

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**JÉSSICA MARIA CENEDESE**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL  
DE PLÂNTULAS DE AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DE EMBALAGENS E TEMPOS  
DE ARMAZENAMENTO**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ  
2023**

**JÉSSICA MARIA CENEDESE**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE  
PLÂNTULAS DE AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DE EMBALAGENS E TEMPOS DE  
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães.

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ**

**2023**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Cenedese, Jéssica Maria

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE AÇAIZEIRO EM FUNÇÃO DE EMBALAGENS E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO / Jéssica Maria Cenedese; orientador Vandeir Francisco Guimarães . -- Marechal Cândido Rondon, 2023.

54 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2023.

1. Agronomia. 2. Sementes recalcitrantes . 3. Armazenamento . I. Guimarães , Vandeir Francisco , orient. II. Título.



**Universidade Estadual do Oeste do Paraná**

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



## **JÉSSICA MARIA CENEDESE**

Qualidade fisiológica de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de açaizeiro em função de embalagens e tempos de armazenamento

Dissertação apresentada à distância, de forma síncrona e por videoconferência, conforme Resolução nº 052/2020 – CEPE, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADA pela seguinte banca examinadora:

Orientador e Coordenador do PPGA - Vandeir Francisco Guimarães

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Andréia Cristina Peres Rodrigues da Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)

Nádia Graciele Krohn

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Marechal Cândido Rondon, 25 de agosto de 2023

## **AGRADECIMENTOS**

Devo imensa gratidão à minha mãe pelo apoio e compreensão durante o decorrer do curso.

A Universidade, pelo ensino gratuito e de qualidade e ao profissionalismo da coordenação do Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia pela contribuição, mesmo que indireta, para a realização deste trabalho.

Em especial ao meu Orientador Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães, pelo grande exemplo de pessoa que és e pela paciência durante a condução do trabalho de pesquisa.

A técnica de laboratório Neusa Francisca Michelin Herzog, pelas dicas e pela assistência durante as avaliações.

Grata ao produtor Tersio Gerhardt por ceder as sementes para o estudo.

Gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Sou grata ainda por todos aqueles amigos e colegas do curso que colaboraram de alguma forma para que este trabalho se concretizasse.

“Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que sabe”.

(Aldous Huxley)

## RESUMO

CENEDESE, Jéssica Maria. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto de 2023. **Qualidade fisiológica de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de açaizeiro em função de embalagens e tempos de armazenamento.** Orientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães.

O cultivo do açaizeiro (*Euterpe oleracea*) visando à produção de mudas de alto padrão agrônômico se dá predominantemente por sementes, as quais são caracterizadas como recalcitrantes o que pode ser uma dificuldade para a produção de mudas. O estudo objetivou avaliar o efeito de embalagens e tempos de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de açaí. O experimento foi conduzido de junho de 2022 a fevereiro de 2023, no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Marechal Cândido Rondon. Amostras de um lote de sementes obtido no Município de Santa Helena, Paraná, foram armazenadas a  $20 \pm 2$  °C e submetidas a testes de vigor a cada 20 dias. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x5, com quatro repetições e 80 parcelas experimentais. Os fatores foram: quatro tipos de embalagens (saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de ráfia) e cinco tempos de armazenamento (0, 20, 40, 60 e 80 dias), totalizando 20 tratamentos. Houve decréscimo no grau de umidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento e variações na umidade em função das embalagens. Sementes armazenadas em saco plástico foram as que apresentaram menor perda de umidade ao longo do tempo de armazenamento. Houve diferença significativa na condutividade elétrica das sementes armazenadas por 40 dias na embalagem de saco de pano alvejado, apresentando o maior valor ( $12,03 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). Com superioridade, 100 e 50% dos eixos embrionários das sementes armazenadas, respectivamente por 0 e 20 dias em saco plástico apresentaram a porção distal uniformemente colorida pelo teste de tetrazólio. Sementes armazenadas em embalagem plástica também apresentaram resultados superiores na primeira contagem, índice de velocidade de emergência e percentual médio de germinação. Além disso, essa mesma condição resultou na formação de um maior número de plântulas com um par de folhas, plântulas com maior número de raízes, plântulas

maiores e com maiores teores de massa seca, em comparação com as outras condições de armazenamento, ao final da contagem. A embalagem plástica foi a mais apropriada para o armazenamento de sementes de açaí em condições ambientais controladas.

**Palavras-Chave:** *Euterpe oleracea*. Sementes recalcitrantes. Viabilidade. Germinação.



## ABSTRACT

CENEDESE, Jéssica Maria. Western Paraná State University, august 2023. **Physiological quality of seeds and initial development of açai seedlings as a function of packaging and storage times.** Advisor: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães.

The cultivation of the açai palm (*Euterpe oleracea*) aiming for the production of high agronomic standard seedlings is predominantly done through seeds, which are characterized as recalcitrant, which can be a difficulty for seedling production. The study aimed to evaluate the effect of packaging and storage times on the physiological quality of açai seeds. The experiment was conducted from June 2022 to February 2023 at the Seed and Seedling Technology Laboratory, at the State University of West Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon. Samples from a batch of seeds obtained in the Municipality of Santa Helena, Paraná, were stored at 20 °C ±2 and subjected to vigor tests every 20 days. The experimental design adopted was completely randomized (CRD) in a 4x5 factorial scheme, with four replications and 80 experimental plots. The factors were: four types of packaging (plastic bag, kraft paper bag, bleached cloth bag, and raffia bag) and five storage times (0, 20, 40, 60, and 80 days), totaling 20 treatments. There was a decrease in seed moisture content over the storage time and variations in moisture content due to the packaging. Seeds stored in plastic bags showed the lowest moisture loss over the storage time. There was a significant difference in electrical conductivity of seeds stored for 40 days in the bleached cloth bag packaging, with the highest value (12,03  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ). With superiority, 100 and 50% of the embryonic axes of the stored seeds, respectively for 0 and 20 days in plastic bags, presented the uniformly colored distal portion by the tetrazolium test. Seeds stored in plastic packaging also showed superior results in the first count, emergency speed index, and average germination percentage. Additionally, this same condition resulted in the formation of a higher number of seedlings with a pair of leaves, seedlings with a higher number of roots, larger seedlings, and higher levels of dry mass, compared to the other storage conditions, at the end of the count. The plastic packaging was the most suitable for storing açai seeds under controlled environmental conditions.

**Keywords:** *Euterpe oleracea*. Recalcitrant seeds. Viability. Germination.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Temperaturas médias mensais do ar, entre janeiro a junho de 2022 para o município de Santa Helena – Paraná.....	25
Figura 2 - Totais mensais de precipitação entre os meses de janeiro a junho, para o município de Santa Helena – Paraná, em 2022. Fonte: Adaptado de Instituto Água e Terra (2022). .....	26
Figura 3 - Porção distal e proximal de um embrião de semente de açaí extraído.....	28
Figura 4 – Grau de umidade (%) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60, e 80 dias. ...	32
Figura 5 - Condutividade elétrica de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias. ...	33
Figura 6 - Percentual de plântulas emergidas na primeira contagem de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.....	36
Figura 7 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.....	37
Figura 8 - Percentual médio de germinação (%) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.....	39
Figura 9 - Número de raízes por plântula (A) e número de plântulas com folhas (B) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias, ao final da contagem. ....	41
Figura 10 - Comprimento da maior raiz (A) e comprimento da parte aérea (B) de plântulas emergidas de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias, ao final da contagem. ....	42
Figura 11 - Massa seca das raízes (A) e massa seca da parte aérea (B) de plântulas emergidas de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias, ao final da contagem. ....	43

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS E AGRONÔMICOS DO AÇAIZEIRO .....	14
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO AÇAIZEIRO .....	16
2.3 SEMENTES RECALCITRANTES .....	18
<b>2.3.1 Armazenamento</b> .....	<b>18</b>
2.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES .....	20
<b>2.4.1 Testes bioquímicos</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4.2 Teste fisiológicos</b> .....	<b>23</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	25
3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	26
3.3 VARIÁVEIS AVALIADAS .....	27
<b>3.3.1 Determinação do grau de umidade</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.2 Teste de condutividade elétrica</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3.3 Teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil tetrazólio)</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3.4 Teste de germinação</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3.5 Crescimento de plântulas</b> .....	<b>29</b>
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>

## INTRODUÇÃO

A família Arecaceae abrange grande quantidade de espécies, sendo uma das mais importantes do ponto de vista agrônomo a palmeira *Euterpe oleracea*, também conhecida como açazeiro. Essa espécie é nativa do estuário amazônico, com maior predominância nos estados do Pará, Maranhão e Amazonas, que atualmente são os maiores produtores brasileiros. Os principais produtos explorados da palmeira são os frutos e o palmito, os quais geram renda para milhares de produtores da região (VIANA, 2020).

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontaram, no último censo, um significativo aumento na produção de frutos de açaí, que passou de 121.800 toneladas em 2000 para 1.704.070 toneladas em 2021. Essa expressiva evolução está diretamente relacionada ao crescimento da demanda pela polpa processada dos frutos, o que motivou a implementação de tecnologias e expansão das áreas de cultivo. Como resultado, os produtores passaram a buscar sementes e mudas de alta qualidade, o que resultou em aumento significativo na procura por esses materiais (CONAB, 2021; IBGE, 2021).

Muitas espécies florestais, como o açazeiro, são propagadas por meio de sementes. No entanto, as sementes do açazeiro possuem a característica de serem recalcitrantes, o que está relacionado ao ambiente natural dessas plantas. Devido ao alto teor de umidade no momento da maturação, essas sementes devem ser semeadas imediatamente após a colheita e despolpa dos frutos, pois não são capazes de tolerar longos períodos de armazenamento (KERBAUY, 2008; LIMA et al., 2016).

Em sementes recalcitrantes, a viabilidade diminui gradualmente após a sua dispersão pela planta progenitora. A desidratação ocorre rapidamente e pode ser observada pela redução na taxa de germinação. A escassez de estudos sobre a conservação de sementes florestais com essas características dificulta a padronização de técnicas de armazenamento mais prolongado (DE SOUZA et al., 2018).

As sementes do açazeiro apresentam lentidão e desuniformidade na germinação, problemas que se intensificam quando armazenadas de forma inadequada. Entretanto, existem métodos de conservação que permitem prolongar seu uso para fins de semeadura e comercialização, mantendo um considerável vigor

para a cultura (DO NASCIMENTO; CICERO; NOVEMRE, 2010; GUEDES et al., 2012).

O grau de umidade inicial das sementes, a embalagem e as condições de temperatura e umidade do ambiente de armazenamento são fatores que, quando controlados, desaceleram o processo de deterioração do material propagativo. Sementes de *E. oleracea* apresentaram os maiores percentuais de germinação (91% e 72%), com graus de umidade de 43% e 37%, armazenadas a temperatura constante de 20°C por 60 dias em sacos de polietileno de 0,1 mm de espessura (NASCIMENTO; MOARAES, 2011).

