia em povoamentos de produção madeireira: O método do “recru” e espécies promissoras. **Boletim de Pesquisa** 25, CPATU EMBRAPA, Belém, Pará. 27p. 1981.

Capítulo 2

Amoêdo, S.C. e Ferraz, I.D.K., 2015. Temperaturas cardeais de germinação de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae). Manuscrito formatado para a publicação na revista *Ciência Florestal*.

TEMPERATURAS CARDEAIS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae)

CARDINALS TEMPERATURES OF SEED GERMINATION OF *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae)

Semirian Campos Amoêdo e Isolde Dorothea Kossmann Ferraz

RESUMO

Carapa guianensis é uma árvore de uso múltiplo da Amazônia, conhecida localmente como andiroba. Apresenta sementes recalcitrantes com germinação dispersa ao longo do tempo causada pela resistência mecânica do tegumento. O objetivo deste estudo foi determinar a faixa térmica para a germinação das sementes assim como a temperatura ótima de germinação, avaliando dois critérios germinativos (protrusão da raiz $\geq 0,5$ cm e alongamento do epicótilo ≥ 5 cm). Os frutos de *Carapa guianensis* foram coletados em plantios na terra firme ao norte de Manaus, após a dispersão natural. Após a coleta o tegumento das sementes foi retirado manualmente, as sementes foram semeadas sobre vermiculita úmida e a germinação observada nas temperaturas constantes de 10 a 40 °C e fotoperíodo de 12 horas. A protrusão da raiz ocorreu entre 15 e 30 °C, com alta porcentagem sem diferença significativa. O desenvolvimento do epicótilo foi mais sensível à alta temperatura com redução a 35 °C. Os resultados de dois anos de coletas indicam 30 °C como mais adequada, porém há necessidade de confirmação. Para ambos os critérios, a temperatura mínima foi próxima a 10 °C, e a máxima entre 35 e 40 °C.

Palavras-chave: andiroba, retirada do tegumento, critérios germinativos.

ABSTRACT

Carapa guianensis Aubl. is a multiple use tree of the Amazon, locally known as andiroba. The seeds are recalcitrant and germination is dispersed over time, caused by a mechanical restriction of the seed coat. The objective of this study was to determine the temperature range for seed germinations as well as the optimum temperature for two germination criteria (root length ≥ 0.5 cm and epicotyl elongation ≥ 5 cm). The fruits were collected in plantations on terra firme in the north of Manaus at time of natural shedding. After processing and manual

removal of the seed coat the seeds were sown on moist vermiculite in growth chambers at constant temperatures from 10 to 40 ° C and photoperiod of 12 hours. Root protrusion occurred between 15 and 30 °C with high final germination percentage and no significant difference between the temperatures. The development of the epicotyl was more sensitive to high temperature and was reduced at 35 °C. The results of two years suggest 30 °C as the most appropriate germination temperature, although confirmation is needed. For both germination criteria the minimum temperature was close to 10 °C and the maximum between 35 and 40 °C.

Keywords: andiroba; seed coat removal; germination criterion.

INTRODUÇÃO

A temperatura do ambiente se reflete na porcentagem final e na velocidade de germinação das sementes, pois afeta diretamente a sua atividade metabólica (LARCHER, 2000; BEWLEY et al., 2013). Os limites de temperatura nas quais a semente é capaz de germinar dependem das características genéticas e se reflete na distribuição geográfica da espécie (LABOURIAU, 1983). A temperatura mínima (ou base) e a temperatura máxima (ou teto) são as temperaturas abaixo e acima nas quais não ocorre mais germinação. A temperatura ótima é a aquela em que a germinação tem maior porcentagem e velocidade, sendo estas temperaturas também são nomeadas de cardiais (BRADFORD, 2002; CARDOSO, 2011). Informações sobre a temperatura mais adequada para o processo de germinação são necessárias na avaliação das sementes em laboratórios credenciados para a certificação da qualidade (BRASIL, 2009).

A germinação pode ser definida de diferentes formas, baseado no objetivo do estudo. O processo inclui os eventos fisiológicos que culminam na protrusão da raiz primária, sendo este o critério adotado em estudos fisiológicos (BEWLEY et al., 2013). Entretanto em estudos sobre a qualidade das sementes, visando a propagação vegetal, o critério da germinação é uma plântula normal com alta probabilidade de estabelecimento no campo (BRASIL, 2009). Os estádios mais avançados do desenvolvimento vegetal podem apresentar sensibilidade térmica igual aos estádios iniciais, como foi demonstrada para *Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon (FERRAZ e VARELA, 2003b) ou ser mais sensíveis ao efeito da temperatura como por

exemplo em *Carapa surinamensis* Miq. (Capítulo 1), nas quais as exigências térmicas pós-emergência da raiz primária foram diferentes.

Dentre as espécies florestais amazônicas de interesse comercial, destaca-se a andiroba - *Carapa guianensis* Aubl., pertencente à família Meliaceae, cujo gênero possui mais duas outras espécies ocorrendo na Região da Amazônia Central, segundo a revisão taxonômica recente do gênero (KENFACK, 2011a). As espécies são de uso múltiplo e dificilmente diferenciadas pela população por possuírem características morfológicas similares e uso comum. *Carapa guianensis* habita ambientes de várzeas e igapós, sendo encontradas, também, em florestas de terra firme (KENFACK, 2011b).

As sementes de *Carapa guianensis* são grandes, medindo de 1,7 a 6 cm de comprimento e pesando em média 25 gramas (variando de 1 a 70 gramas); os cotilédones são fundidos formando uma massa única de reserva e o eixo embrionário é “minúsculo” e localiza-se em uma cavidade dentro do tecido cotiledonar próximo à micrópila (FERRAZ et al., 2002). As sementes foram classificadas como recalcitrantes (CONNOR et al., 1998) e apesar de alguns autores não identificarem uma dormência (SCARANO et al., 2003; SAUTO et al., 2007) a germinação é lenta e heterogênea (FERRAZ et al., 2002; SILVA et al., 2004). O impedimento mecânico oferecido pelo tegumento foi indicado como causa do retardamento do processo, pois com tegumento as sementes demoraram de 40 –180 dias para alcançar 30% de germinação em ambiente de viveiro, e sementes sem tegumento alcançaram 70% com tempo médio de 20 dias a 25 °C no laboratório (FERRAZ et al., 2002). Desta forma, a retirada do tegumento das sementes em estudos realizados em laboratórios foi recomendada (FERRAZ et al., 2002).

O efeito da temperatura sobre a protrusão da raiz primária das sementes sem tegumento foi estudado por Ferraz e Varela (2003), e indicado 35 °C como temperatura ótima; nesse estudo houve baixa porcentagem de germinação em todas as temperaturas e os limites térmicos não foram definidos.

O objetivo deste trabalho foi determinar a faixa térmica tolerável e a temperatura ótima para dois critérios de germinação, protrusão da raiz e alongamento do epicótilo (fisiológico e tecnológico), de sementes sem tegumento de *Carapa guianensis*. Os resultados irão contribuir para o conhecimento básico de germinação e podem ser úteis para a avaliação da qualidade das sementes desta espécie amplamente utilizada na região amazônica.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *Carapa guianensis* foram coletadas na época da dispersão natural na Estação Experimental de Silvicultura Tropical I (EEST) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em um plantio florestal instalados na década de 80, em áreas de terra firme localizada ao norte de Manaus-AM (02° 35' 55,5" S e 60° 02' 14,8" W). Os resultados apresentados neste estudo foram compilados a partir de experimentos realizados com sementes em duas ocasiões: primeira coleta em abril de 2010 e segunda coleta em abril de 2011, período este de dispersão natural da espécie

Os frutos foram abertos manualmente, por uma leve batida que permite a separação das valvas. As sementes aparentemente sadias foram imersas em água por 24 horas para afogar as larvas de *Hypsipyla* spp. (FERRAZ E SAMPAIO, 1996), e em seguida secas superficialmente, em peneiras na temperatura ambiente. Devido a característica recalcitrante da semente (CONNOR et al., 1998), os testes de germinação foram instalados imediatamente. O pré-tratamento para acelerar e homogeneizar a germinação consistiu na retirada cuidadosa e manual do tegumento, com auxílio de espátula de metal, sem causar danos à semente. As sementes sem tegumento foram mantidas em água destilada até a semeadura, tempo inferior a 2 horas. No teste de germinação foram utilizadas para cada repetição uma bandeja de plástico (30 x 22 x 7 cm) envolvida com saco de polietileno transparente (40 x 60 cm e 08 mm) para manutenção da umidade e as sementes foram semeadas sobre vermiculita de granulação média, umedecida com água destilada.

Na primeira coleta foram testadas apenas as temperaturas: 25 e 30 °C; na segunda coleta foram testadas sete temperaturas: 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Os experimentos foram conduzidos em câmaras de germinação das marcas Fanem® e LMS® em temperaturas constantes (± 2 °C), com fotoperíodo de 12 horas, utilizando lâmpadas fluorescentes (P.A.R: $70 \mu\text{mol}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

A avaliação foi diária, observando dois critérios germinativos, a formação da raiz primária ($\geq 0,5$ cm) com curvatura geotrópica positiva - critério fisiológico de germinação (LABOURIAU, 1983) e o alongamento do epicótilo (≥ 5 cm), critério que corresponde aproximadamente a emergência acima do substrato, sendo neste estágio observados também os pecíolos cotiledonares, raiz e gema apical, todos em perfeito estágio de desenvolvimento.

Os experimentos foram acompanhados por 200 dias; após a finalização foi feito o teste de corte nas sementes não germinadas.

O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo os experimentos montados com quatro repetições de 20 sementes por temperatura. As variáveis analisadas foram a porcentagem final, tempo médio de germinação (LABOURIAU e VALADARES, 1976), e o índice de velocidade de germinação de Maguire, descrito por Ranal e Santana (2006).

Para comparar os dados da primeira e da segunda coleta, apenas para as temperaturas de 25 e 30 °C foi calculado o quadrado médio dos resíduos de cada temperatura e calculado o F máximo de Hartley descrito por Pimentel-Gomes (1990) esse teste verifica a possibilidade de comparação entre experimentos realizados em locais ou tempos diferentes, verificando a homogeneidade entre os resíduos das variáveis analisadas. Foi verificada a normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene a 0,01% de significância, confirmada as pressuposições, os tratamentos foram comparados por análise de variância conjunta e comparação de médias a 5% utilizando teste de Tukey. As pressuposições, ANOVA e teste Tukey foram realizados para a avaliação dos resultados da segunda coleta e com relação aos diferentes critérios da germinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *Carapa guianensis* toleraram a faixa de temperaturas entre 15 e 30 °C, e apresentaram protrusão da raiz primária e alongamento do epicótilo, com um desempenho máximo entre 82,5 e 87,5% sem diferença estatística significativa entre o efeito das temperaturas (Tabela 3). As temperaturas de 10 e 40 °C foram letais para as sementes. A temperatura mínima de germinação situou-se entre 10 e 15 °C, considerando que 87,5% das sementes germinaram a 15 °C, a temperatura mínima deve estar próxima a 10 °C (Tabela 3). As temperaturas altas acima de 30 °C causaram redução na porcentagem de germinação, com 55% de alongamento do epicótilo a 30 °C para 21,2% a 35 °C, portanto considera-se que a temperatura máxima esteja entre 35 e 40 °C.

A plasticidade térmica das sementes de *Carapa guianensis* foi semelhante à de *Carapa surinamensis*, apresentando uma ampla faixa ótima entre 15 e 30 °C; as temperaturas mínima e máxima também foram semelhantes para o alongamento do epicótilo nas duas espécies, já a protrusão da raiz foi menos sensível a altas temperaturas em *Carapa surinamensis*, pois a 40 °C ainda houve 12,5% de protrusão da raiz primária (Capítulo 1).