A qualidade fisiológica das sementes é um conjunto de aspectos que determina a emergência e desenvolvimento das plântulas, levando em consideração os fatores endógenos das sementes e os estímulos exógenos do ambiente (KRZYZANOVSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999). Diferentemente das grandes culturas, as avaliações da qualidade fisiológica de sementes de espécies nativas devem levar em consideração suas peculiaridades. O teste de germinação, muitas vezes, se mostra insuficiente para explicar o vigor dos lotes (MARTINS; NAKAGAWA; BOVI, 2009).

Em avaliações de vigor, testes bioquímicos e fisiológicos são amplamente utilizados por empresas produtoras de sementes com o intuito de mensurar a qualidade fisiológica de lotes. O teste de tetrazólio e condutividade elétrica são de nível intracelular e antecedem o de germinação, fornecendo resultados importantes em sementes recalcitrantes, com dormência ou que apresentam lentidão e desuniformidade no processo germinativo (NEVES, 1994; BRASIL, 2009).

As fruteiras nativas brasileiras, como o açaizeiro, estão em fase de domesticação e ainda carecem de estudos direcionados para a conservação de suas sementes. Nesse contexto, um dos primeiros fatores a ser considerado para a implantação de áreas de exploração com alto desempenho é a qualidade fisiológica das sementes, as quais refletirão o potencial das plantas em campo (SMIDERLE et al., 2015; CENEDESE et al., 2022).

Embora existam dificuldades para a manutenção da umidade por períodos prolongados, o armazenamento de sementes do açaizeiro com altos teores de água é possível através do uso de embalagens que são resistentes às trocas gasosas entre o ambiente e o material propagativo.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem na qualidade fisiológica de sementes de açazeiro.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 ASPECTOS BOTÂNICOS E AGRONÔMICOS DO AÇAIZEIRO**

O açazeiro é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, nativa da Amazônia. O bioma amazônico caracteriza-se por um clima tropical, com longos períodos chuvosos e precipitação anual variando entre 1.500 e 3.600 mm. No território brasileiro, a distribuição da espécie é ampla, abrangendo as regiões Norte e Nordeste, e os estados do Amapá, Pará, Tocantins, Maranhão, Amazonas, Acre e Rondônia. Ela é tipicamente encontrada em florestas de várzeas inundadas do Estuário Amazônico. No entanto, também ocorre em regiões de terra firme (LORENZI et al., 2004; FLORA DO BRASIL, 2020).

Os açazais são adaptados tanto aos solos eutroféricos ricos em matéria orgânica quanto aos solos ácidos e de baixa fertilidade, como os distróficos. A espécie tem melhor expressão em Gleissolos com boa fertilidade, proveniente da matéria orgânica depositada pelas marés. Além disso, pode apresentar boa vegetação em Latossolos amarelos e igapós com textura variando entre média a pesada (VILLACHICA et al., 1996).

O açazeiro apresenta como característica a emissão de vários perfilhos agrupados, formando touceiras, sem a ocorrência de um único estipe em palmeiras adultas. Esses perfilhos são cilíndricos, podendo atingir entre 3 e 20 metros de altura e 7 a 18 cm de diâmetro, e apresentam cicatrizes foliares ao longo de toda a sua extensão. As folhas do açazeiro são pinadas compostas, dispostas em espiral e podem chegar a 80 pares de folíolos em intervalos regulares. Na fase adulta da planta, os folíolos podem estar pendentes, enquanto que, na fase jovem, podem estar moderadamente inclinados para a horizontal. O comprimento dos folíolos varia entre 20 cm e 50 cm, com uma largura que varia entre 2 cm e 3 cm (VENTURIERI et al., 2014).

A inflorescência é formada por uma ráquis com até 40 cm de comprimento, da qual partem várias ráquulas (aproximadamente 69), que apresentam em suas extremidades um grande número de flores unissexuais. Estas flores estão dispostas em tríades, com duas flores masculinas para cada uma feminina, do meio até a base da ráquila (próximo à ráquis). A partir do meio até o ápice da ráquila, as flores masculinas estão concentradas em formato espiral. Estima-se que haja aproximadamente 18.478 flores masculinas e 4.857 flores femininas na inflorescência (DE FARIA et al., 2022). As flores são monóicas, dicogâmicas e protândricas, causando assincronia entre a floração masculina e feminina. A polinização ocorre com a ajuda de insetos, como as abelhas, pelo vento ou pela gravidade. A fecundação é preferencialmente cruzada, mas ainda é possível que ocorra até 11% de autogamia (VENTURIERI et al., 2014).

O número de cachos (infrutescências) da palmeira *E. oleracea* pode variar entre 2 a 8. Os frutos são drupas que medem de 0,5 a 2 cm de diâmetro transversal e pesam entre 0,5 a 2,9 g. Quando maduros, a coloração pode variar do verde ao roxo violáceo, dependendo da variedade. A polpa, composta pelo mesocarpo e epicarpo, é fina, entretanto, é rica em fibras, proteínas, lipídios, vitaminas e minerais (OLIVEIRA, 2002).

A semente do açaí possui formato esférico e ocupa a maior porção do fruto, correspondendo a 85-90% de sua composição, com diâmetro variando entre 1-2 cm e peso entre 0,7-1,9 g, respectivamente. Externamente, apresenta-se coberta por uma camada fibrosa e uma tegumentar. Internamente, observa-se o endosperma envolvendo o embrião que é um material de reserva, rico em manoses, lignina, extrativos, glicose e lipídeos (MONTEIRO et al., 2019; 14 RAMBO; SCHMIDT; FERREIRA, 2015). Na estrutura do embrião, visualiza-se o pecíolo cotiledonar, responsável pela formação do broto germinativo durante a germinação. Esse embrião é diminuto e pode ocorrer o fenômeno de poliembrionia. Fisiologicamente, as sementes dessa espécie apresentam comportamento recalcitrante, não tolerando armazenamento prolongado (NASCIMENTO; NOVEMBRE; CICERO, 2005; LIMA, 2016).

O início da fase reprodutiva ocorre aproximadamente quatro anos após o plantio, com a emissão das estruturas de floração e frutificação, que são registradas ao longo do ano. A fase de floração ocorre de janeiro a maio, enquanto a frutificação



ocorre de agosto a dezembro, porém esses estágios podem variar de acordo com as condições edafoclimáticas da região (OLIVEIRA; MOCHIUTTI; DE FARIAS NETO, 2009).

A colheita dos frutos do açazeiro para a obtenção do material propagativo é realizada aproximadamente seis meses após a abertura das flores (antese), quando os frutos adquirem coloração violácea opaca. As matrizes de qualidade são aquelas compostas por mais de três estipes e devem estar isentas de pragas e doenças. São selecionadas plantas com elevada produtividade e frutos fisiologicamente maduros, capazes de fornecer um alto volume de polpa (QUEIROZ; MOCHIUTTI, 2001).

A propagação assexuada do açazeiro ocorre durante o período chuvoso do ano. Os perfilhos são removidos na base da planta matriz utilizando-se uma cunha de ferro, juntamente com uma pequena porção de raízes. Quando os perfilhos são muito grandes, apresentam baixa taxa de sobrevivência e são de difícil extração. A emissão desses múltiplos caules começa seis meses após o plantio da muda e para quando a planta atinge a fase produtiva (NASCIMENTO; OLIVEIRA; CARVALHO, 2011).

Embora as sementes apresentem comportamento recalcitrante, germinação lenta e desuniforme, a semeadura é o método mais viável e econômico de multiplicação. A partir de uma única planta adulta, é possível obter mudas para o cultivo de aproximadamente 10 hectares. Por outro lado, as mudas provenientes de perfilhos apresentam baixa taxa de pegamento e demanda uma alta quantidade de mão de obra, o que acarreta custos de produção elevados (QUEIROZ; MOCHIUTTI; BIANCHETTI, 2001).

## 2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO AÇAIZEIRO

O Brasil é o maior produtor de açaí do mundo e os produtos de maior importância econômica extraídos da *E. oleracea* são basicamente o palmito e os frutos, que são utilizados na alimentação humana. O palmito tem sido consumido como alimento desde tempos remotos até os dias atuais. No entanto, a polpa se destaca no mercado nacional e internacional por ser considerado um alimento funcional. É altamente calórica e consumida de várias formas, como em licores,

sorvetes, suplementos, combinada com guaraná e até mesmo em pó (PORTINHO; ZIMMERMANN; BRUCK, 2012; CARVALHO et al., 2017).

O mercado do palmito do açazeiro apresentou uma queda na produção nos últimos anos, devido à não conformidade com os padrões internacionais de qualidade. Isso ocorre devido à atividade extrativista ainda predominante na produção, enquanto o mercado da polpa dos frutos do açazeiro demonstra maior potencial de crescimento devido à sua versatilidade. Por outro lado, destaca-se que o Brasil, principalmente o estado do Pará, é o maior produtor, consumidor e exportador de palmito desse tipo de planta (OLIVEIRA et al., 2017).

O que impulsionou a exploração dos frutos do açaí na região amazônica foi a produção da polpa industrializada congelada e seu subproduto, a antocianina, um pigmento natural amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. A polpa possui elevado teor de polifenóis com propriedades antioxidantes, antiproliferativas, anti-inflamatórias e cardioprotetoras, além de ser rica em proteínas, vitaminas B1, D e E, fibras e minerais como fósforo, magnésio, ferro, potássio e cálcio. Considerando o apelo funcional dos produtos resultantes, o mercado externo apresenta o maior potencial de expansão (NEVES et al., 2015; BEZERA et al., 2016; CEDRIM; BARROS; NASCIMENTO, 2018).

Conforme o último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e divulgado por meio da ferramenta PAM (Produção Agrícola Municipal), observou-se um aumento na produção e no preço do açaí em áreas manejadas. No ano de 2000, foram produzidas 121.800 toneladas, comercializadas a um valor de R\$ 0,49 por quilograma de fruto. Já em 2021, a produção alcançou 1.704.070 toneladas, com valor de venda de R\$ 6,73 por quilograma. Esse crescimento significativo pode ser atribuído à combinação de três fatores: o aumento do consumo global de açaí, a expansão das áreas de cultivo e o avanço das tecnologias relacionadas com o manejo dos açazais (CONAB, 2021).

O estado do Pará é atualmente um produtor determinante no aumento da produção nacional de açaí, seguido pelo Maranhão e Amazonas. Simultaneamente à produção, a produtividade demonstrou evolução, fator motivado pela tecnificação das áreas de cultivo. Essa mudança causou um efeito importante do ponto de vista agrônômico, que foi a busca dos produtores por sementes e mudas de açazeiro com alto potencial de desenvolvimento em campo (DA SILVA et al., 2017).

## 2.3 SEMENTES RECALCITRANTES

A diversificação das formas de multiplicação das plantas, bem como suas possibilidades, é o que assegura aos novos indivíduos a garantia de sobrevivência quando submetidos às condições ambientais e suas variações. As estratégias de reprodução de espécies florestais permitem o cultivo sustentável das populações naturais ou manejadas, tanto para a produção de frutos quanto para a extração de outros produtos, estando ou não no ambiente de origem (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO; NASCIMENTO, 2018).

Embora existam conceitos sobre a longevidade de sementes, não foram encontrados estudos que revelem precisamente as condições ideais para diferentes espécies, capazes de garantir o período máximo de viabilidade. Algumas sementes possuem estratégias de reprodução, que, quando liberadas da planta, apresentam um elevado teor de água e tendem a germinar rapidamente ao caírem no solo, gerando competição com outras sementes. Essas sementes são conhecidas como recalcitrantes. Por outro lado, as sementes ortodoxas se utilizam da dessecação natural como mecanismo de defesa e só germinam sob condições favoráveis. Neste caso, ambos os comportamentos estão relacionados com o hábito de crescimento (CLOBERT et al. 2012; AZARKOVICH, 2020).

Um dos aspectos marcantes das sementes recalcitrantes é a ausência da etapa de dessecação durante a maturação dos frutos, passando diretamente do metabolismo de desenvolvimento para o de germinação. As proteínas do grupo LEA, que estão envolvidas no mecanismo de tolerância ou de proteção contra danos por dessecação, estão ausentes em sementes recalcitrantes. Essas sementes não possuem mecanismos eficientes de tolerância à dessecação, não ocorrendo redução da atividade metabólica nem decréscimo do teor de água durante as etapas finais do desenvolvimento (MARCOS FILHO, 2005).

### 2.3.1 Armazenamento

Sementes recalcitrantes não toleram o armazenamento prolongado após a disseminação pela planta mãe, já que perdem gradualmente água, o que resulta em

redução proporcional da viabilidade. Essa característica dificulta a conservação de sementes de diversas espécies economicamente importantes em climas tropicais (WALTER, 2015). A conservação de sementes objetiva preservar por um período prolongado a qualidade fisiológica do material, a fim de manter altas as taxas de germinação (NASCIMENTO; SILVA, 2005; NERY et al., 2014).

Para Guardia et al. (2020), é importante que a colheita dos frutos seja feita somente quando atingirem a maturação fisiológica, uma vez que antes desse estágio o nível de recalcitrância é ainda mais intenso. Além disso, se as sementes forem armazenadas, recomenda-se a utilização de embalagens que as supram oxigênio, de forma a garantir a manutenção da viabilidade e evitem, ao mesmo tempo, a perda de água e a deterioração por microrganismos (KING; ROBERTS, 1980; GARCIA et al., 2014).

É evidente que não se pode manter nem aumentar a viabilidade de sementes recalcitrantes durante o armazenamento. No entanto, existem recipientes e ambientes adequados para o acondicionamento, como embalagens plásticas e de vidro em locais com temperatura e umidade controladas, que são capazes de desacelerar o processo de deterioração (LUZ; PIVETA, 2010; ALEGRETTI et al., 2015; MARCOS-FILHO, 2015).

A embalagem utilizada para a conservação ou comercialização de sementes não apenas preserva sua qualidade fisiológica, mas também impede a infestação de insetos e roedores. Alguns materiais, como o polietileno, funcionam como barreira às trocas gasosas com o ambiente e são recomendados para a conservação de sementes recalcitrantes. No entanto, a eficácia da embalagem também é influenciada pelo grau de umidade inicial das sementes, bem como pelas condições ambientais e pelo período de armazenamento (HARRINGTON, 1963; WAGNER JÚNIOR et al., 2020).

O grau de umidade letal para espécies recalcitrantes pode variar consideravelmente. No caso do açaizeiro, observa-se que o potencial germinativo das sementes é praticamente nulo quando o grau de umidade atinge valores próximos a 15%. Para o feijão-bravo, esse limite é em torno de 23%. A velocidade de deterioração das sementes dependerá, nesta situação, do grau de umidade inicial, das condições ambientais do local de armazenagem e da embalagem utilizada. Esse tipo de semente também não tolera temperaturas muito baixas (inferiores a 5 °C), devido à provável

formação de cristais de gelo nos espaços intercelulares, o que causa danos severos à estruturas celulares (NASCIMENTO, 2010; SANCHES et al., 2015; CUNHA et al., 2019).

Em programas de melhoramento e reflorestamento, as pesquisas sobre a conservação de sementes são de extrema importância para a determinação ideal do beneficiamento e armazenamento do material propagativo das espécies de interesse. Nesse sentido, constata-se a escassez de estudos relacionados a espécies de fruteiras nativas em fase de domesticação, as quais apresentam potencial de exploração e demandam investigações voltadas para a qualidade fisiológica de suas sementes (NASCIMENTO; MORAES, 2011).

## 2.4 QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

A qualidade fisiológica das sementes é definida como o potencial delas em desenvolver suas funções vitais (SCHUCH; KOLCHINSKI, FINATTO, 2009). De acordo com Krzyzanovski, Vieira e França Neto (1999), a qualidade fisiológica de um lote de sementes é determinada por um conjunto de fatores que antecedem e sucedem a germinação, como os fatores climáticos durante a fase reprodutiva das espécies, o ponto de maturação dos frutos, as condições de armazenamento das sementes, o ambiente do local de semeadura, o genótipo e a sanidade do material propagativo.

As sementes têm um papel crucial no contexto produtivo e, portanto, devem atender a critérios rigorosos de qualidade, incluindo características sanitárias, físicas, genéticas e fisiológicas adequadas. Essas características são fundamentais para garantir que as plantas possam expressar seu potencial máximo e, conseqüentemente, maximizar o rendimento final da cultura (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

A utilização de sementes de baixa qualidade fisiológica refletirá no estande final da população de plantas e exigirá a realização de ressemeadura. Sendo assim, o conhecimento das condições ideais para manter a qualidade de sementes e a expressão do potencial de germinação de determinada espécie é de fundamental importância, uma vez que interfere na produção da cultura (MARCOS FILHO, 2015).

A qualidade fisiológica das sementes é comprometida principalmente durante o armazenamento, sendo essa prática parte importante de programas de produção de sementes (MOUSSA et al., 2011). O armazenamento constitui uma etapa essencial à manutenção da qualidade, geralmente, porque este processo é realizado sem levar em consideração as condições climáticas que antecedem a colheita (DA SILVA et al., 2014).

Durante o processo de deterioração das sementes, ocorrem diversos eventos, como declínio do material de reserva, mudanças na composição química devido à oxidação de lipídios, atuação de radicais livres, quebra de proteínas, desintegração e diminuição da permeabilidade seletiva das membranas celulares, redução na taxa de germinação, germinação lenta e desuniforme, crescimento reduzido das plântulas, aberrações morfológicas, entre outros (KOLCHINSKI et al., 2006; CICERO, 1998; PORTO et al., 2018; AMORIM et al., 2021).

De acordo com o International Seed Testing Association (ISTA) e a Association of Official Seed Analysts (AOSA), é conveniente mensurar a qualidade fisiológica de lotes de sementes por meio da realização de testes em condições controladas de laboratório, como o teste de tetrazólio, teste de condutividade elétrica, teste de germinação e teste de crescimento de plântulas. Os testes de vigor têm várias finalidades, entre elas, descrever o potencial de armazenamento de sementes de espécies específicas (MARCOS FILHO, 2005).

#### **2.4.1 Testes bioquímicos**

Os testes bioquímicos são utilizados para avaliar alterações nas atividades metabólicas das sementes que estão associadas ao seu vigor. Empresas utilizam testes de vigor para avaliar a qualidade fisiológica de lotes de sementes antes da germinação, obtendo resultados mais precisos e detalhados do processo de deterioração. Com o início da deterioração, ocorre a degradação das membranas celulares. Portanto, os testes mais sensíveis a esse processo seriam os mais adequados para estimar a qualidade do material propagativo (MARTINS; NAKAGAWA; BOVI, 2009).

No teste de condutividade elétrica em sementes, os valores menores registrados pelo condutímetro indicam menor liberação de exsudatos e, conseqüentemente, um maior potencial fisiológico (maior sanidade), o que evidencia a organização dos sistemas de membranas celulares. Na solução de lixiviados de sementes deterioradas ocorre a perda de compostos orgânicos essenciais para a viabilidade da semente, como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, proteínas, além de íons inorgânicos fosfatados como Ca, Mg, K, Na (STEFFENS et al., 2010).

Em sementes de espécies florestais de comportamento recalcitrante, os testes bioquímicos estão sendo amplamente utilizados para prever as falhas na germinação. Guollo et al. (2017), ao correlacionarem o teste de condutividade elétrica com o de germinação em sementes de oito espécies florestais, constataram eficiência na avaliação da qualidade fisiológica das mesmas em comparação ao uso apenas do teste padrão de germinação. Dessa forma, o teste de condutividade elétrica pode ser considerado uma alternativa rápida e precisa para fornecer informações sobre a qualidade fisiológica das sementes.

O teste de tetrazólio em sementes é fundamentado na atividade das enzimas desidrogenase do ácido málico, as quais catalisam as reações respiratórias nas mitocôndrias durante a glicólise e o ciclo de Krebs. Essas enzimas são responsáveis pela redução do sal de tetrazólio nos tecidos vivos. Quando o tetrazólio é difundido pelos tecidos, ocorre a reação de redução apenas nas células vivas, formando um composto avermelhado estável conhecido como trifênilformazan. Através dessa reação, é possível distinguir os tecidos vivos dos mortos por meio da coloração (ABBADE; TAKAKI, 2014; FRANÇA NETO; KRZYZANOVSKI, 2018).

A metodologia do teste de tetrazólio é constantemente aprimorada para sementes de grandes culturas. No entanto, no que se refere a muitas espécies florestais, ainda não existem métodos padronizados para a concentração do sal, tempo de embebição, temperatura e estrutura da semente avaliada no teste (CORTE; BORGES; PEREIRA, 2010). Em sementes grandes, como no caso da *Araucaria angustifolia*, o teste de tetrazólio apresenta maior eficiência e rapidez, realizado por meio da imersão de embriões extraídos em solução de tetrazólio, quando comparado à análise de sementes inteiras (OLIVEIRA et al., 2014; DA SILVA et al., 2016).

### 2.4.2 Teste fisiológicos

A eficiência na avaliação da qualidade fisiológica de sementes depende, em grande parte, do método utilizado e da espécie estudada, levando em consideração o objetivo pretendido. Recomenda-se sempre a utilização de mais de um teste, a fim de evitar informações incompletas. Portanto, é importante definir uma sequência de avaliações em paralelo aos eventos físicos, químicos e fisiológicos do processo de deterioração das sementes. A combinação dos resultados de vários testes proporcionará a melhor resposta para o vigor de um lote de sementes (FRANÇA NETO; KRZYZANOVSKI, 2018).

Em conjunto com testes bioquímicos, os testes fisiológicos são as principais ferramentas dos analistas de sementes. Dentre os principais testes fisiológicos, cita-se o teste de germinação, a primeira contagem, a velocidade de germinação e o crescimento de plântula. Tais testes demonstram a atividade fisiológica específica das sementes, cuja manifestação é dependente do vigor (MARCOS FILHO, 2015).