O tempo médio para a protrusão de raiz primária de *Carapa guianensis* foi maior nas sementes expostas a 15 e 20 °C do que a 25 a 35 °C, porém sem diferença significativa (Tabela 3). Houve diferença significativa no tempo médio para o alongamento do epicótilo nas temperaturas entre 15 e 35 °C. O menor tempo médio para este critério foi observado a 25 e 30 °C, sem diferença estatística (Tabela 3). Considerando os resultados do tempo médio de germinação e a porcentagem de alongamento do epicótilo nas temperaturas de 25 e 30 °C podemos inferir que o desenvolvimento inicial em *Carapa guianensis* mostrou-se mais sensível ao efeito da temperatura do que *Carapa surinamensis*, que apresentou 32,5% de desenvolvimento do epicótilo a 35 °C (Capítulo 1).

Tabela 3: Germinação final (GF %), tempo médio de germinação (TM dias) e índice de velocidade de germinação (IVG) de dois critérios germinativos de sementes de *Carapa guianensis* submetidas a temperaturas entre 10 e 40 °C. (NA= não se aplica, †= morte da semente constatada pelo teste de corte).

Temperatura (°C)	Raiz (≤ 0,5 cm)			Epicótilo (≤ 5 cm)		
	GF (%)	TM (dias)	IVG	GF (%)	TM (dias)	IVG
10	†0,0	n.a.	n.a.	†0,0	n.a.	n.a.
15	87,5 a	39,1 b	0,61 c	57,5 a	86,9 d	0,14 b
20	87,5 a	32,2 b	0,78 bc	65,0 a	55,6 c	0,26 b
25	85,0 a	15,6 a	1,86 a	82,5 a	29,6 a	0,62 a
30	65,0 ab	13,3 a	1,45 ab	55,0 a	25,5 a	0,49 a
35	60,0 b	14,3 a	1,48 ab	21,2 b	39,8 b	0,12b
40	†0,0	n.a.	n.a.	†0,0	n.a.	n.a.
	CV: 19,87%	CV: 22,59%	CV: 37,68%	CV: 26,24%	CV: 7,99%	CV: 25,71%
	DMS: 24,96	DMS: 8,49	DMS: 0,76	DMS: 32,24	DMS: 8,29	DMS: 0,18
	W: 0,10	W: 0,02	W: 0,04	W: 0,05	W: 0,02	W: 0,49
	F: 0,13	F: 0,06	F: 0,09	F: 0,10	F: 0,44	F: 0,28

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W; F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância. DMS = Diferencia mínima significativa.

Foi encontrada diferença significativa entre as temperaturas para o índice de velocidade de germinação (IVG) para os dois critérios avaliados (Tabela 3). Na protrusão da raiz primária, os índices mais altos foram entre 25 e 35 °C, enquanto que para o alongamento do epicótilo os valores mais altos foram a 25 e 30 °C. Assim como na avaliação do tempo médio, o IVG mostra que a protrusão da raiz primária e o alongamento do epicótilo ocorre mais rápido nas temperaturas de 25 e 30 °C e que a raiz foi mais tolerante a temperaturas extremas do que o desenvolvimento posterior.

Avaliando os dados da primeira coleta juntamente com os da segunda coleta por meio da análise conjunta, observou-se que ambas as temperaturas (25 e 30 °C) podem ser consideradas ótimas para a germinação das sementes de *Carapa guianensis*, e o efeito do aumento de apenas 5 °C é notável apenas quando se avalia o alongamento do epicótilo (Tabelas 4 e 5). Na primeira coleta a porcentagem de protrusão da raiz a 25 °C não diferiu estatisticamente dos resultados da segunda coleta. A porcentagem de alongamento do epicótilo diferiu entre as coletas para as duas temperaturas, assim como entre as temperaturas de uma mesma coleta, não sendo possível definir quais das duas temperaturas se convergiam como ótima para ambas as coletas.

Tabela 4: Análise de variância conjunta de porcentagem (%) de dois critérios de germinação de sementes de *Carapa guianensis* para duas coletas distintas.

Coleta	Raiz ($\leq 0,5$ cm)		Epicótilo (≤ 5 cm)	
	25 °C	30 °C	25 °C	30 °C
1°	81,2% Aa	90,0% Aa	50,0% Bb	82,5% Aa
2°	85,0% Aa	65,0% Bb	82,5% Aa	55,0% Bb
	CV: 9,82%		CV: 17,8%	
	DMS: 9,83		DMS: 14,7	
	W: 0,83		W: 0,85	
	F: 0,55		F: 0,03	

Medias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W;F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância. DMS = Diferencia mínima significativa

Não houve diferença significativa para o índice de velocidade de germinação (IVG) da protrusão da raiz primária entre 25 e 30 °C entre as duas coletas. Para o alongamento do epicótilo o IVG foi significativamente mais alto a 25 °C na segunda coleta e estatisticamente semelhante a 30 °C para as duas coletas conjuntamente (Tabela 5).

Tabela 5: Análise de variância conjunta do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de *Carapa guianensis* para duas coletas distintas.

Coleta	Epicótilo	
	25 °C	30 °C
1°	0,31 Bb	0,71 Aa
2°	0,62 Aa	0,49 Aa

CV: 23,7%
DMS: 0,15
W: 0,13
F: 0,55

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; W;F: estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Valores em negrito indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas a 0,01 de significância. DMS = Diferencia mínima significativa

Os resultados não foram conclusivos para determinar uma única temperatura ótima e sim uma faixa ótima alcançada entre 25 e 30 °C. Sugere-se um estudo específico nesta faixa de temperatura, caso há necessidade de definir mais precisamente a temperatura ótima.

Em sementes de *Carapa surinamensis*, foi possível determinar estatisticamente a temperatura ótima pelo IVG obtidos nas temperaturas entre 10 e 40 °C. Todos os critérios germinativos analisados indicaram 30 °C como ótima (Capítulo 1). A heterogeneidade germinativa das sementes de *Carapa guianensis* pode ser um dos fatores que resultaram na diferença de resultados obtidos entre as coletas avaliadas. Essa heterogeneidade já foi relatada em estudos anteriores, e relacionadas ao impedimento mecânico do tegumento (FERRAZ et al., 2002). No presente estudo o tegumento foi retirado, mesmo assim a heterogeneidade continuou elevada tanto na porcentagem quanto na velocidade de germinação entre as temperaturas testadas.

A temperatura de 35 °C foi indicada como ótima para *Carapa guianensis* por Ferraz e Varela (2003), para avaliação da protrusão da raiz primária. A Instrução para análise de sementes de espécies florestais (BRASIL, 2013), recomenda para a realização do teste de germinação utilizando a faixa de temperatura entre 25 e 35 °C, sem pré-tratamento para esta espécie. O presente estudo que apontou resultado diferente, pois uma faixa ótima para a protrusão da raiz primária foi encontrada entre 15 e 30 °C, com redução a 35 °C (Tabela 3).

A avaliação da qualidade pelas Regras de Análises de Sementes (RAS) necessita, além da indicação da temperatura ótima, a indicação de tempo para a primeira e segunda contagem no teste de germinação. O tempo de contagem é indicado para orientar laboratórios de análise

de sementes, não existindo recomendações específicas de como determinar. Neste estudo a avaliação do tempo de contagem foi feita com base nos dados da segunda coleta, onde a heterogeneidade entre as repetições foi menor do que na primeira coleta.

Foram consideradas 80% das sementes germináveis para a realização da primeira contagem em sementes de *Carapa guianensis*, para testes realizados a 25 ou 30 °C (Figura 6).

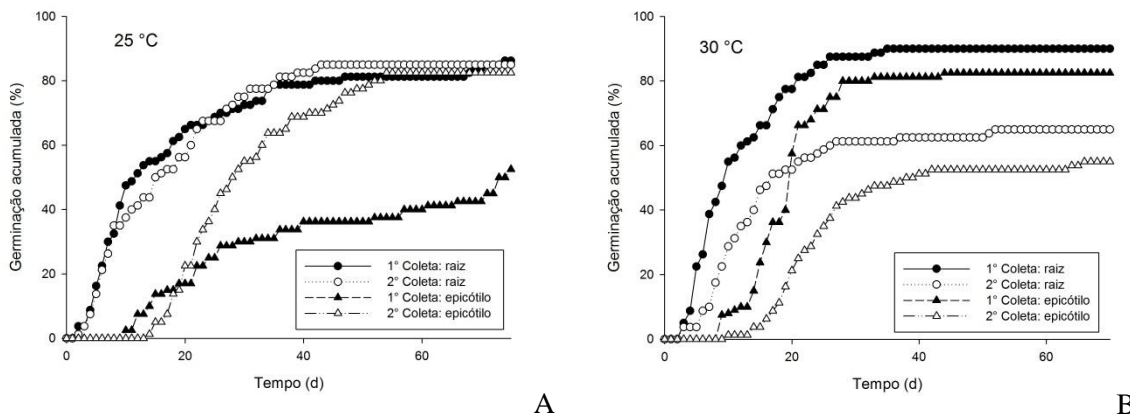


Figura 6: Porcentagem de germinação acumulada de dois critérios germinativos (protrusão da raiz primária e alongamento do epicótilo) em *Carapa guianensis* submetidos a duas temperaturas (25 °C – A; 30 °C – B) para duas coletas distintas.

A 25 °C foram necessários 23 dias para a primeira contagem considerando a protrusão da raiz primária e 36 dias para o alongamento do epicótilo. A 30 °C foram necessários 18 dias para a primeira contagem considerando a protrusão da raiz primária e 35 dias para o alongamento do epicótilo (Tabela 6).

Tabela 6: Período necessário para as sementes de *Carapa guianensis* alcançarem 80% de germinação em dois diferentes critérios estabelecidos em duas temperaturas recomendadas.

Temperatura	Critério	Tempo de avaliação (dias)	
		1ª contagem	2ª contagem
25 °C	Raiz	23,7 ± 2,9	36,5 ± 6,3
	Epicótilo	35,5 ± 2,3	51,0 ± 4,2
30 °C	Raiz	18,7 ± 4,7	41,5 ± 12
	Epicótilo	35,5 ± 2,3	52,2 ± 14

De acordo como os resultados obtidos, sementes de *Carapa guianensis* podem ser analisadas em temperatura constante de 25 e/ou 30 °C, e devido a retirada do tegumento a avaliação pode ser feita em aproximadamente 50 dias.

CONCLUSÕES

As sementes de *Carapa guianensis* apresentaram alta porcentagem de protrusão da raiz primária sem diferença significativa entre 15 e 30 °C, entretanto para o alongamento do epicótilo a temperatura mais adequada foi mais restrita e situou-se entre 25 e 30 °C. O índice de velocidade de germinação indicou 30 °C como mais adequada na comparação de dois anos de coleta e considerando o alongamento do epicótilo, porém há necessidade de confirmação. Nesta condição a primeira contagem para o alongamento do epicótilo (≥ 5 cm) pode ser realizada aos 35 (± 2) dias e a segunda aos 52 (± 14) dias. A temperatura mínima de germinação foi entre 10 e 15 °C e a máxima entre 35 e 40 °C para ambos os critérios.