O teste de vigor mais utilizado atualmente é o teste de germinação, cujo objetivo consiste em determinar o potencial máximo de germinação de um ou mais lotes de sementes. Ao final do teste, torna-se possível comparar a qualidade fisiológica entre eles e estimar a densidade de semeadura em campo. A metodologia geralmente é aplicada em laboratório, em condições controladas, permitindo uma germinação mais uniforme, rápida e completa das amostras de sementes. As condições consideradas ótimas são padronizadas de forma que os resultados dos testes de germinação possam ser reproduzidos e comparados (DELOUCHE, 1958; BRASIL, 2009; ALMEIDA et al., 2020).

Caracterizado como um teste de vigor simples e prático, o teste de primeira contagem baseia-se no princípio de que as amostras com o maior número de sementes germinadas são as mais vigorosas. Segundo Brow e Mayer (1986), esse teste pode substituir o teste de velocidade de germinação, pois o percentual de sementes germinadas na primeira contagem indica a rapidez de germinação. Nas espécies florestais, a primeira contagem pode ser o melhor teste de vigor para representar a diversidade genética entre progênies (OLIVEIRA; FARIAS NETO; SILVA, 2007).



O índice de velocidade de germinação é um teste antigo que complementa o teste de primeira contagem. Destaca-se a importância do controle rigoroso da temperatura e umidade do substrato das amostras. Em sementes recalcitrantes, o armazenamento retarda o início e a velocidade de germinação, sendo significativamente influenciados pela embalagem e pelas condições ambientais em que o material propagativo é submetido (WALTERS, 2015; AZARKOVICH, 2020).

É possível avaliar o vigor de sementes com base no crescimento de plântulas. Esse crescimento pode ser mensurado através da medição do comprimento das partes constituintes das plântulas, assim como da determinação da massa seca das mesmas (AOSA, 1983). No processo de deterioração de sementes armazenadas, ocorre o declínio no teor de material de reserva, resultando em déficit no crescimento das plântulas e na massa seca acumulada pela digestão de menores conteúdos de reservas no momento da germinação (DELOUCHE; BASKIN, 1973; CARDOSO, BINOTTI; CARDOSO, 2012).

Ao final dos testes de crescimento de plântula, é fundamental comparar os resultados com o percentual de germinação, a fim de evitar a determinação erroneamente do vigor do lote de sementes. Lotes de sementes podem apresentar, por exemplo, baixas taxas de germinação e alto crescimento de plântulas, não podendo, nesse caso, serem julgados como vigorosos. Esse efeito é observado em função do tamanho das sementes, uma vez que, quanto maiores são, maior é a quantidade de reservas, resultando em maiores valores de comprimento e massa seca (AOSA, 1983; MESQUITA et al., 2017).

A avaliação do crescimento de plântulas pela massa seca é geralmente o último teste de vigor realizado pelos analistas após a germinação das sementes. Através dele, é possível determinar a eficiência da transferência do material de reserva para o desenvolvimento do embrião. Entretanto, não se pode determinar isoladamente, através dele, o vigor de um lote (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING et al., 2010). Oliveira et al. (2016) avaliaram a massa seca de plântulas de dois lotes de feijão (BRS Estilo), um de baixo vigor e outro de alto vigor, e não encontraram diferença significativa para essa variável.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A condução do experimento ocorreu no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, no período de junho de 2022 a março de 2023. As sementes utilizadas foram provenientes de frutos maduros de 10 matrizes com idades entre 15 e 30 anos, coletadas em 24 de junho de 2022, em uma propriedade particular localizada no bairro Centro, município de Santa Helena, estado do Paraná. As coordenadas geográficas dessa propriedade são latitude 24°51'39" Sul e longitude 54°20'12" Oeste, com altitude de 261 metros.

O clima da região é classificado por Köppen como subtropical úmido (Cfa), com verões quentes, caracterizados por temperaturas médias acima de 22 °C, e invernos frios, marcados por temperaturas médias inferiores a 18 °C. Os dados relativos às temperaturas médias mensais do ar, entre janeiro e junho que coincidem com o início da floração até a colheita dos frutos são apresentados na Figura 1, conforme a Estação Climatológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Santa Helena – PR (ALVARES et al., 2013).

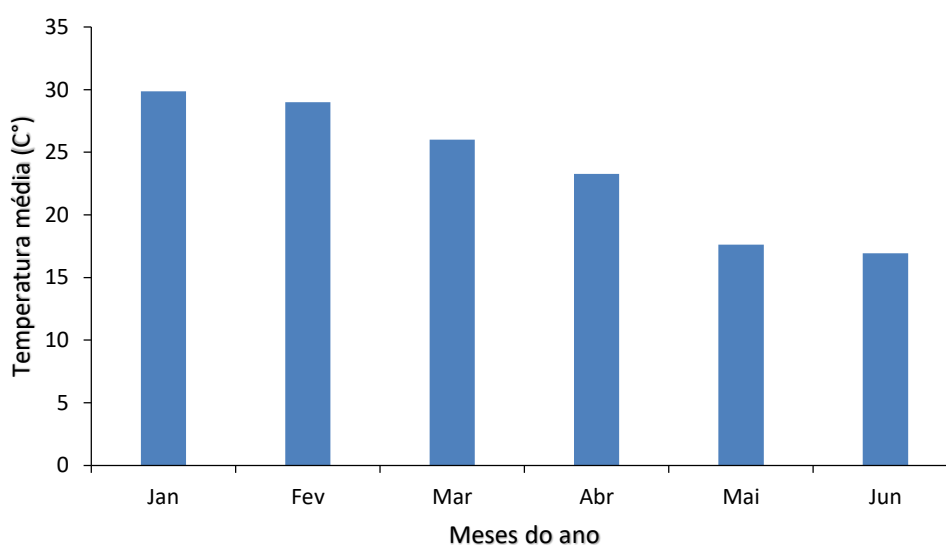


Figura 1 - Temperaturas médias mensais do ar, entre janeiro a junho de 2022 para o município de Santa Helena – Paraná.

A precipitação média anual é de 1600 a 1800 mm. Na Figura 2 é possível verificar o volume de chuvas acumulado mensalmente entre os meses de janeiro a junho, período coincidente entre a floração e colheita dos frutos (Alvarez et al., 2013). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018; IAT, 2022).

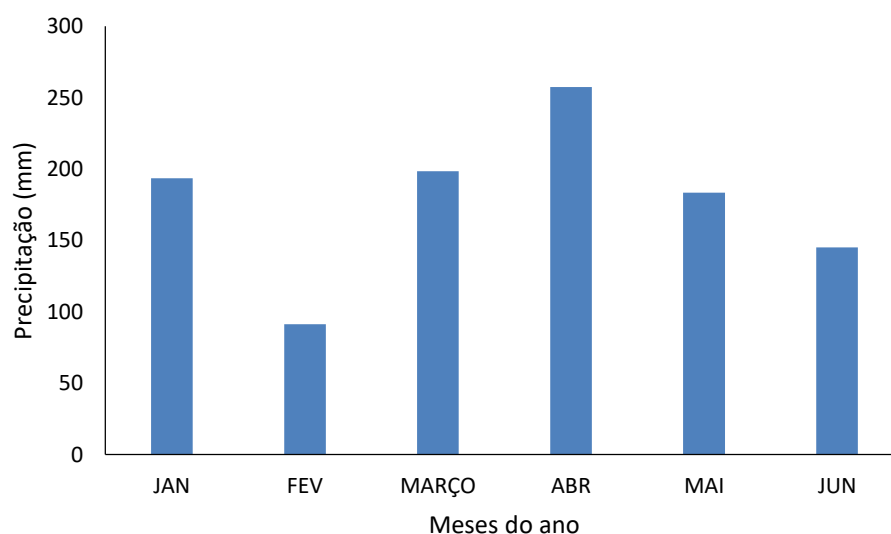


Figura 2 - Totais mensais de precipitação entre os meses de janeiro a junho, para o município de Santa Helena – Paraná, em 2022. Fonte: Adaptado de Instituto Água e Terra (2022).

### 3.2 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Imediatamente após a colheita, os frutos foram lavados e deixados de molho em água por 24 horas para facilitar a despolpa. Após esse período, as sementes foram despulpadas manualmente utilizando uma peneira por fricção. Em seguida, as sementes passaram por um processo de lavagem e desinfecção utilizando-se solução de hipoclorito de sódio a uma concentração de 2,5% por cinco minutos. Após a desinfecção, as sementes foram novamente lavadas em água corrente e deixadas para secar à sombra sobre um pano limpo a temperatura ambiente por 3 dias.

Após a homogeneização da amostra de trabalho, obteve-se a massa de 1000 sementes por meio do cálculo do peso de subamostras. Para a avaliação, foram retiradas aleatoriamente 8 amostras (repetições) contendo 100 sementes cada, as quais foram individualmente pesadas em balança de precisão. O resultado foi

expresso em gramas, com o número de casas decimais correspondentes às utilizadas nas pesagens menos uma, fazendo-se a devida aproximação no final (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5. O primeiro fator foi constituído por quatro embalagens (saco plástico - PEBD 0,02mm, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia) e o segundo fator por cinco tempos de armazenamento (0, 20, 40, 60 e 80 dias). Cada parcela conteve 25 sementes, com quatro repetições por tratamento, para cada teste, resultando em um total de 20 tratamentos. Exceto para o teste de tretazólio, no qual foram utilizados 10 embriões por tratamento.

Após embaladas, as sementes foram armazenadas em câmara com temperatura e UR (Umidade Relativa) constantes de  $20\pm 2$  °C e  $70\pm 2\%$  respectivamente e foram avaliadas quanto ao vigor, a cada 20 dias.

### 3.3 VARIÁVEIS AVALIADAS

#### 3.3.1 Determinação do grau de umidade

Para a determinação do grau de umidade, utilizou-se a metodologia descrita nas Regras Para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se o método da estufa a 105 °C. Foram utilizadas 4 amostras contendo 25 sementes cada, para cada tratamento. O grau de umidade foi calculado com base na massa úmida das sementes. O resultado foi obtido através da média das porcentagens de umidade das amostras coletadas da amostra de trabalho.

#### 3.3.2 Teste de condutividade elétrica

O teste de condutividade elétrica foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Martins et al. (2009). Para cada tratamento, foram utilizadas 4 amostras contendo 25 sementes. Foi determinada a massa das amostras em balança de precisão com três casas decimais (0,001 g). Em seguida, foram colocadas em copos de plástico contendo 75 mL de água deionizada, em condições de câmara do tipo B.O.D, com temperatura controlada a  $25\pm 3$  °C, durante 24 horas, sem exposição à luz. Após a retirada das amostras da câmara, as soluções contendo as sementes

foram levemente agitadas para a uniformização dos lixiviados e, então, medidas utilizando-se um condutímetro digital portátil. Os resultados foram calculados dividindo-se a condutividade pela massa das sementes e expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de semente.

### 3.3.3 Teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil tetrazólio)

Levando em consideração as características das sementes de *E. oleracea*, tais como a coloração rosada natural do endosperma, foi realizado o teste de tetrazólio nos eixos embrionários. Para cada tratamento, foram extraídos dez eixos embrionários utilizando-se morsa de bancada e pinças. Durante o processo de extração, os eixos foram colocados em becker de vidro contendo água deionizada. Após o seccionamento, os embriões foram transferidos para beckers contendo solução de cloreto de 2,3,5-trifenil tetrazólio (0,2%) e levados para estufa a 40 °C, sem exposição à luz, por um período de 2 horas. Após esse tempo, os embriões de cada amostra foram observados individualmente em uma placa de Petri contendo água deionizada, utilizando lupa com ampliação de 10 vezes. Na interpretação dos resultados, foram considerados viáveis apenas os eixos embrionários cuja porção distal (Figura 3) apresentava coloração rosa uniforme ou vermelho brilhante (IOSSI et al, 2016; KRZYZANOWSKI et al., 2020).

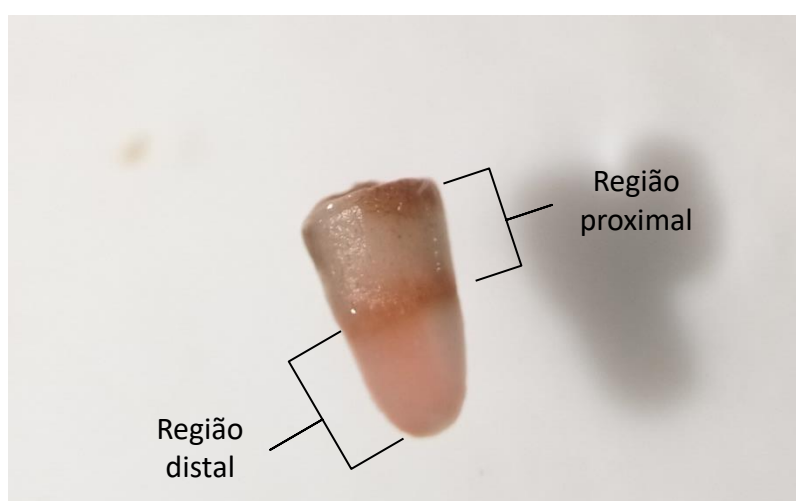


Figura 3 - Porção distal e proximal de um embrião extraído da semente de açaí.

### 3.3.4 Teste de germinação

A avaliação da germinação foi conduzida em quatro parcelas experimentais, sendo semeado um total de 25 sementes em cada uma para cada tratamento. A semeadura foi realizada em bandejas plásticas com dimensões de 30,3cm x 22,1cm x 7,5cm, contendo substrato de vermiculita com granulometria super fina. As sementes foram inseridas a uma profundidade de 2 cm e as bandejas foram mantidas em câmaras de germinação do tipo BOD, com temperatura constante regulada a  $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ . O fotoperíodo utilizado foi de 12 horas. Para a manutenção da umidade do substrato, o mesmo foi umedecido semanalmente, utilizando-se uma quantidade equivalente a uma vez a sua massa (100 mL), com o auxílio de um regador manual.

As avaliações de primeira contagem e índice de velocidade de emergência (IVE) ocorreram semanalmente a partir dos 30 dias após a semeadura, considerando o surgimento do hipocótilo. Essas avaliações foram finalizadas com a estabilização da emergência de cada tratamento, que ocorreu 90 dias após a semeadura. O cálculo para o IVE seguiu a metodologia proposta por Maguire (1962), onde  $\text{IVE} = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$ , em que IVE representa o índice de velocidade de emergência, G é o número de plântulas normais computadas nas contagens e N é o número de dias decorridos desde a semeadura. A partir dos valores das plântulas normais emergidas, foi possível calcular o percentual de germinação.

### 3.3.5 Crescimento de plântulas

As avaliações do crescimento das plântulas foram realizadas após a estabilização de cada tratamento. Inicialmente, foi registrado o número de plântulas que desenvolveram um par de folhas em cada parcela experimental. Em seguida, utilizando régua, foram mensurados o comprimento da maior raiz e o comprimento da parte aérea, além do número de raízes emitidas, utilizando-se cinco plântulas por parcela experimental. As amostras avaliadas foram então colocadas em sacos de papel kraft e submetidas a estufa com circulação de ar forçado a temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$  até atingirem estabilização de peso. Posteriormente, a massa seca das amostras foi medida utilizando balança de precisão (KRZYANOWSKI, 1999).

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados dos testes foram analisados separadamente usando o teste de variância F ( $p < 0,05$ ) sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (com um nível de significância de 5%) e por regressão, utilizando os softwares SISVAR 5.6 e SigmaPlot (FERREIRA, 2011).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora tenham sido utilizados somente frutos maduros para o experimento, no momento da colheita, foram observados frutos com tamanho desuniforme, além de frutos verdes, maduros e já disseminados pelas plantas progenitoras. O sucesso da expansão da cultura em outras regiões depende do comportamento das espécies em condições edafoclimáticas distintas do local de origem. Entre os principais elementos climáticos, os mais importantes são o índice pluviométrico e a temperatura do ar, os quais têm influência no crescimento e nas fases fenológicas de espécies anuais e perenes (GRAY; BRADY, 2016).

O bioma Amazônia é caracterizado pelo clima tropical, com longos períodos chuvosos, acumulando entre 1.500 a 3.600 mm anualmente (LORENZI et al., 2004). Para atingir alta produtividade, o açaizeiro necessita de um volume superior a 2000 mm/ano bem distribuídos, principalmente nos meses que antecedem a colheita, ou não menos de 60 mm acumulados no mês. (DE OLIVEIRA; FARIAS NETO; PENA, 2007). No ano de 2020, anteriormente à colheita das sementes utilizadas na pesquisa, ocorreu um acúmulo de chuvas inferior ao adequado para a cultura (1306,6 mm/ano) no município de Santa Helena (IAT, 2022). Entretanto, observa-se ainda que, entre os meses de janeiro a junho de 2021, o volume mensal de chuvas foi satisfatório para a cultura.

O tempo térmico e a duração dos estádios fenológicos são influenciados pelo período do ano e pela temperatura do ar, que se inicia na pré-floração. Temperaturas altas reduzem o ciclo da cultura do açaí e temperaturas mais amenas aumentam o mesmo. O clima local pode ter influenciado significativamente as fenofases de floração e frutificação, bem como a qualidade fisiológica das sementes. É fundamental conhecer as exigências de tempo térmico para a fase reprodutiva, a fim de otimizar estratégias de manejo que auxiliem na tomada de decisão, levando em consideração as condições climáticas às quais a cultura pode ser submetida (SOUZA et al., 2022).

O lote apresentou massa de 1000 sementes de 725,92g e grau de umidade inicial de 31,15%. O estudo conduzido por Monteiro et al. (2018) encontrou valores de 1,11 kg e 43,22% para massa de mil sementes e grau de umidade, respectivamente, em sementes de juçara. A massa de 1000 sementes é uma variável que reflete o tamanho, a maturidade e a sanidade das mesmas (BRASIL, 2009). Condições



climáticas adversas, como deficiência hídrica durante o período de translocação e acúmulo de matéria seca, podem resultar em redução da massa das sementes e afetar significativamente o seu desempenho fisiológico (KRZYŻANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 2020).

Nota-se pelo ajuste da análise de regressão linear, que o grau de umidade das sementes diminuiu ao longo do tempo e variou de acordo com o tipo de embalagem (Figura 4), sendo que aos 80 dias de armazenamento, sementes armazenadas em saco plástico apresentaram grau de umidade mais elevado (26,51%) e as armazenadas em saco de papel kraft o menor grau de umidade (13,27%).

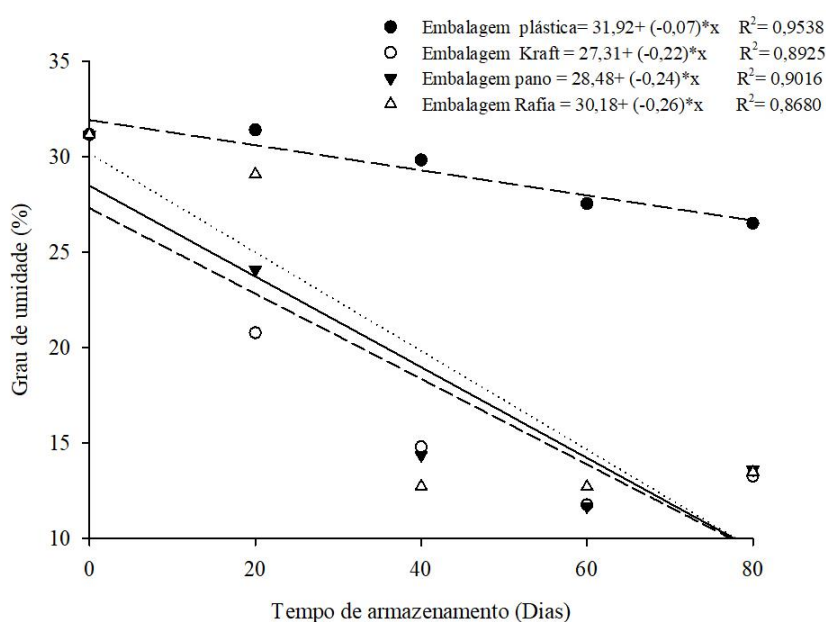


Figura 4 – Grau de umidade (%) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60, e 80 dias.

As embalagens de polietileno (plástico) atuam como barreira para a troca de gases entre as sementes e o ambiente, minimizando as perdas de água, o que explica a maior preservação do grau de umidade durante o armazenamento. De acordo com Andrade (2001), o correto armazenamento de sementes de *E. edulis* requer embalagens plásticas e ambiente com temperatura constante em torno de 20 °C. Essas condições são essenciais para evitar a desidratação e, conseqüentemente, manutenção da viabilidade das sementes por até 8 meses, dependendo da origem do lote.

Em estudo desenvolvido por Oliveira, Farias Neto e Pena (2007), sementes de açaí provenientes de frutos recém-colhidos foram submetidas a um processo de secagem à sombra durante sete dias e em seguida armazenadas em embalagem plástica em temperatura ambiente por quinze dias, resultando em um teor de umidade de 33,3%. Os autores verificaram que as embalagens plásticas garantem um nível satisfatório de umidade por um período de até 45 dias em sementes de açaí armazenadas a temperatura constante de 20 °C. Por outro lado, constatou-se que o saco de pano promove maior perda de água, independentemente da temperatura do ambiente.

Conforme demonstrado na Figura 5, os valores de condutividade elétrica ajustaram-se ao modelo de regressão polinomial cúbico em função do tempo de armazenamento. Observou-se que as sementes armazenadas em saco de pano alvejado por 40 dias apresentaram o maior valor de condutividade elétrica ( $12,03 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) quando embebidas, o qual diferiu das demais embalagens. Além disso, verificou-se que essa condição de armazenamento também resultou em maior liberação de lixiviados pelas sementes aos 60 e 80 dias ( $9,69$  e  $9,65$   $12,03 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em comparação com os outros tratamentos.