REFERÊNCIAS

- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. **Weed Science**. v. 50, p. 248-260, 2002.
- BRASIL. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL, 2013. 395p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/FLORESTAL_documento.pdf
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. Mapa/ ACS, 399 p. 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf
- CARDOSO, V.J.M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus-dia. **Oecologia Australis**. v.15, n. 2, p. 236-248, 2011.
- CONNOR, K.F. et al. Effects of desiccation on seeds of *Carapa guianensis* Aubl. and *Carapa procera* D. C. **Seed Technology**. v. 20 n. 1, p.71-82, 1998.
- FERRAZ, I.D.K. et al. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. **Rev. Bras. Fruticultura**. v. 34, n. 3, p. 905-914, 2012.
- FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D. C.): Aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazonica**. v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

- FERRAZ, I.D.K.; SAMPAIO, P.T.B. Métodos simples de armazenamento das sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C. – Meliaceae). **Acta Amazonica**. v. 26, n. 3, p. 137-144, 1996.
- FERRAZ, I.D.K.; VARELA, V.P. Temperatura ótima para a germinação das sementes de trinta espécies florestais da amazônia. *In*: Higuchi, N.; Santos, J.; Sampaio, P.T.B.; Marengo, R.A.; Ferraz, J.; Sales, P.C.; Saito, M.; Matsumoto, S. (eds.) **Projeto Jacaranda - fase 2: pesquisas florestais na Amazônia central**. 252p. INPA, Manaus-AM. Capítulo 9. p. 117-127, 2003a.
- FERRAZ, I. D. K.; VARELA, V. P. Temperaturas cardiais de germinação e sensibilidade ao resfriamento das sementes de guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon. – Moraceae). **Rev. ciênc. agrár.** n. 39, p. 183-191, 2003b.
- KENFACK, D. A synoptic revision of *Carapa* (Meliaceae). **Harvard papers in Botany**. v. 16, n. 2, p. 171-231, 2011a.
- KENFACK, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): a reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 165, p. 186-221, 2011b.
- LABORIAU, L.G. A germinação das sementes. Washington D.C, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **Série de Biologia**. Monografia. 1983.
- LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 48, p. 263-284, 1976.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. RIMA, São Carlos, 531p, 2000.
- MIRANDA, P.R.M.; FERRAZ, I.D.K. Efeitos da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 22, n. 2, p. 303-307, 1999.
- PAMMENTER, N.W. E BERJAK, P. Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. **Seed Science Research**. v. 10, i. 03, p. 301 306, 2000.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: Editora da Universidade de São Paulo. 477p. 2000.
- RANAL, M.A.; SANTANA, D.G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasil. Botânica**. v. 29, n. 1, p. 1-11, 2006.
- SAUTO, A. et al. Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. **Seed Science Research**. v. 17, p. 127-140, 2007.
- SCARANO, F.R.; PEREIRA, T.S.; RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. **Plant Ecology**. v. 168, p. 291-296, 2003.
- SILVA, J. M. M.; et al. Germinação e crescimento de mudas de andiroba (*Carapa* sp) em função do tamanho da semente e tempo de imersão em água. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 2, p. 366 – 370, 2004.
- TWEDDLE, J.C.; DICKIE, J.B; BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. **Journal of Ecology**. v. 91, p. 294–304, 2003.

Capítulo 3

Amoêdo, S.C. e Ferraz, I.D.K., 2015. Teste de tetrazólio para a avaliação da qualidade de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa surinamensis* Miq. – Meliaceae, submetidas à secagem. Manuscrito formatado para a publicação na revista *Journal of Seed Science*.

Teste de tetrazólio para a avaliação da qualidade de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa surinamensis* Miq. – Meliaceae, submetidas à secagem

Seed quality evaluation by tetrazolium staining of *Carapa guianensis* Aubl. and *Carapa surinamensis* Miq. – Meliaceae, during a seed desiccation study

Semirian Campos Amoêdo e Isolde Dorothea Kossmann Ferraz

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a protocol for tetrazolium staining for the recalcitrant seeds of andiroba (*C. guianensis* and *C. surinamensis*) and check the result with a germination test and seeds with different qualities. In a first step the staining intensity was evaluated during a period of up to six hours with different concentrations of tetrazolium (0.05; 0.10; 0.25 and 0.50) at three temperatures (25, 30, 35° C). Comparing good staining results with costs and working time, the concentration of 0.1% at 30° C during three hours was appropriate for both species. Seed preparing was standardized to cut the tiny embryonic axis and expose it to the solution. In a second step the protocol was validated with seeds of different qualities (between 0 – 90% germination capacity), obtained by controlled drying of the recalcitrant seeds over a fan. A germination test was conducted parallel to the viability staining with the same number of seeds. Based on the coloration patterns, the images of the seeds were classified in four levels of viability. These results were validated and adjusted with the germination results of two germination criteria (root \geq 0.5 cm and normal seedling). The proposed protocol of tetrazolium staining was efficient in assessing seed viability of both species.

Index terms: andiroba, *Carapa procera* DC., moisture content, embryonic axis.

Teste de tetrazólio para a avaliação da qualidade de sementes de *Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa surinamensis* Miq. – Meliaceae, submetidas à secagem

Semirian Campos Amoêdo e Isolde Dorothea Kossmann Ferraz

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método para a coloração pelo tetrazólio para avaliar as sementes recalcitrantes de andiroba (*C. guianensis* e *C. surinamensis*) e aferir o resultado com sementes de diferentes qualidades. A imersão das sementes em diferentes concentrações da solução de tetrazólio (0,05; 0,10; 0,25 e 0,50%.) foi avaliada a três temperaturas (25, 30, 35 °C) durante um período de até seis horas. Comparando os melhores resultados da coloração com custos e tempo de trabalho, a concentração de 0,1% a 30 ° C durante três horas foi considerada adequada para ambas as espécies. O método de corte foi elaborado para visualizar o minúsculo eixo embrionário e expô-lo a solução. O protocolo foi validado com sementes de diferentes qualidades (entre 0 - 90% de capacidade germinativa), obtidos por secagem controlada das sementes recalcitrantes, em ventilador. O teste de germinação foi realizado juntamente com o de viabilidade pela coloração, e com o mesmo número de sementes. Com base nos padrões de coloração, as imagens das sementes foram classificadas em quatro classes de viabilidade. Estes resultados foram comparados com os de porcentagem de dois critérios de germinação (raiz \geq 0,5 cm e plântulas normais). O método proposto para a coloração com tetrazólio foi eficaz para a avaliação da viabilidade das sementes das duas espécies de andiroba.

Termos para indexação: andiroba, *Carapa procera* DC., teor de água, eixo embrionário.

INTRODUÇÃO

Carapa surinamensis Miq. foi considerada sinonímia de *Carapa procera* DC. Por Pennington et al., (1981). Segundo a última revisão do gênero (Kenfack, 2011) *C. procera* ocorre somente na África e o nome *C. surinamensis* foi considerado válido para uma das espécies de ocorrência neotropical amazônica. Desta forma, no decorrer deste estudo, os resultados das publicações até 2011 de Ferraz e co-autores sobre *C. procera* foram atribuídas a *C. surinamensis*.

Na Amazônia as espécies do gênero *Carapa* são conhecidas popularmente como andiroba e amplamente exploradas devido ao seu uso múltiplo (Ferraz et al., 2002). A coleta das sementes é geralmente feita em áreas de floresta natural, entretanto a produção em plantios de sistemas agroflorestais já ocorre, contudo em menor escala (Guarino et al., 2014). As sementes são principalmente utilizadas para a extração de óleo. O comércio de sementes para a propagação é muito limitado, conforme os dados do Registro Nacional de Sementes – RENASEM (<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/RENASEM.html>), na Amazônia Ocidental existem 149 produtores de mudas e sementes de andiroba (Calvi et al., 2014), *C. guianensis* é a segunda espécie mais registrada para produção de mudas no Amazonas (Ferraz, dados não publicados).

As sementes de andiroba são recalcitrantes (Connor et al., 1998) e esta característica dificulta o seu armazenamento, o que pode ser um dos principais fatores para o comércio reduzido para produção de mudas. Sementes recalcitrantes são geralmente consideradas aptas a germinar imediatamente após dispersão (Pammenter & Berjak, 2000; Tweddle et al., 2003), porém, apresentam germinação lenta e/ou esporádica como as sementes de *Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland (Ferraz et al., 2013) e *Minquartia guianensis* Aubl. (Camargo e Ferraz, 2004). Em condições de viveiro, sementes de *C. guianensis* demoraram de 40 a 180 dias para emergência e sementes de *C. surinamensis*, necessitaram aproximadamente 40 dias (Ferraz et al., 2002). Em condições ótimas de laboratório e após a retirada do tegumento, o tempo foi reduzido e finalizou em 30 dias para *C. surinamensis* e em 52 dias para *C. guianensis* (Capítulo 1 e 2).

A avaliação da germinabilidade no laboratório segundo as Regras para análises de sementes – RAS (Brasil, 2009) é difícil para as sementes de andiroba, devido ao espaço necessário, tanto pelo tamanho das sementes como pela altura das plântulas, pois a avaliação da plântula normal é um requisito da RAS. O comprimento de uma semente varia entre 1,7 a 6,0 cm e o peso médio individual de 25 g para *C. guianensis* e 16 g para *C. surinamensis*

(Ferraz et al., 2002). Todo espaço interno da semente é ocupado pelas reservas localizadas na massa cotiledonar. Uma distinção visual entre os dois cotilédones não é possível, pois os mesmos são conferruminados, ou seja fundidos (Harshberger, 1902). O eixo embrionário é diminuto (cerca de 2 mm) e inserido no tecido cotiledonar, na face tetraedra próxima da micrópila (Ferraz et al., 2002). Algumas sementes de *C. surinamensis* podem apresentar poliembrião (Fisch et al., 1995). O desenvolvimento inicial das plântulas em viveiro é rápido até a expansão das primeiras folhas e pode alcançar altura até 25 cm em *C. surinamensis* e 40 cm em *C. guianensis* (Ferraz et al., 2002).

A RAS (Brasil, 2009) indica a utilização de testes rápidos para espécies que apresentam germinação lenta (acima de 60 dias), a fim de minimizar prejuízos com relação ao tempo de avaliação de um lote de sementes. O mais conhecido é a coloração topográfica com tetrazólio (2, 3, 5-trifenil cloreto de tetrazólio - TZ) que age nas sementes por meio da atividade das enzimas desidrogenases, que durante a respiração celular, catalisam a reação dos íons de hidrogênio (H^+) reduzindo o sal de tetrazólio em um composto vermelho estável e não-solúvel, conhecido por trifênilformazan. A partir dessa reação os tecidos metabolicamente ativos apresentam coloração avermelhada e os tecidos mortos ou deteriorados apresentam pouca ou nenhuma coloração (França-Neto et al., 1998; Marcos Filho, 2005). Um pré-condicionamento das sementes é recomendado para o teste, além da adequação da concentração da solução do TZ (geralmente entre 0,05% e 1,0%), do tempo (máximo 24h) e da temperatura (Brasil, 2009). O teste de TZ deve ser aferido com teste de germinação, considerando além da coloração, a localização e tamanho de lesões e a consistência dos tecidos (França Neto et al., 1998). Desta forma há a necessidade de elaborar um protocolo para cada espécie (Fogaça et al., 2011). Instruções para 154 espécies entre agrícolas e florestais foram publicados nas RAS, e, em sua maioria, foram recomendadas concentrações de TZ de 0,5% e 1,0% (Brasil, 2009). A International Seed Testing Association – ISTA, recomenda soluções de 1% de TZ a 30 °C durante 18 a 48 horas, nas instruções para 120 espécies florestais, a ênfase foi dada para o preparo das sementes para visualização do eixo embrionário (Leist e Krämer, 2011). Não foram encontradas instruções para sementes do gênero *Carapa*.