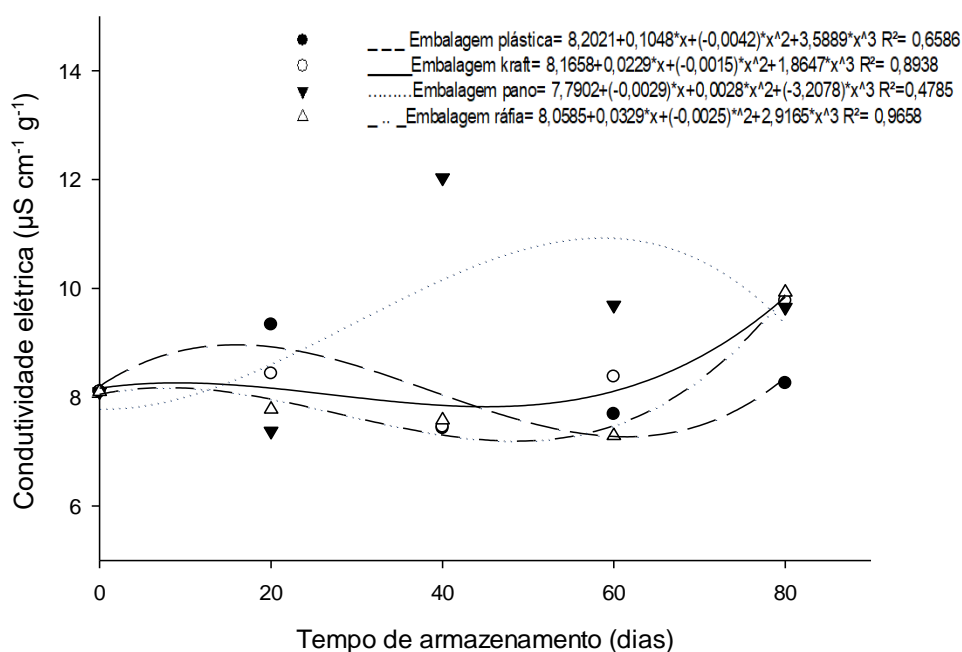


Figura 5 - Condutividade elétrica de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.

Esperava-se que o maior valor para a condutividade elétrica ocorreria em sementes armazenadas em papel kraft, devido ao fato de essa embalagem proporcionar maior perda de água durante o período de armazenamento. Foram encontrados maiores valores no grau de umidade nas amostras de sementes armazenadas em embalagem plástica, conforme evidenciado na Figura 3. No entanto, a lixiviação eletrolítica dos solutos celulares das sementes não foi diretamente proporcional ao teor de água das sementes.

Ribeiro et al. (2010) verificaram em seus estudos que sementes de *E. edulis*, armazenadas a 7°C constante, em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD), apresentaram menores valores de condutividade elétrica (18,2 e 20,2  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) quando comparadas às outras embalagens (PEBD + absorvedor de CO<sub>2</sub>, PEBD + N<sub>2</sub>, PEBD + absorvedor de CO<sub>2</sub> + N e sem embalagem), após 150 e 480 dias de armazenamento.

Levando em consideração a avaliação da viabilidade das sementes em relação à perda de água e considerando que o teste de condutividade elétrica é bastante sensível, Krzyzanowski, Vieira e França Neto (2020), sugerem a realização de uma pré-seleção das sementes, com o objetivo de eliminar aquelas que apresentem danos mecânicos ou danos causados por insetos. Uma semente com danos mecânicos pode alterar significativamente a condutividade elétrica de toda a amostra, interferindo na interpretação dos resultados.

O teste de tetrazólio realizado no estudo, não teve o intuito de classificar as sementes quanto aos danos (mecânicos, por insetos e por umidade) como nas grandes culturas, apenas serviu de ferramenta para a visualização das condições de viabilidade dos embriões (tecido vivo ou morto). No teste, foram considerados viáveis os embriões que apresentaram a porção distal uniformemente colorida em tom rosa ou vermelho brilhante.

Apenas as sementes do tratamento testemunha a zero dia de armazenamento, apresentaram 100% de viabilidade em seus embriões, seguido pelo tratamento a 20 dias de armazenamento em saco plástico, com 50%. Os tratamentos 20 dias de armazenamento em saco de rafia e 40 dias armazenados em saco plástico, respectivamente apresentaram 20% dos embriões viáveis, enquanto que os tratamentos 60 e 80 dias de armazenamento em saco plástico apresentaram 10%. Os demais tratamentos não apresentaram embriões viáveis.

Durante o teste, a maioria dos eixos embrionários de sementes armazenadas em saco de pano alvejado, saco de papel kraft e saco de rafia apresentaram aparência semelhante àquela encontrada por Lossi et al. (2016), onde no estudo, sementes de açaí com teor de água inicial de 35,6%, provenientes de frutos colhidos e despulpados uma semana antes do teste de tetrazólio, foram embaladas em bandejas e mantidas à temperatura de 20°C. Nesta condição os autores observaram que os embriões apresentaram leve murchamento e amarelamento, e posteriormente tornaram-se marrons após serem submetidos a uma solução de tetrazólio. Essa alteração indica que as condições de armazenamento das sementes contribuíram para a perda de água e conseqüente morte dos tecidos embrionários, sendo provavelmente o que ocorreu no presente estudo.

O teste de tetrazólio é eficiente para estimar rapidamente a viabilidade das sementes de açaí em comparação com o teste de germinação. No entanto, em um estudo realizado por Reis et al. (1999) utilizando sementes de *E. edulis* seccionadas longitudinalmente e submetidas ao teste de tetrazólio, foi constatado que, apesar de apresentarem coloração (indicando viabilidade) em 100%, a taxa de germinação foi de apenas 63%. Isso ocorre devido à ruptura da ligação entre o endosperma e o embrião causada pelo dessecamento da semente, o que impede a direção adequada das reservas para o processo germinativo.

O tempo de armazenamento e o tipo de embalagem influenciaram na perda de água e na viabilidade das sementes de açaí de acordo com o grau de umidade, teste de condutividade elétrica e teste de tetrazólio.

Verificou-se que o acondicionamento das sementes em embalagem plástica resultou em um maior percentual de germinação (5,4 %), aos 30 dias após a semeadura, quando comparado às demais embalagens. Isso significa que o acondicionamento em embalagem plástica favoreceu um processo de germinação mais homogêneo e acelerado.

Os valores correspondentes à primeira contagem apresentaram resposta polinomial cúbica para a embalagem plástica em função do tempo de armazenamento e para as demais embalagens resposta polinomial quadrática (Figura 6). Houve maior número de plântulas emergidas na primeira contagem de sementes armazenadas em embalagem plástica por 60 dias (5,5 plântulas), diferindo estatisticamente das demais embalagens.

O armazenamento em embalagem plástica demonstrou claramente promover a conservação das sementes por um maior período de tempo (60 dias). Isso se deve às propriedades do material da embalagem, que minimizam as trocas gasosas entre o ambiente e as sementes. O fato de ter sido observada menor quantidade de plântulas emergidas na primeira contagem nos tratamentos onde sementes foram armazenadas em embalagens plásticas por 0, 20, 40 dias, pode estar associado à lentidão e desuniformidade características dessa espécie, bem como ao fato de que a primeira contagem de plântulas ocorreu 30 dias após a semeadura, um período relativamente curto.

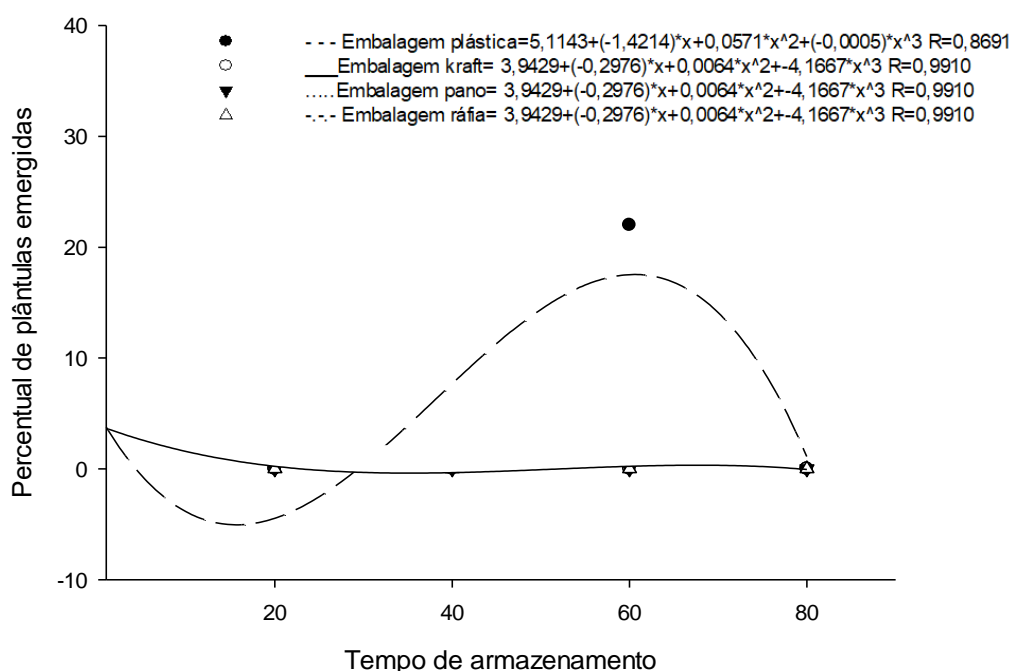


Figura 6 - Percentual de plântulas emergidas na primeira contagem de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.

Corroborando os resultados, Nodari et al. (1998) observaram tempo máximo (em dias) decorrido após os períodos de 7 e 224 dias de armazenamento de sementes de *E. edulis* em saco de polietileno, a temperatura ambiente (8 a 30 °C), para o início da germinação de propágulos viáveis em 307 e 104 dias, respectivamente. Esse resultado demonstra a desuniformidade da germinação que as sementes dessa espécie apresentam, que podem estar relacionados ao tempo e condições de armazenamento.

Observou-se que o saco plástico se destacou, apresentando índice superior (0,145) em comparação às demais embalagens, ou seja, as sementes armazenadas nesta embalagem germinaram mais rapidamente.

Ao avaliar o índice de velocidade de emergência (IVE), os dados foram ajustados a um modelo de regressão cúbica para todas as embalagens estudadas. Foi observado que as plântulas provenientes de sementes armazenadas em embalagem plástica por um período de 60 dias apresentaram média significativamente maior para esta variável (0,260), em comparação com as médias obtidas nas outras condições de armazenamento. As embalagens de pano e rafia, por outro lado, apresentaram os índices mais baixos, com valores de 0,000 já a partir dos 40 dias de armazenamento (Figura 7).