A demanda das sementes de andiroba para a produção de óleo é crescente e para um uso mais racional, plantios florestais são necessários, conseqüentemente vislumbra-se um aumento da demanda de sementes para a propagação. O comércio de sementes para tal finalidade requer instruções de avaliação da qualidade. As características das sementes de *Carapa*, como o tamanho grande, a germinação demorada mesmo após tratamento pré-

germinativo, e principalmente a recalcitrância, indicam-nas para uma avaliação rápida de qualidade. Sendo o objetivo deste trabalho a elaboração de métodos de preparo e coloração das sementes de *C. guianensis* e *C. surinamensis* com solução de tetrazólio, e a aferição do teste de viabilidade com o de germinabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de coleta – As sementes de *C. guianensis* e *C. surinamensis* foram coletadas da Estação Experimental de Silvicultura Tropical - EEST/INPA, localizada ao norte de Manaus (AM), com acesso pela BR-174, km 45 (02° 35' 55,5" S e 60° 02' 14,8"W). A coleta foi realizada na época de dispersão natural das sementes (março de 2014), dentro do plantio florestal instalado na década de 70 em área de terra firme (Higuchi, 1981). Devido ao caráter recalcitrante das sementes (Connor et al., 1998), os frutos e sementes foram transportados em sacos plásticos semipermeáveis até o laboratório de sementes do INPA.

Beneficiamento – Após a quebra manual dos frutos e a remoção das valvas, as sementes de ambas as espécies foram analisadas visualmente para eliminação das que apresentavam danos no tegumento. As sementes foram imersas em água por 24 horas para afogamento das larvas de *Hypsipyla* spp. (Ferraz e Sampaio, 1996), seguida por secagem superficial por cerca de duas horas sobre peneiras a temperatura ambiente. Até o início do experimento as sementes foram armazenadas em sacos de plástico semipermeáveis a 15 °C.

Adequação do teste de tetrazólio – Foram realizados dois pré-testes com sementes de *C. guianensis*. Após corte longitudinal, as sementes foram submetidas ao pré-condicionamento em água destilada por 24 horas a 25 °C, para posterior infiltração da solução de tetrazólio (Brasil, 2009). Devido a morfologia e ao tamanho da semente foi possível cortar as sementes uma segunda vez, a fim de observar o efeito de quatro diferentes concentrações em uma mesma semente. As frações foram totalmente imersas na solução de tetrazólio com concentrações de 0,05; 0,10; 0,25 e 0,50%, dentro de copos plásticos de 50 mL cobertos com filme de plástico, acondicionados no escuro, em câmara de germinação da marca Fanem® em temperaturas constantes de 25, 30 e 35 °C (± 2 °C). Em cada condição (concentração x temperatura) foram observadas 24 sementes, totalizando 288 amostras. Para cada condição foi avaliado o período mais adequado para o desenvolvimento da coloração, considerando: sem cor; início de coloração (muito fraca); leve coloração rosa em toda a extensão da semente (coloração fraca); boa tonalidade de rosa (coloração adequada); coloração muito forte

(excesso de cor) (Mendonça et al., 2001). As sementes foram avaliadas a cada hora até atingir a coloração muito forte (excesso de cor) no período máximo de 6 horas.

Preparo da semente – para a visualização do eixo embrionário, as sementes de *C. guianensis* e *C. surinamensis* foram cortadas transversalmente em duas partes (Figura 7, B). A região distal foi utilizada para a determinação do teor de água e a área proximal ao eixo embrionário foi destinada para avaliação da viabilidade pelo teste do tetrazólio. Nesta última foi retirado o tegumento com uma espátula de metal. A região do eixo pode ser localizada por uma pequena elevação no centro de uma área circular mais clara, coberta com tecidos papiráceos levemente mais escuros. Estes foram retirados com cuidado com a unha para visualizar a parte basal do eixo embrionário (Figura 7, C). Foi feito um corte longitudinal com bisturi neste ponto, para dividir o eixo embrionário ao longo do seu comprimento e o expor à solução do tetrazólio (Figura 7, D).

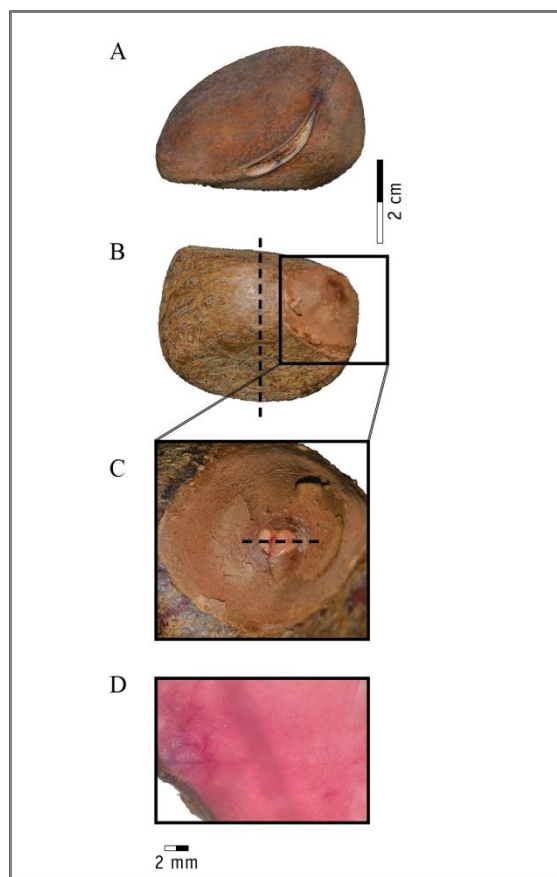


Figura 7: Pré-tratamento das sementes de *C. surinamensis* para exposição do eixo embrionário à solução de tetrazólio. Semente com tegumento, detalhe do hilo (A). Semente sem tegumento com linha pontilhada indicando o local do corte com parte destinada a coloração com TZ (B) e parte destinada para a avaliação do teor de água. Região do eixo embrionário, com linha pontilhada horizontal, indicando o local do corte (C) e área do eixo embrionário (2 mm de comprimento) após coloração com TZ.

Aferição do teste de viabilidade – O teste de tetrazólio foi aferido com sementes obtidas após a secagem sob ventilador, durante 0, 1, 3 e 7 dias. Durante a secagem as sementes foram mantidas em sacos de nylon tipo raschel, que permitiram a circulação do ar entre as sementes. Cada saco continha 120 sementes, sendo quatro repetições de 15 sementes utilizadas no teste de viabilidade e a mesma quantidade no teste de germinabilidade. As sementes para a coloração com o tetrazólio foram preparadas conforme descrito acima e posteriormente imersas em solução de tetrazólio a 0,1% por três horas a 30 °C, baseado nos resultados dos pré-testes. Em seguida, as sementes foram lavadas com água destilada e avaliadas com auxílio de um estereomicroscópio (Leica S8 APO), gravando as imagens de cada semente para posterior reavaliação (Leica DFC295). Por meio das imagens, foram avaliadas as colorações e após a obtenção dos resultados do teste de germinação foram definidas classes de viabilidade baseadas nas recomendações de França Neto (1999): vermelho brilhante ou rosa (tecido vivo e vigoroso), vermelho carmim forte (tecido em deterioração) e branco leitoso ou amarelado (tecido morto). Os resultados do teste de viabilidade foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

Determinação do teor de água – Foi estabelecido gravimetricamente à 105 °C (Brasil, 2009), com pesagens a cada 24 horas até estabilização do peso constante em balança de 0,001 mg. O teor de água foi determinado para cada semente do teste de viabilidade, utilizando a parte distal (cerca de 10 g), cortada em quatro partes para secagem mais rápida. Os valores foram avaliados em quatro repetições constituída de 15 sementes para cada tratamento.

Teste de germinação – As sementes foram semeadas em bandejas de plástico (30 x 22 x 7 cm) contendo vermiculita de granulação média umedecida. As bandejas foram envolvidas em sacos de polietileno transparentes (40 x 60 cm e 08 mm) para manutenção da umidade. O teste foi acompanhado diariamente, sendo realizado em sala com temperatura de 25 °C (± 2 °C), até a observação do primeiro critério germinativo (protrusão da raiz primária $\geq 0,5$ cm). As sementes germinadas foram transferidas para o viveiro em bandejas de plástico (57 x 25 x 17 cm) contendo vermiculita de granulação média umedecida, sendo observadas até a expansão do primeiro par de folhas (segundo critério de germinação) e, considerada normal, a plântula que apresentava raiz, epicótilo e gema apical, em perfeito estágio de desenvolvimento (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes germinadas para cada critério.

Análise estatística – O delineamento experimental para os experimentos foi inteiramente casualizado. Com os dados de porcentagem de germinação e viabilidade foi testada a normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene a 0,01% de significância; confirmada as pressuposições, os resultados foram comparados por análise de variância (ANOVA), as médias de cada tratamento para cada variável e para cada critério germinativo foram comparadas pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância –SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pré-testes para adequar a metodologia do teste do tetrazólio demonstraram que as sementes de *C. guianensis* expostas a 25 °C necessitaram um tempo maior para atingir a coloração adequada em comparação com as que estavam a 30 e 35 °C (Tabela 7). A 25 °C, após três horas, somente a concentração mais alta (0,5%) proporcionou a coloração adequada, as soluções mais fracas necessitaram quatro horas (0,25%), cinco horas (0,10%) e seis horas (0,05%).

Tabela 7: Observações horárias da coloração com tetrazólio das sementes de *C. guianensis*, comparando quatro concentrações em três temperaturas de incubação.

Temperatura (°C)	Concentrações (%)	Período de observação (horas)					
		1	2	3	4	5	6
25	0,05	Sem cor	Muito fraco	Muito fraco	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>
	0,10	Sem cor	Muito fraco	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	Adequado
	0,25	Muito fraco	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	Adequado	Excessivo
	0,50	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo	Excessivo
30	0,05	Sem cor	Muito fraco	Fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	<u>Adequado</u>
	0,10	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo
	0,25	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo
	0,50	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo	Excessivo
35	0,05	Sem cor	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	<u>Adequado</u>	Excessivo
	0,10	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo
	0,25	Muito fraco	Fraco	<u>Adequado</u>	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo
	0,50	Fraco	<u>Adequado</u>	Excessivo	Excessivo	Excessivo	Excessivo

A 35 °C a coloração em todas as concentrações foi desuniforme e levemente alterada para um vermelho carmim forte, o que nos levou a desconsiderar esta temperatura. A 30 °C a coloração adequada foi atingida nas concentrações 0,1%, 0,25% e 0,5% após três horas, e se manteve adequada também na quarta hora, antes de se tornar excessiva. Somente a concentração de 0,5% se manteve adequada durante uma hora apenas.

Na avaliação de espécies florestais foram indicadas diferentes concentrações de tetrazólio. Uma baixa concentração (0,07%) foi recomendada para *Euterpe edulis* M. (Oliveira et al., 2014), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Nogueira et al., 2014), *Hancornia speciosa* G. (Barros et al., 2010) e *Poecilanthe parviflora* B. (Pinto et al., 2008). Para outras espécies foi relatada a concentração de 0,5%, como por exemplo, para *Ceiba speciosa* (A. St. - Hil.) Ravenna (Lazaroto et al., 2011), *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart (Ribeiro et al., 2010) e *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. (Wetzel et al., 1992). Concentração de 0,1%, igual à deste estudo, foi utilizada para sementes de *Schizolobium parahyba* Vell. Blake (Fogaça et al., 2011), *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert (Oliveira et al., 2005) e *Albizzia hasslerii* (Chodat) Burr. (Zucareli et al., 2001).

O tempo de imersão na solução de tetrazólio também variou nas avaliações de viabilidade das espécies florestais. Algumas necessitaram de um tempo muito reduzido como 90 minutos em *Hancornia speciosa* G. (Barros et al., 2010) e *Poecilanthe parviflora* Benth. (Pinto et al., 2008), outras espécies em tempo semelhante a este estudo, com três a quatro horas de imersão como por exemplo *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Nogueira et al., 2014), *Schizolobium parahyba* Vell. Blake e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fogaça et al., 2011) e *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart (Ribeiro et al., 2010). Existem espécies que necessitaram de um tempo de coloração ainda maior como 24 horas em *Euterpe edulis* M. (Oliveira et al., 2014) e *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith (Abbade e Takaki, 2014).