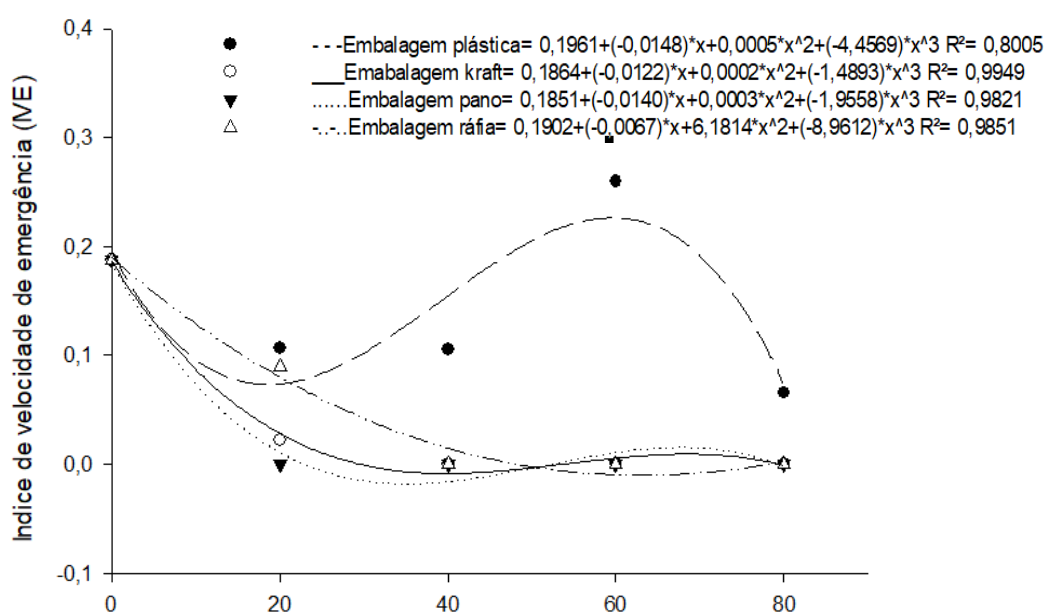


Figura 7 - Índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.

Como foi observado, o IVE não seguiu uma tendência nas médias. Era previsto que sementes armazenadas em embalagem plástica por 0 e 20 dias apresentariam velocidade maior de germinação, devido aos maiores graus de umidade (31,15% e 31,40%, respectivamente). Após 60 dias de armazenamento na mesma embalagem, o grau de umidade das sementes diminuiu para 27,53%. Embora o grau de umidade seja o fator mais crítico para a viabilidade das sementes dessa espécie, sugere-se

que o resultado possa estar relacionado às condições de sanidade, lentidão e a desuniformidade no processo germinativo (MAFRA, et al., 2011).

Seguindo tendência decrescente, Andrade e Pereira (1997) estudaram os índices de velocidade de emergência em sementes de juçara com diferentes graus de umidade. Os índices obtidos foram de 0,31, 0,13 e 0,00 para graus de umidade de 46%, 30% e 15%, respectivamente. Em um estudo posterior, Nascimento, Novembre e Cícero (2007) analisaram essa mesma variável em sementes de açaí secadas em equipamento de circulação de ar forçado ( $30 \pm 2$  °C), com graus de umidade de 30,3%, 26,1% e 21,0%, respectivamente. Verificou-se que os valores encontrados foram de 0,018, 0,016 e 0,016 para essa mesma variável. Gallardo et al. (2001), entretanto, ressalta que a secagem lenta promove maiores danos as sementes recalcitrantes que a secagem rápida. Esses resultados divergentes sugerem que os valores podem ou não seguir uma tendência.

A presença das mananas (polissacarídeos) no endosperma das sementes, serve de proteção contra impacto mecânico, confere dureza e resistência (BUCKERIDGE; DOS SANTOS; TINÉ, 2000). A dificuldade de digestão dessa substância presente nas sementes de açaí tem sido relacionada à restrição do crescimento da raiz principal, o que resulta em redução na velocidade de germinação dessa espécie, característica na qual pode explicar os resultados do presente estudo (MARCOS FILHO, 2015).

Verificou-se que as sementes armazenadas em embalagem plástica, foram superiores para a variável percentual médio de germinação, apresentando 33,2% de plântulas normais germinadas ao final da contagem.

Para o percentual médio de germinação houve ajuste polinomial cúbico em resposta ao tempo de armazenamento (Figura 8). Os resultados demonstraram diferenças nos percentuais médios de germinação durante o armazenamento das sementes. Superiores às demais condições, as sementes armazenadas em embalagem plástica apresentaram valores máximos de 38% e mínimos de 22% aos 0 e 80 dias de armazenamento, respectivamente.

O percentual aceitável de germinação para sementes de açaí varia, mas geralmente considera-se aceitável um percentual de germinação acima de 70%. No entanto, em condições ideais, é possível obter taxa de germinação de até 90% ou mais (CARVALHO et al., 1998). Embora o percentual tenha se mantido abaixo de 50%

neste estudo, os resultados indicaram que a embalagem plástica é eficiente na manutenção da viabilidade de sementes recalcitrantes durante o teste de germinação.

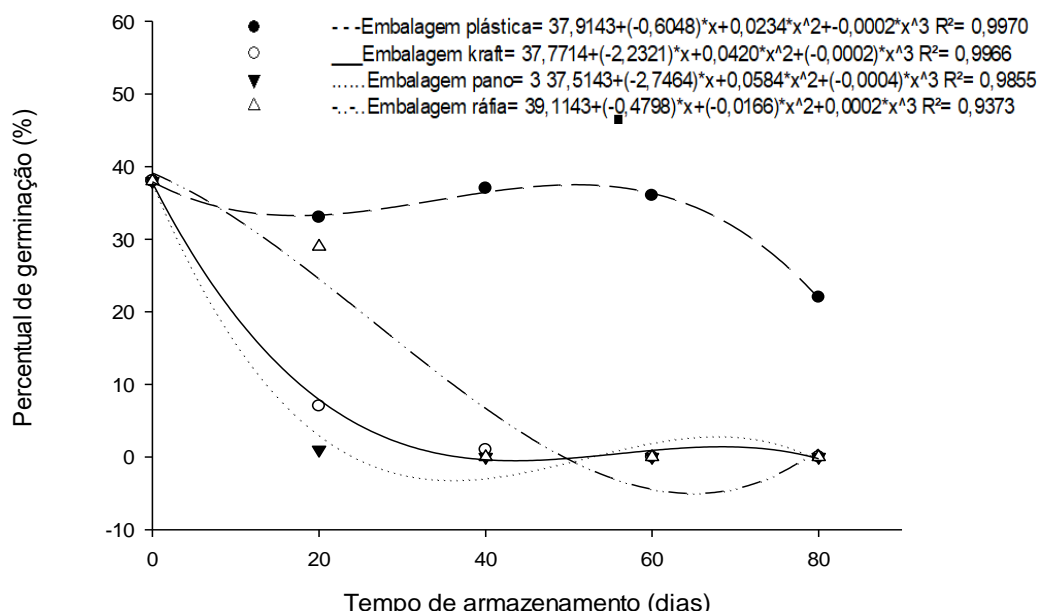


Figura 8 - Percentual médio de germinação (%) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias.

Conforme Nodari et al. (1998), o uso de embalagens herméticas, tais como as feitas de polietileno, contribui para a manutenção da umidade e, conseqüentemente, da longevidade de sementes recalcitrantes. Além disso, certos recipientes de armazenamento, como embalagens plásticas em ambientes com temperatura e umidade controladas, são capazes de retardar o processo de deterioração das sementes (LUZ; PIVETA, 2010; ALEGRETTI et al., 2015).

A desuniformidade no processo germinativo se torna mais acentuada quando os graus de umidade atingem o ponto crítico para a espécie, que é de 34 a 37%. No presente estudo, sementes de açaí com grau de umidade de 31,15% apresentaram percentual médio de germinação de 38%. Em contrapartida, Nascimento, Cicero e Novembre (2010) encontraram o percentual médio de emergência de 80% em sementes de *E. oleracea*, cujo grau de umidade apresentava 30,3%.

Martins, Nakagawa e Bovi (2009) testaram a germinação de diferentes lotes de sementes de açaí e observaram percentuais de germinação de 12,5%, 32,5% e 62,5%, com graus de umidade de 32,2%, 32,2% e 32,4%, respectivamente. Os



autores verificaram que o grau de umidade não apresentou correlação significativa com a germinação. Para Marcos Filho (2015) dentre os fatores que afetam a qualidade fisiológica das sementes estão as condições ambientais desde a floração até a colheita, como temperatura, disponibilidade de água, nutrição das plantas e condições fitossanitárias, podendo estes fatores também terem influenciado os resultados obtidos no presente estudo.

O efeito dos tipos de embalagens de armazenamento das sementes no crescimento das plântulas de açaí (NRP e NPF) foi observado e constatou-se que a embalagem plástica teve um desempenho superior. Essa embalagem resultou em um maior número de raízes por plântula e maior número de plântulas com folhas na contagem final.

Quanto ao número de raízes emitidas por plântulas, houve resposta polinomial cúbica para a análise de regressão, em função do tempo de armazenamento das sementes (Figura 9-A). Plântulas provenientes de sementes armazenadas em embalagem plástica, notadamente, apresentaram número maior de raízes (de 4 a 5,1 raízes por plântula) ao longo dos 80 dias de armazenamento, em comparação com as demais condições de armazenamento.

Ao analisar o número de plântulas que emitiram um par de folhas ao final da contagem de germinação (Figura 9-A), também ajustou-se ao modelo de regressão cúbica. Verifica-se ajuste polinomial cúbico em resposta ao tempo de armazenamento, para os tipos de embalagem. Observou-se maior número de plântulas com folhas geradas, a partir de sementes armazenadas em embalagem plástica, apresentando pontos máximos (7,5) aos 60 dias e mínimos (2) aos 80 dias de armazenamento, sendo desta forma, superiores, quando comparadas às outras condições de armazenamento.

Houve relação entre as duas variáveis, pois se visualiza que plântulas com um maior número de raízes geraram plântulas com folhas, até o momento da estabilização da germinação (Figura 9-A e 9-B). Isso indica maior qualidade fisiológica das sementes armazenadas em embalagem plástica.

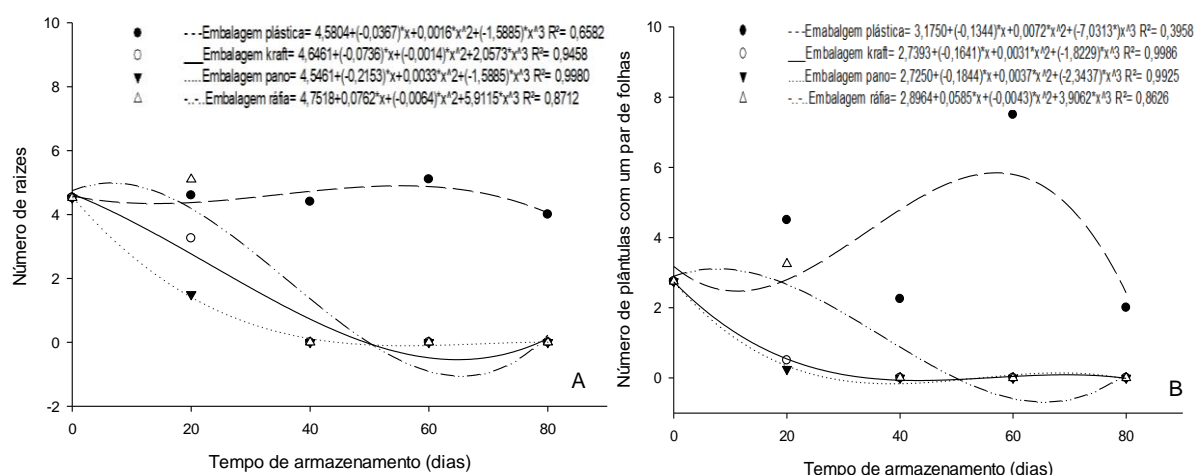


Figura 9 - Número de raízes por plântula (A) e número de plântulas com folhas (B) de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias, ao final da contagem.