Dos trabalhos citados acima, as temperaturas de incubação de 35 °C e/ou 40 °C foram relatadas para nove espécies e a 25 °C para três espécies. Nas instruções da International Seed Testing Association – ISTA, a temperatura recomendada para as espécies florestais listadas foi sempre 30 °C e concentração de 1,0%, apenas o tempo de imersão que varia, sendo de 18 horas para 90% das espécies (Leist e Krämer, 2011). Para o presente trabalho, a temperatura que melhor apresentou um resultado para avaliação das sementes de andiroba foi de 30 °C, como nas recomendações da ISTA. A concentração de 0,1% foi escolhida pela obtenção dos melhores resultados em termos de intensidade e uniformidade da coloração, e economia na quantidade de sal de tetrazólio (Tabela 7). Além disso, permitiu a avaliação após três horas,

tempo suficiente para executar o teste em uma jornada de trabalho, considerando a demora no preparo das sementes antes da coloração.

Nas recomendações da RAS (Brasil, 2009), são indicadas de forma geral as concentrações de 0,5 a 1,0% de tetrazólio e períodos de coloração de 6 a 24 horas. Porém altas concentrações da solução utilizam maior quantidade da substância química, principalmente quando se trata de sementes grandes como as de andiroba (1,7 a 6 cm de comprimento). Para a avaliação individual de uma metade da semente na parte proximal do eixo embrionário foram necessários 20 ml de solução de tetrazólio. O intervalo de tempo sugerido pela RAS também não mostrou resultados satisfatórios para as sementes desta espécie, pois acima de cinco horas de imersão a coloração foi excessiva e não permitiu uma boa avaliação.

As sementes utilizadas neste estudo apresentaram teor de água inicial de 47,1% nas sementes de *C. guianensis* e 43,6% nas sementes de *C. surinamensis*. A secagem por sete dias reduziu o teor de água até 28,6% em *C. guianensis* e até 16,1% *C. surinamensis*, permitindo a obtenção de sementes com qualidades distintas para a aferição do teste de viabilidade (Tabela 8).

Tabela 8: Teor de água das sementes de *Carapa guianensis* e *Carapa surinamensis* ao longo de sete dias de secagem sob ventilador.

Tempo de secagem (dias)	Teor de água das sementes (%)			
	<i>Carapa guianensis</i>		<i>Carapa surinamensis</i>	
	Média	Dp	Média	Dp
0	47,1	±3,7	43,6	±0,7
1	41,3	±1,2	35,0	±1,6
3	35,5	±1,5	29,5	±1,3
7	28,6	±1,5	16,1	±1,5

As sementes que não foram submetidas à secagem (dia 0) apresentaram alta porcentagem de protrusão da raiz (88,3%) e de formação de plântula normal (80%) em *C. guianensis*. As sementes de *C. surinamensis* apresentaram 90% de protrusão da raiz e 75% de formação de plântula normal (Figura 8). Com sete dias de secagem a diminuição do teor de

água afetou a germinação e reduziu para 18,3% a protrusão da raiz e 16,7% as plântulas normais em *C. guianensis* e causou a morte das sementes de *C. surinamensis*.

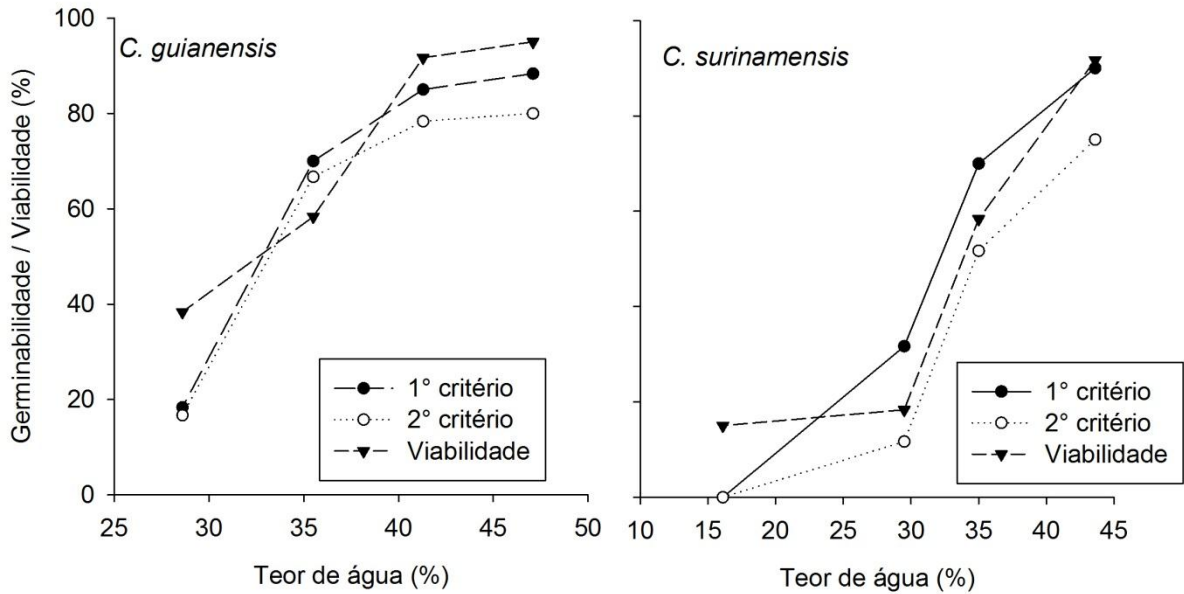
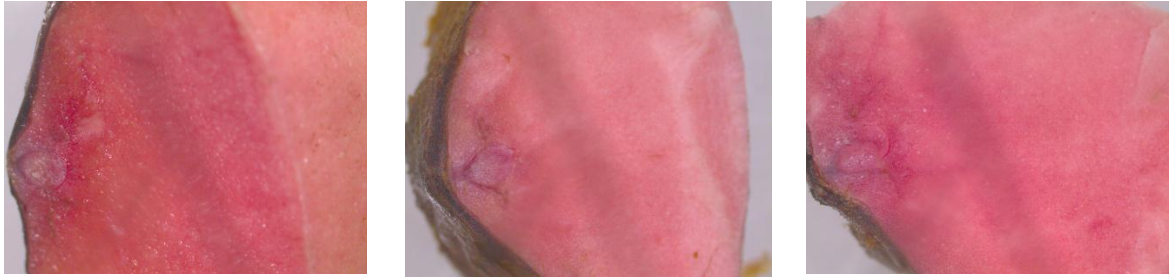


Figura 8: Germinabilidade (1°critério: protrusão da raiz primária e 2° critério: plântula normal) e viabilidade pelo teste de tetrazólio em sementes de *Carapa guianensis* e *Carapa surinamensis* em função do teor de água.

Mesmo não sendo objetivo principal deste estudo, foi possível deduzir que a redução do teor de água abaixo de 35% causou 50% da perda de germinabilidade para ambas as espécies, indicando que o teor de água crítico está próximo deste valor para as sementes de *C. guianensis* e *C. surinamensis* (Figura 8).

Confrontando os resultados da porcentagem de germinação com os da viabilidade das quatro classes de viabilidade foram estabelecidas para as duas espécies de *Carapa*, e três exemplos representativos de cada classe são mostrados nas figuras 9 e 10.

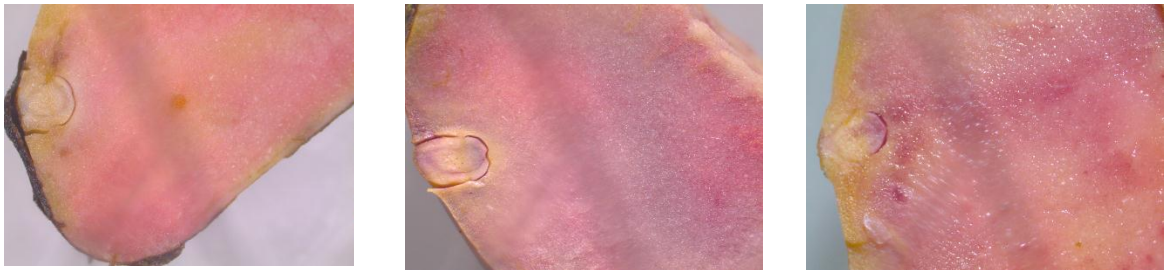
Classe 1: Sementes viáveis: coloração uniforme rosa brilhante, principalmente no eixo embrionário, apresentando tecido com aspecto normal e firme.



Classe 2: Sementes viáveis: semelhante a anterior, porém com regiões descoloridas nos cotilédones. Redução na coloração na face interna do eixo embrionário.



Classe 3: Apresentam coloração rosa em 50% dos cotilédones e regiões do eixo embrionário em branco leitoso, identificando tecidos em deterioração. Extremidade do meristema radicular com coloração rosa intenso ou amarelado



Classe 4: Sementes inviáveis: Eixo embrionário 100% branco leitoso e cotilédones amarelados e com pontuações em vermelho, consistência do cotilédone amolecido.



Figura 9: Agrupamento das sementes de *Carapa guianensis* de acordo com os padrões de coloração em quatro classes de viabilidade indicando três exemplos para cada classe.

Classe 1: Sementes viáveis: coloração uniforme rosa brilhante, principalmente no eixo embrionário, apresentando tecido com aspecto normal e firme.



Classe 2: Sementes viáveis: semelhante a anterior porém com regiões descoloridas nos cotilédones. Redução na coloração na face interna do eixo embrionário.



Classe 3: Apresentam coloração rosa em 50% dos cotilédones e regiões do eixo embrionário em branco leitoso, identificando tecidos em deterioração. Extremidade do meristema radicular com coloração vermelho intenso ou amarelado



Classe 4: Sementes inviáveis: Eixo embrionário completamente branco leitoso e cotilédones amarelados.

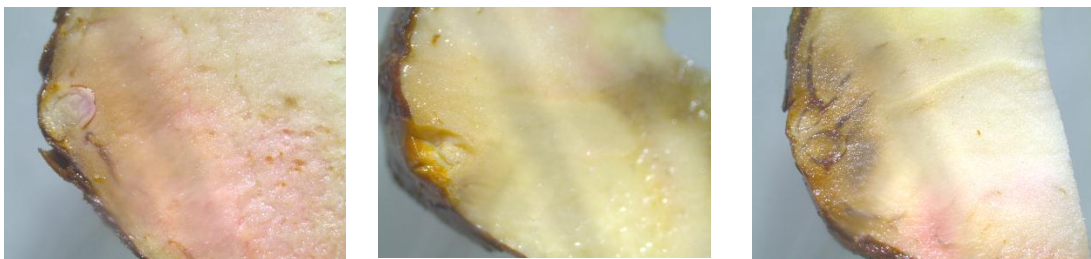


Figura 10: Agrupamento das sementes de *Carapa surinamensis* de acordo com os padrões de coloração em quatro classes de viabilidade indicando três exemplos para cada classe.

As duas espécies apresentaram o mesmo padrão de coloração, entretanto a coloração de *C. guianensis* foi mais uniforme do que a de *C. surinamensis* que aparentou tonalidade marrom próxima ao eixo embrionário, provavelmente causada pela composição dos lipídeos dessa espécie ser diferente da outra.

A falta de coloração na região interna do eixo embrionário pode ser justificada pelas cavidades secretoras de conteúdo lipídico relatadas por Busman et al., (2013). A avaliação da coloração do eixo embrionário permitiu inferir que os danos causados pela secagem atingiram primeiro a área anterior ao meristema radicular, deixando-o levemente descolorido (ver Classe 2, Figuras 9 e 10).

A redução da coloração ficou mais evidente nas classes três e quatro (Figuras 9 e 10) podendo ambas serem consideradas como inviáveis. Porém se a classe três fosse considerada como inviável o teste de tetrazólio subestimaria a viabilidade das sementes. Sem a inclusão da classe três nas sementes viáveis, todas as sementes seriam consideradas mortas após três dias de secagem para ambas as espécies, porém no teste de germinação foram obtidas 66,7% e 11,7% de plântulas normais em *C. guianensis* e *C. surinamensis* respectivamente (Figura 8). Reavaliando a classe três foi observada coloração rosa nos cotilédones, e uma linha circular levemente colorida no eixo embrionário.

Considerando até a classe três como sementes viáveis, os resultados do teste de tetrazólio corroboraram com os de germinação sem diferença significativa entre os resultados de viabilidade e ambos os critérios de germinação para *C. guianensis* (Figura 8). Para *C. surinamensis* a viabilidade não apresentou diferença estatística com a protrusão da raiz e a formação de plântula para qualidades intermediárias de sementes, entretanto para sementes com alta germinabilidade houve diferença com a formação de plântulas e em sementes mortas houve diferença significativa para os dois critérios, obtendo uma superestimação pelo teste de viabilidade de 15% em relação a germinabilidade.

Na Figura 11 são apresentados os dois critérios de germinabilidade (protrusão da raiz e plântula normal) das duas espécies, relacionados com a viabilidade. A dispersão dos pontos se mostrou de forma linear (linha pontilhada), porém com a redução na qualidade das sementes (abaixo de 50%), foi possível observar que os pontos se distanciaram da reta, demonstrando que a relação entre viabilidade e germinabilidade não são correspondentes, onde a viabilidade superestima o resultado para as sementes de *C. surinamensis*.

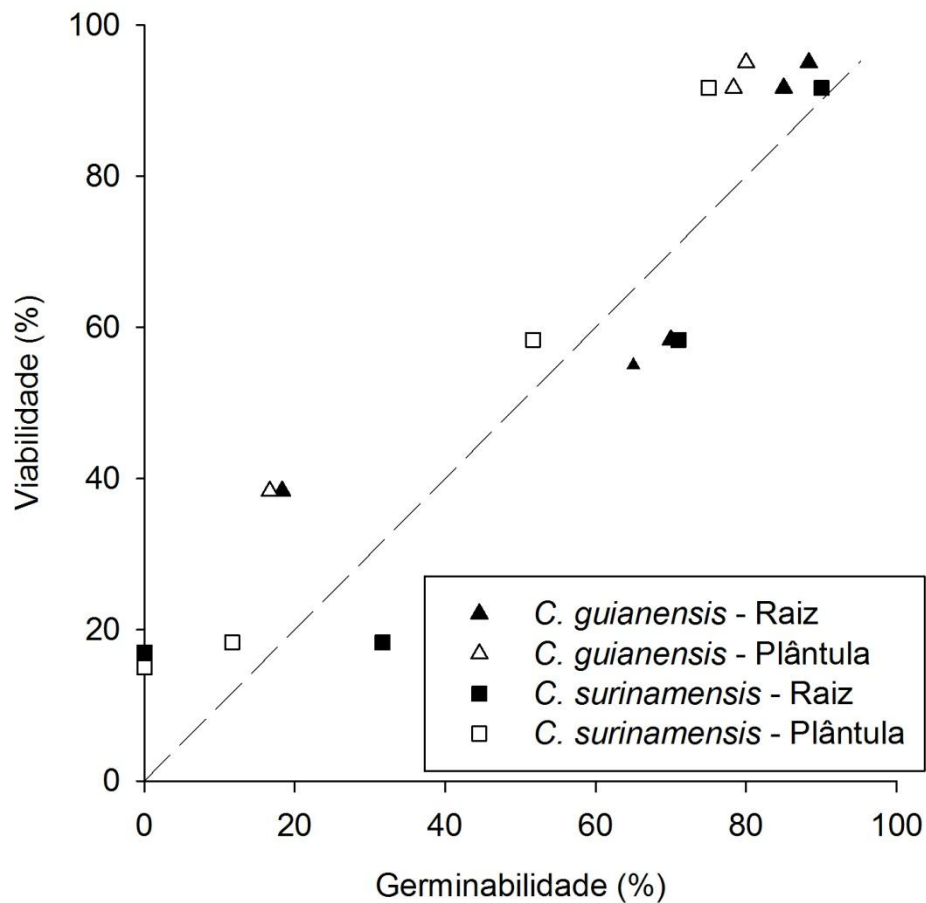


Figura 11: Dispersão linear da viabilidade em função da germinabilidade das sementes de *Carapa*.

Os resultados do teste do tetrazólio e da germinação geralmente coincidem, porém no teste de germinação não é possível verificar informações sobre o vigor da semente, se há infestação por patógenos ou danos em geral (França Neto, 1998). O tetrazólio detecta se há atividade metabólica, evidenciada pela coloração, porém, as vezes essa atividade não está relacionada ao vigor da semente, e isso se reflete na superestimação viabilidade das sementes quando aferido com os dados de germinabilidade. Em um estudo aprofundado com o teste do tetrazólio, será possível avaliar o vigor das sementes a partir dos padrões de coloração obtidos.

CONCLUSÕES

È a primeira vez que foi proposto um teste do tetrazólio para as sementes de duas espécies de andiroba. A utilização de 0,1% de concentração de sal de tetrazólio a 30 °C por seis horas de imersão foi adequada para a coloração das sementes. Os resultados permitiram a definição de quatro classes de viabilidade. Sementes de *C. guianensis* expressaram a coloração mais uniforme do que as de *C. surinamensis*. As diferentes qualidades obtidas pela secagem das sementes recalcitrantes foram eficientes para aferir a viabilidade, determinada pela coloração com tetrazólio, com a germinabilidade de dois critérios de germinação. O dano inicial causado pela secagem das sementes se localizou na área anterior ao eixo embrionário, e indicou ainda que as sementes de *C. surinamensis* são mais sensíveis ao dessecamento do que as de *C. guianensis*.

REFERÊNCIAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia roseoalba* (Idl.) Sandwith - Bignoniaceae, submetidas ao armazenamento. *Revista Árvore*, v.38, n.2, p.233-240, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622014000200003&script=sci_arttext> Acesso em: 02 de abril de 2015.
- BARROS, D. I.; BRUNO, R. L. A.; NUNES, H. V.; BHERING, M. C. Teste de tetrazólio em sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Revista ACTA Tecnológica*. v. 5, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/index.php/actatecnologica/article/view/1/1>> Acesso em: 02 de abril de 2015.
- BRASIL. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. Mapa/ ACS, 399 p. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.
- BRASIL. *Instruções para análise de sementes de espécies florestais*. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL, 2013. 395p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/FLORESTAL_documento_pdf.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.
- BUSMAN, D. V.; SANTOS, A. S.; LINS, A. L. F. A. Caracterização anatômica e histoquímica das sementes de *Carapa guianensis* Aublet. *64º Congresso Nacional de Botânica*. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<http://www.botanica.org.br/trabalhos-cientificos/64CNBot/resumo-ins19775-id6288.pdf>> Acesso em: 07 de abril de 2015.
- CALVI, G.P.; FERRAZ, I.D.K. Levantamento das espécies florestais de interesse econômico e o cenário da produção de sementes e mudas na Amazônia Ocidental. *Informativo Abrates*. v. 24, n. 2, p. 24-75, 2014. Disponível em: <http://www.abrates.org.br/images/--Informativo/v24_n2/023_2014_Isolde_Ferraz.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.

CAMARGO, J. L. C & FERRAZ, I. D. K. Acariquara-roxa, *Minquartia guianensis* Aubl. Olacaceae in: I. D. K. Ferraz & J. L. C. Camargo (Eds) *Manual de Sementes da Amazônia*. INPA. Fascículo 4, 8p. 2004. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/sementes/iT/10_Acariquara-roxa.pdf> Acesso em: 29 de junho de 2015.

CONNOR, K.F. et al. Effects of desiccation on seeds of *Carapa guianensis* Aubl. and *Carapa procera* D. C. *Seed Technology*. v. 20 n. 1, p.71-82, 1998. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.374.399&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. *O teste de tetrazólio em sementes de soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72p. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/downloads/TRETRAZ%C3%93LIO.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

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.

FERRAZ, I.D.K.; ARRUDA, Y.M.B.C; STADEN, J. V. Smoke-water effect on the germination of Amazonian tree species. *South African Journal of Botany*. v. 87, p. 122–128, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629913002457>> Acesso em: 30 de julho de 2015.

FERRAZ, I.D.K.; ALBUQUERQUE, M. C. F. e.; CALVI, G. P., FARIAS, D. L. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. *Rev. Bras. Fruticultura*. v. 34, n. 3, p. 905-914, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452012000300033&script=sci_arttext> Acesso em: 30 de julho de 2015.

FERRAZ, I.D.K.; CALVI, G.P. Teste de germinação. In: Lima Júnior, M.J.V. (Ed.). *Manual de Procedimentos de Análise de Sementes Florestais*. Londrina: Abrates. 2011, cap. 5, p. 5.1-5. Disponível em: <<http://leonet.com/sementesrsa/sementes/Manual%20de%20An%C3%A1lise%20de%20Sementes.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D. C.): Aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. *Acta Amazonica*. v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002. Disponível em: <<https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/32-4/PDF/v32n4a10.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

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

FISCH, S. T. V.; FERRAZ, I. D. K.; RODRIGUES, W. A. Distinguishing *Carapa guianensis* Aubl. From *Carapa procera* D.C. (Meliaceae) by morphology of young seedlings. *Acta Amazônica*. v. 25 (3/4), p. 193-200. 1995. Disponível em: <<https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/25-4/PDF/v25n4a05.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

FOGAÇA, C. A.; KROHN, N. G.; SOUZA, M. A.; PAULA, R. C. Teste de tetrazólio em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba*. *Floresta*, v. 41, n. 4, p. 895 - 904, 2011. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/25352/16990>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

GUARINO, E. S. G.; GESSNER, C. M.; WADT, L. H. O.; FONSECA, F. L.; RAPOSO, A. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 101, p. 91-99. 2014. Disponível em:

<<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=09&Number=101>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

HIGUCHI, N. A silvicultura no INPA. *Acta Amazonica* v. 11, n. 1, p. 99-107, 1981. Disponível em: <<https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/11-1/PDF/v11n1a34.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

KENFACK, D. A synoptic revision of *Carapa* (Meliaceae). *Harvard papers in Botany*. v. 16, n. 2, p. 171-231, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3100/0.25.016.0201>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

LEIST, N.; KRÄMER, S. ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing, Volume II, 1st Edition, 2003. *Tree and Shrub Species*. Supplements, 2011.

LAZAROTTO, M.; PIVETA, G.; MUNIZ, M. F. B.; REINIGER, L. R. S. Adequação do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Ceiba speciosa*. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 4, p. 1243-1250, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1243>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

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

MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; PAULA, R. C. Viabilidade de Sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida Ex Steudel (Louro-Pardo) pelo Teste de Tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 2, p.64-71, 2001. Disponível em: <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/2001/v23n2/artigo09.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O. Teste de tetrazólio em sementes de Timbaúba. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2967-2976, nov./dez. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p2967>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. Leguminosae Caesalpinioideae. *Cerne*, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2005. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/11-02-20097975v11_n2_artigo%2006.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.

OLIVEIRA, L. M.; GARCIA, C; SOUZA, G. K.; STEFFENS, C. A.; PIKART, T. G.; RIBEIRO, M. S. Avaliação da viabilidade de sementes de *Euterpe edulis* pelo teste de tetrazólio. *Magistra*. v. 26, n. 3, p. 408 - 415, 2014. Disponível em: <<http://www.ufrb.edu.br/magistra/2000-Atual/volume-26-ano-2014/numero-3-jul-a-set/comunicacoes-cientificas/1422-avaliacao-da-viabilidade-de-sementes-de-euterpe-edulis-pelo-teste-de-tetrazolio>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

OLIVEIRA, L. M.; GOMES, J. P.; SOUZA, G. K.; NICOLETTI, M. F., LIZ, T. O.; PIKART, T. G. Metodologia Alternativa para o Teste de Tetrazólio em Sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Floresta e Ambiente*. v. 21, n. 4, p. 468-474, 2014. Disponível em: <www.floram.org/files/v21n4/v21n4a06.pdf> Acesso em: 07 de abril de 2015.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. *Seed Science Research*. v. 10, i. 03, p. 301-306, 2000. Disponível em: <http://journals.cambridge.org/article_S0960258500000349> Acesso em: 02 de abril de 2015.

PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.D.; TAYLOR D.A.H. *Meliaceae*. Flora Neotropica Monograph, v. 28, p. 235-244, 1981. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/4393747>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

PINTO, T. L. F.; BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CICERO, S. M. Avaliação da viabilidade de sementes de coração-de-negro (*Poecilanthe parviflora* Benth. - Fabaceae-Faboideae) pelo teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 1, p.208-214, 2008. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000100026> Acesso em: 02 de abril de 2015.

RIBEIRO, L. M.; GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, D. M. T. E NEVES, S. C. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. *Pesq. agropec. bras.*, v.45, n.4, p.361-368, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010000400003&script=sci_arttext> Acesso em: 02 de abril de 2015.

TWEDDLE, J.C.; DICKIE, J.B; BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*. v. 91, p. 294–304, 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2745.2003.00760.x/abstract>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

WETZEL, M.M.V.S.; CÍCERO, S.M.; FERREIRA, B.C.S. Aplicação do teste de tetrazólio em sementes de seringueira. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 14, n.1, p. 83-88, 1992.

ZUCARELI, C.; MALAVASI, M.M.; FOGAÇA, C. A.; MALAVASI, U. C. Preparo e coloração de sementes de farinha-seca (*Albizia hasslerii* (Chodat) Burr.) para o teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 2, p.186-191, 2001. Disponível em: <<http://www.abrates.org.br/revista/artigos/2001/v23n2/artigo26.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2015.

Síntese

Os resultados deste estudo, além de determinar as temperaturas cardiais da germinação pela primeira vez para as duas espécies revelaram diferenças na sensibilidade térmica entre *C. guianensis* e *C. surinamensis* e entre três estádios de desenvolvimento. Os procedimentos desenvolvidos aceleram a avaliação da qualidade das sementes para fins de propagação e podem apoiar estudos de fisiologia da germinação e morfologia das sementes de andiroba. As sementes de *C. surinamensis* mantêm alta percentagem de germinação nas temperaturas entre 15 e 35 °C e *C. guianensis* de 15 a 30 °C. Detectou-se aumento da sensibilidade a temperatura com avanço do desenvolvimento. Sendo a temperatura mínima de germinação entre 10 e 15 °C e a temperatura máxima acima de 40 °C. A velocidade de germinação indicou a temperatura de 30 °C como ótima para *C. surinamensis*. Com a retirada do tegumento a velocidade de germinação pode ser aumentada e o tempo de avaliação reduzido. Nesta condição a primeira contagem para o alongamento do epicótilo (≥ 5 cm), considerado neste estudo como critério alternativo para avaliação de plântula normal, pode ser realizada aos 24 (± 3) dias e a segunda aos 30 (± 7) dias. Para as sementes de *C. guianensis* o índice de velocidade de germinação indicou também 30 °C como mais adequada na comparação de dois anos de coleta, porém há necessidade de confirmação. Para esta temperatura a primeira contagem para o alongamento do epicótilo (≥ 5 cm) pode ser realizada aos 35 (± 2) dias e a segunda aos 52 (± 14) dias.

A avaliação da viabilidade das sementes de *C. guianensis* e *C. surinamensis* foi proposta por meio da utilização do teste do tetrazólio. Segundo os resultados deste estudo a utilização de 0,1% de concentração de sal de tetrazólio a 30 °C por seis horas de imersão foi adequada para a coloração das sementes. Os resultados permitiram a definição de quatro classes de viabilidade. Sementes de *C. guianensis* expressaram a coloração mais uniforme do que as de *C. surinamensis*. As diferentes qualidades obtidas pela secagem das sementes recalitrantes foram eficientes para aferir a viabilidade, determinada pela coloração com tetrazólio, com a germinabilidade de dois critérios de germinação. O dano inicial causado pela secagem das sementes se localizou na área anterior ao eixo embrionário, e indicou ainda as sementes de *C. surinamensis* mais sensíveis ao dessecamento do que as de *C. guianensis*.

Referências bibliográficas

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia roseoalba* (Idl.) Sandwith - Bignoniaceae, submetidas ao armazenamento. *Revista Árvore*, 38 (2): 233-240, 2014.
- ARAÚJO NETO, J.C. AGUIAR, I. B., FERREIRA, V. M. e RODRIGUES, T. J. D. Temperaturas cardiais e efeito da luz na germinação de sementes de mutamba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6 (3): 460-465, 2002.
- BARROS, D. I.; BRUNO, R. L. A.; NUNES, H. V.; BHERING, M. C. Teste de tetrazólio em sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). *Revista ACTA Tecnológica*, 5 (2), 2010.
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- BILIO, R. S.; GUIMARÃES, S. C.; CALDEIRA, S. F. *Qualea grandiflora* Mart.: Temperatura na germinabilidade de sementes. *Ciência Florestal*, 23 (1): 245-251, 2013.
- BRADFORD, K.J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science* 50: 248-260, 2002.
- BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A.D. L.C.; RODRIGUES, R.R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, 32 (4): 015-021, 2010.
- BRASIL. *Instruções para análise de sementes de espécies florestais*. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL, 2013. 395p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laborat%C3%B3rio/Sementes/FLORESTAL_documento_pdf.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.
- BRASIL. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. Mapa/ ACS, 399 p. 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf> Acesso em: 02 de abril de 2015.
- BRASIL. Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003. *Diário Oficial da União*, Poder executivo. Brasília, DF, 06 ago. 2003. Seção 1, p.1.
- BUSMAN, D. V.; SANTOS, A. S.; LINS, A. L. F. A. Caracterização anatômica e histoquímica das sementes de *Carapa guianensis* Aublet. *64º Congresso Nacional de Botânica*. Belo Horizonte, 2013.
- CALVI, G.P.; FERRAZ, I.D.K. Levantamento das espécies florestais de interesse econômico e o cenário da produção de sementes e mudas na Amazônia Ocidental. *Informativo Abrates*, 24 (2): 24 - 75, 2014.
- CAMARGO, J. L. C; FERRAZ, I. D. K. Acariquara-roxa, *Minquartia guianensis* Aubl. Olacaceae in: I. D. K. Ferraz & J. L. C. Camargo (Eds) *Manual de Sementes da Amazônia*. INPA. Fascículo 4, 8p. 2004.
- CARDOSO, V.J.M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus-dia. *Oecologia Australis*, 15 (2): 236-248, 2011.
- CONNOR, K.F.; FERRAZ, I. D. K; BONNER, F. T. and VOZZO, J. A. Effects of desiccation on seeds of *Carapa guianensis* Aubl. and *Carapa procera* D. C. *Seed Technology*, 20 (1): 71-82, 1998.

- DÜRR, C.; DICKIE, J.B.; YANG, X.-Y.; PRITCHARD, H.W. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. *Agricultural and Forest Meteorology*. 200: 222-232, 2015
- ENRIQUEZ, G.E.V. *Sub-rede de Dermocósméticos na Amazônia a partir do uso sustentável de sua biodiversidade com enfoques para as cadeias produtivas da: castanha-do-pará e dos óleos de andiroba e copaíba*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília. 209 p. 2007.
- ENRIQUEZ, G.E.V; SILVA, M.A.; CABRAL, E. *Biodiversidade da Amazônia: usos e potencialidades dos mais importantes produtos naturais do Pará*. Belém: EMBRAPA. 2003.
- FERRAZ, I.D.K.; SAMPAIO, P.T.B. Métodos simples de armazenamento das sementes de Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D.C. – Meliaceae). *Acta Amazonica*, 26 (3): 137-144, 1996.
- FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* D. C.): Aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. *Acta Amazonica*, 32 (4): 647-661, 2002.
- FERRAZ, I.D.K.; VARELA, V.P. Temperatura ótima para a germinação das sementes de trinta espécies florestais da amazônia. In: Higuchi, N.; Santos, J.; Sampaio, P.T.B.; Marengo, R.A; Ferraz, J.; Sales, P.C.; Saito, M.; Matsumoto, S. (eds.) *Projeto Jacaranda - fase 2: pesquisas florestais na Amazônia central*. 252p. INPA, Manaus-AM. Capítulo 9. p. 117-127, 2003a.
- FERRAZ, I. D. K.; VARELA, V. P. Temperaturas cardeais de germinação e sensibilidade ao resfriamento das sementes de guariúba (*Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon. – Moraceae). *Rev. Ciências Agrárias*, 39: 183-191, 2003b.
- FERRAZ, I.D.K.; CALVI, G.P. Teste de germinação. In: Lima Júnior, M.J.V. (Ed.). *Manual de Procedimentos de Análise de Sementes Florestais*. Londrina: Abrates. 2011, cap. 5, p. 5.1-5.
- FERRAZ, I.D.K.; ARRUDA, Y.M.B.C; STADEN, J. V. Smoke-water effect on the germination of Amazonian tree species. *South African Journal of Botany*. v. 87, p. 122–128, 2013.
- FERRAZ, I.D.K.; ALBUQUERQUE, M. C. F. e.; CALVI, G. P., FARIAS, D. L. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. *Rev. Bras. Fruticultura*, 34 (3): 905-914, 2012.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium (Lavras)*, 6: 36-41, 2008.
- FISCH, S. T. V.; FERRAZ, I. D. K.; RODRIGUES, W. A. Distinguishing *Carapa guianensis* Aubl. From *Carapa procera* D.C. (Meliaceae) by morphology of young seedlings. *Acta Amazônica*. 25 (3/4): 193-200. 1995.
- FOGAÇA, C. A.; KROHN, N. G.; SOUZA, M. A.; PAULA, R. C. Teste de tetrazólio em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba*. *Floresta*, 41 (4): 895 - 904, 2011.
- FRANÇA NETO, J.B. Teste de tetrazólio para determinação do vigor de sementes. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYŻANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. *O teste de tetrazólio em sementes de soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPS, 1998. 72p.
- GASPAR-OLIVEIRA, C. M.; MARTINS, C. C; NAKAGAWA, J. Pré-condicionamento das sementes de mamoneira para o teste de tetrazólio. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33 (2): 303-311, 2011.



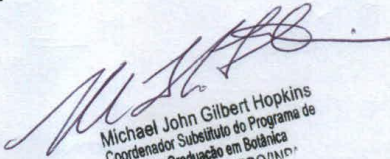
- GUARINO, E. S. G.; GESSNER, C. M.; WADT, L. H. O.; FONSECA, F. L.; RAPOSO, A. Estrutura etária e espacial de uma população natural de *Carapa guianensis* Aubl. (Meliaceae) na Amazônia Sul Ocidental. *Scientia Forestalis*, 42 (101): 91-99. 2014.
- HIGUCHI, N. A silvicultura no INPA. *Acta Amazonica* v. 11, n. 1, p. 99-107. 1981.
- KENFACK, D. Resurrection in *Carapa* (Meliaceae): a reassessment of morphological variation and species boundaries using multivariate methods in a phylogenetic context. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 165: 186-221, 2011a.
- KENFACK, D. A synoptic revision of *Carapa* (Meliaceae). *Harvard papers in Botany*, 16 (2): 171-231, 2011b.
- KLIMAS, C.A.; KAINER, K.A.; WADT, L.H.O. Population structure of *Carapa guianensis* in two forest types in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 250: 256-265, 2007.
- LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes. Washington D.C, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. *Série de Biologia*. Monografia. 1983.
- LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 48: 263-284, 1976.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. RIMA, São Carlos, 531p, 2000.
- LAZAROTTO, M.; PIVETA, G.; MUNIZ, M. F. B.; REINIGER, L. R. S. Adequação do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Ceiba speciosa*. *Semina: Ciências Agrárias*, 32 (4): 1243-1250, 2011.
- LEIST, N.; KRÄMER, S. ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing, Volume II, 1st Edition, 2003. *Tree and Shrub Species*. Supplements, 2011.
- LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 08 Fev. 2015
- LONDRES, M. *Population structure and seed production of Carapa guianensis in three floodplain forest types of the Amazon estuary*. M.Sc. thesis, University of Florida, Gainesville. 56 pp. 2009.
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. *Essências madeireiras da Amazônia*. Vol. II. INPA/SUFRAMA, Manaus, AM, Brasil. 1979.
- MARCOS FILHO, J. M. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 495
- MENDONÇA, A.P.; FERRAZ, I.D.K. Óleo de andiroba: processo tradicional da extração, uso e aspectos sociais no estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 37 (3): 53-364, 2007.
- MENDONÇA, E. A. F.; RAMOS, N. P.; PAULA, R. C. Viabilidade de Sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida Ex Steudel (Louro-Pardo) pelo Teste de Tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, 23 (2): 64-71, 2001.
- NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; FREITAS, R. M. O. Teste de tetrazólio em sementes de Timbaúba. *Semina: Ciências Agrárias*, 35 (6): 2967-2976, 2014.

- OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. Leguminosae Caesalpinioideae. *Cerne*, 11 (2): 159-166, 2005.
- OLIVEIRA, L. M.; GARCIA, C.; SOUZA, G. K.; STEFFENS, C. A.; PIKART, T. G.; RIBEIRO, M. S. Avaliação da viabilidade de sementes de *Euterpe edulis* pelo teste de tetrazólio. *Magistra*. 26 (3): 408 - 415, 2014.
- OLIVEIRA, L. M.; GOMES, J. P.; SOUZA, G. K.; NICOLETTI, M. F., LIZ, T. O.; PIKART, T. G. Metodologia Alternativa para o Teste de Tetrazólio em Sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Floresta e Ambiente*. 21 (4): 468-474, 2014.
- PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. *Seed Science Research*. 10 (i.03): 301 306, 2000.
- PENNINGTON, T.D.; STYLES, B.D.; TAYLOR D.A.H. *Meliaceae*. Flora Neotropica Monograph, 28: 235-244, 1981.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 14.ed. Piracicaba: Editora da Universidade de São Paulo. 477 p. 2000.
- PINTO, T. L. F.; BRANCALION, P.H.S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CICERO, S. M. Avaliação da viabilidade de sementes de coração-de-negro (*Poecilanthe parviflora* Benth. - Fabaceae-Faboideae) pelo teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, 30 (1): 208-214, 2008.
- RANAL, M.A.; SANTANA, D.G. How and why to measure the germination process? *Revista Brasil. Botânica*. 29 (1): 1-11, 2006.
- RENASEM – Registro Nacional de Sementes e Mudanças (base de dados). Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/RENASEM.html>> Acesso em: 08 de abril de 2015.
- RIBEIRO, L. M.; GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, D. M. T. E NEVES, S. C. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. *Pesq. agropec. bras.*, 45 (4): 361-368, 2010.
- ROSSETO, J.; ALBUQUERQUE, M. C. de F.; RONDON NETO, R. M. e SILVA, I. C. O. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (Fabaceae) em diferentes temperaturas. *Revista Árvore*, 33(1): 47-55, 2009.
- SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. *Análise da germinação: um enfoque Estatístico*. Editora Universidade de Brasília, 248 p. Brasília, Brasil. 2004.
- SANTOS, M.A.; NETO, S.V.C. *Aproveitamento sustentável de andiroba (Carapa guianensis aubl.) no Estado do Amapá*. Basa. Macapá, 15 p. 2004. (Relatório técnico)
- SAUTO, A.; BASKIN, J. M., BASKIN, C. C.; DEAGO, J. and CONDIT, R. Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Science Research*, 17: 127-140, 2007.
- SCARANO, F.R.; PEREIRA, T.S.; RÔÇAS, G. Seed germination during floatation and seedling growth of *Carapa guianensis*, a tree from flood-prone forests of the Amazon. *Plant Ecology*. 168: 291-296, 2003.
- SILVA, B.M.S.; CESARINO, F. Germinação de sementes e emergência de plântulas de faveira (*Clitoria fairchildiana* R. A. Howard. - FABACEAE). *Biota Amazônia*. 4 (2): 9-14, 2014.

- SILVA, J. M. M.; RAPOSO, A.; SOUSA, J. A. e MIRANDA, E. M. Germinação e crescimento de mudas de andiroba (*Carapa* sp) em função do tamanho da semente e tempo de imersão em água. *Revista Ciência Agronômica*, 35 (2): 366 – 370, 2004.
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* aubl.) no sul do Estado de Roraima. *Ciência Florestal*. 19 (3): 247-255, 2009.
- TWEDDLE, J.C.; DICKIE, J.B; BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*. 91: 294–304, 2003.
- VARELA, V.P.; COSTA, S.S.; RAMOS, M.B.P. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de itaubarana (*Acosmium nitens* (Vog.) Yakovlev) - Leguminosae, Caesalpinoideae. *Acta Amazonica*. 35 (1): 35-39, 2005.
- VOLPATO, E.; SCHMIDT, P. B.; ARAUJO, V. C. *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba). Estudos comparativos de tratamentos silviculturais. *Acta Amazonica*. 2 (1): 71-82, 1972.
- WETZEL, M.M.V.S.; CÍCERO, S.M.; FERREIRA, B.C.S. Aplicação do teste de tetrazólio em sementes de seringueira. *Revista Brasileira de Sementes*, 14 (1): 83-88, 1992.
- YARED, J.A.C.; CARPANEZZI, A.A. Conversão da capoeira alta da Amazônia em povoamentos de produção madeireira: O método do “recru” e espécies promissoras. Boletim de Pesquisa 25, CPATU EMBRAPA, Belém, Pará. 27p. 1981.
- ZUCARELI, C.; MALAVASI, M.M.; FOGAÇA, C. A.; MALAVASI, U. C. Preparo e coloração de sementes de farinha-seca (*Albizia hasslerii* (Chodat) Burr.) para o teste de tetrazólio. *Revista Brasileira de Sementes*, 23 (2): 186-191, 2001.

Apêndice

01- Cópia da ata da aula de qualificação de mestrado.

 <p>INPA INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA</p>	<p>DIVISÃO DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO</p>													
<h2>AULA DE QUALIFICAÇÃO</h2> <h3>PARECER</h3>														
<p>Aluna: SEMIRIAN CAMPOS AMOÊDO Curso: BOTÂNICA Nível: Mestrado Orientadora: ISOLDE DOROTHEA KOSSMANN FERRAZ (INPA)</p>														
<p>Título:</p> <p><i>"Germinação e Armazenamento das sementes das espécies de Carapa ocorrentes na região de Manaus"</i></p>														
<p>BANCA JULGADORA</p>														
<p>TITULARES:</p> <p>YEDA M^a. BOAVENTURA CORRÊA ARRUDA (UFAM) ANDRÉIA BARRONCAS DE OLIVEIRA (INPA) LUCINDA CARNEIRO GARCIA(EMBRAPA)</p>		<p>SUPLENTES:</p> <p>MARIA DA GLÓRIA GONÇALVES DE MELO (UEA) MICHAEL JOHN GILBERT HOPKINS (INPA)</p>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">EXAMINADORES</th> <th style="text-align: left;">PARECER</th> <th style="text-align: left;">ASSINATURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>YEDA M^a. BOAVENTURA CORRÊA ARRUDA</td> <td>(X) Aprovado () Reprovado</td> <td><i>Arruda</i></td> </tr> <tr> <td>ANDRÉIA BARRONCAS DE OLIVEIRA</td> <td>(X) Aprovado () Reprovado</td> <td><i>Andréia</i></td> </tr> <tr> <td>LUCINDA CARNEIRO GARCIA</td> <td>(X) Aprovado () Reprovado</td> <td><i>Lucinda</i></td> </tr> </tbody> </table>			EXAMINADORES	PARECER	ASSINATURA	YEDA M ^a . BOAVENTURA CORRÊA ARRUDA	(X) Aprovado () Reprovado	<i>Arruda</i>	ANDRÉIA BARRONCAS DE OLIVEIRA	(X) Aprovado () Reprovado	<i>Andréia</i>	LUCINDA CARNEIRO GARCIA	(X) Aprovado () Reprovado	<i>Lucinda</i>
EXAMINADORES	PARECER	ASSINATURA												
YEDA M ^a . BOAVENTURA CORRÊA ARRUDA	(X) Aprovado () Reprovado	<i>Arruda</i>												
ANDRÉIA BARRONCAS DE OLIVEIRA	(X) Aprovado () Reprovado	<i>Andréia</i>												
LUCINDA CARNEIRO GARCIA	(X) Aprovado () Reprovado	<i>Lucinda</i>												
<p>Manaus (AM), 14 de Março de 2014.</p>														
<p>OBS: <i>A banca sugere a repensar os experimentos de armazenamento em condições de refrigeração (item 5.9 no Projeto) e em diferentes de temperatura (item 5.10), que são subsequentes, em função do tempo hábil p. conclusão do curso, uma vez que os mesmos totalizam 15 meses para a sua realização.</i></p>														
 <p>Michael John Gilbert Hopkins Coordenador Substituto do Programa de Pós-Graduação em Botânica PO. 272/2012 DCBO/INPA</p>														
<p>PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DO INPA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo – Caixa Postal: 2223 – CEP: 69067-375- Manaus/AM. Fone/Fax: (+55) 92 3643-3119 site: http://pg.inpa.gov.br e-mail: pgbotanicainpa@gmail.com</p>														

02 – Cópia da ata de defesa pública da dissertação de mestrado.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

Aos vinte nove dias do mês de maio de 2015 às 09:00h, na sala de aulas do Programa de Pós Graduação em Botânica do INPA-Campus I, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Dra. Manuela Oliveira de Souza, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas-(CETEC), Dra. Yeda Maria Boaventura Corrêa Arruda, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Dra. Angela Maria da Silva Mendes, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), tendo como suplentes: Dra. Maria Teresa Fernandez Piedade, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), e Dr. Manuel de Jesus Vieira Lima Junior da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**, intitulada: “*Avaliação da viabilidade das sementes e amplitude térmica de germinação de duas espécies arbóreas amazônicas (Carapa guianensis Aubl. e Carpa surinamensis Miq. - Meliaceae)*”, discente: **Semirian Campos Amoedo**, sob orientação: Dra. Isolde Dorothea Kossmann Ferraz.


Após a exposição, dentro do tempo regulamentar, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:

EXAMINADORES	PARECER	ASSINATURA
MANUELA OLIVEIRA DE SOUZA	<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO	<input type="checkbox"/> REPROVADO
YEDA M ^o . BOAVENTURA CORRÊA ARRUDA	<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO	<input type="checkbox"/> REPROVADO
ANGELA MARIA DA SILVA MENDES	<input checked="" type="checkbox"/> APROVADO	<input type="checkbox"/> REPROVADO
MARIA TERESA FERNANDEZ PIEDADE	<input type="checkbox"/> APROVADO	<input type="checkbox"/> REPROVADO
MANUEL DE JESUS VIEIRA LIMA JUNIOR	<input type="checkbox"/> APROVADO	<input type="checkbox"/> REPROVADO

Manaus (AM), 29 de Maio de 2015.

OBS: _____

Nada mais havendo, foi lavrado a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


 Dr. Michael John Gilbert Hopkins
 Coordenador do Programa de
 Pós Graduação em Botânica
 PO. 258/ 2014 - DCRO/INPA