É de grande importância considerar as variáveis associadas ao crescimento e à precocidade da planta quando se estuda a qualidade fisiológica das sementes. Tais relações são válidas desde o início do cultivo, permitindo a seleção antecipada de plantas com características desejáveis. Vale ressaltar que a seleção precoce resulta em ganhos genéticos consideráveis a cada ciclo, sendo essencial explorar essa possibilidade (CLEMENT; BOVI, 2000). Recomenda-se a realização de análise de crescimento em palmeiras com potencial para exploração, tanto para fins de experimentos agrônômicos quanto para critérios de seleção. De fato, a maioria dos experimentos realizados até agora têm utilizado alguma forma de análise de crescimento. No entanto, os pesquisadores costumam diferenciar características e, frequentemente, realizam as medições de formas distintas para avaliar o crescimento e a produção, o que dificulta a comparação direta dos resultados (MARTEL; CLEMENT, 1986).

Observa-se que os tipos de embalagens utilizadas para o armazenamento das sementes impactaram no comprimento da maior raiz e da parte aérea das plântulas de açaí. Foi constatado que a embalagem plástica se destacou como a melhor opção de armazenamento de sementes, proporcionando maiores comprimentos tanto para as raízes quanto para as partes aéreas das plântulas ao final da contagem.

Conforme a Figura 10, as variáveis comprimento da maior raiz e comprimento de parte aérea ajustou-se ao modelo polinomial cúbico de regressão para todas as embalagens em função dos tempos de armazenamento. Plântulas oriundas de

sementes armazenadas em embalagem plástica apresentaram comprimento da maior raiz e comprimento de parte aérea superiores às plântulas provenientes de sementes armazenadas em outras condições.

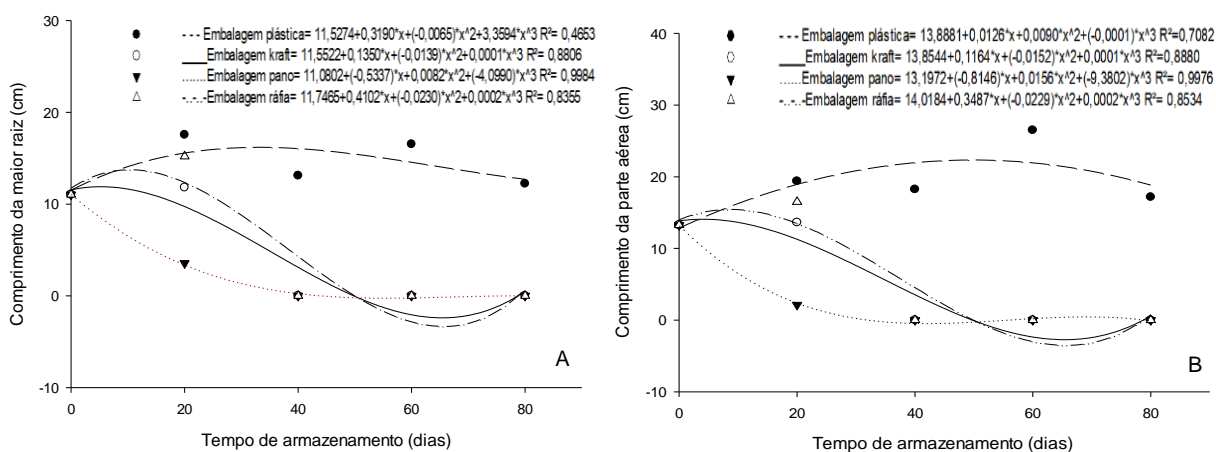


Figura 10 - Comprimento da maior raiz (A) e comprimento da parte aérea (B) de plântulas emergidas de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias, ao final da contagem.

Verifica-se, com os resultados, que não houve redução no tamanho das raízes nem da parte aérea das plântulas, ao longo do período de armazenamento. Para Krzyzanovski, Vieira e França Neto (1999), durante o processo de deterioração das sementes, um evento visualmente observável é a redução do tamanho das plântulas após a germinação, devido à peroxidação dos lipídeos, que compromete o material de reserva.

O tamanho e massa das sementes é um fator a ser considerado ao avaliar o comprimento das plântulas, uma vez que sementes maiores e mais pesadas irão gerar plântulas maiores devido à maior quantidade de reservas contidas. No entanto, é importante salientar que a quantidade de reservas do endosperma não irá interferir na porcentagem e velocidade de germinação (VALÊNCIA-DÍAS et al., 2015; DA SILVA et al., 2017).

A embalagem plástica se mostrou superior às demais embalagens, uma vez que resultou em maiores valores de massa das raízes e da parte aérea, ao final da contagem.

Para as variáveis massa seca de raízes e massa seca da parte aérea, houve ajustes polinomiais cúbicos em função do tempo de armazenamento, para as

diferentes embalagens testadas. Novamente, sementes armazenadas em embalagem plástica resultaram em maiores massas de massa seca de plântulas (raiz e parte aérea), ao longo do período avaliado, conforme demonstrado na Figura 11. Observe-se que pontos máximos e mínimos para essa embalagem durante o armazenamento foram superiores, em comparação com as outras formas de armazenamento.

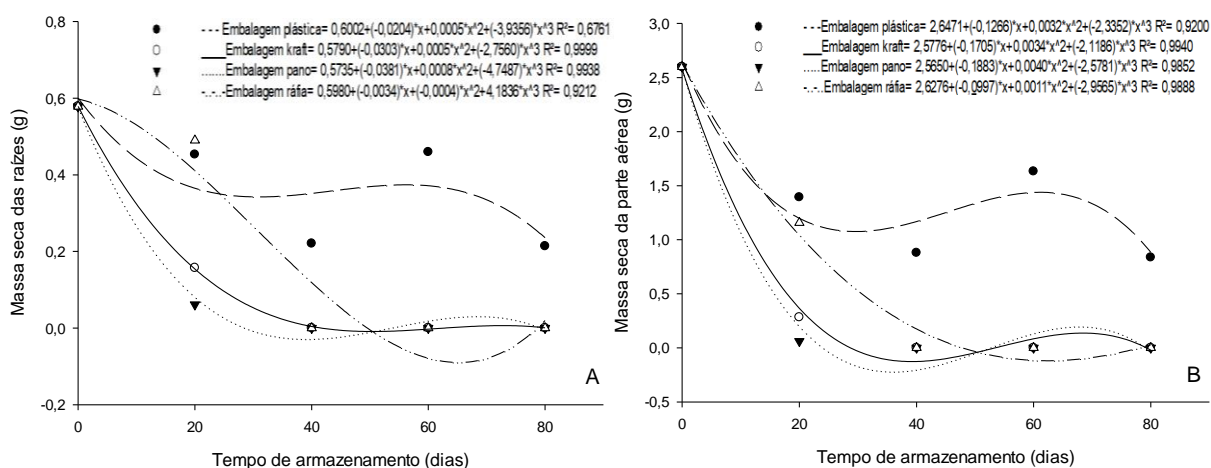


Figura 11 - Massa seca das raízes (A) e massa seca da parte aérea (B) de plântulas emergidas de sementes armazenadas em saco plástico, saco de papel kraft, saco de pano alvejado e saco de rafia por 0, 20, 40, 60 e 80 dias, ao final da contagem.

As variáveis de massa seca das raízes e de parte aéreas das plântulas apresentaram comportamento semelhante em relação aos pontos máximos, mínimos e a distribuição ao longo do período de armazenamento em embalagem plástica (Figuras 10-A e 10-B). Esperava-se uma tendência decrescente para essas variáveis, pois, como as sementes são recalcitrantes, não possuem mecanismos de reparo aos danos causado pela dessecação, resultando na redução das taxas de crescimento e desenvolvimento de plântulas.

A determinação da massa seca é uma maneira de avaliar o crescimento de plântulas, pela transferência de reservas do endosperma da semente para o eixo embrionário. No entanto, o teste de massa seca não pode ser utilizado isoladamente para determinar o vigor de um lote, ele deve estar associado ao teste de germinação, pois, é possível que alguns tratamentos demonstrem valores elevados de massa seca das plântulas, mesmo com baixa taxa de germinação. Estes não podem ser considerados de maior vigor (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010). No presente trabalho, ao avaliar o vigor das sementes através da análise do

crescimento das plântulas (massa seca da raiz e parte aérea) em conjunto com o percentual médio de germinação, constatou-se que o tratamento controle (0 dias de armazenamento) apresentou os resultados mais satisfatórios, indicando maior vigor.

Ademais, as embalagens de pano, kraft e rafia, condicionaram a maiores perdas de água pelas sementes, que conseqüentemente levaram à degradação mais rápida do material propagativo. A dessecação crítica das sementes prejudicou a embebição, pois a entrada de água induz as atividades enzimáticas e de hormônios de digestão das reservas, como lipases, proteases e amilases (MAFRA et al., 2011). Durante a embebição das sementes (as mais deterioradas) armazenadas nessas embalagens (pano, kraft e rafia), ocorreu a liberação de exsudatos que acabaram estimulando o desenvolvimento de microrganismos e conseqüentemente inviabilizando a germinação.

Os fungos de armazenamento *Aspergillus sp.* e *Penicillium sp.*, quando encontram teores baixos de água nas sementes, possuem a capacidade de se desenvolver sem a presença de água livre, em especial aquelas com umidade entre 21% e 26%. No entanto, sementes com grau de umidade de 15% apresentaram um aumento expressivo na incidência de *Penicillium sp.* e *Aspergillus sp.* após 180 dias de armazenamento a 20 °C (NASCIMENTO; MORAES, 2011).

Verificou-se que o acondicionamento das sementes em embalagem plástica resultou em um maior percentual médio de germinação, maior índice de velocidade de germinação, maior número de sementes germinadas na primeira contagem, maior número de raízes por plântula, maior número de plântulas com a presença de folhas no final da contagem, plântulas superiores em comprimento da maior raiz, parte aérea e massa seca, em relação as demais embalagens.

## **6 CONCLUSÕES**

O armazenamento de sementes em saco plástico por até 60 dias é o mais adequado, em condições ambientais controladas.

As embalagens de kraft, pano e rafia são as menos indicadas para o armazenamento de sementes, pois resultam em maiores perdas de água e anulam a germinação aos 40 dias de armazenamento.

## REFERÊNCIAS

- ABBADE, L. C.; TAKAKI, M. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith-Bignoniaceae, submetidas ao armazenamento. **Revista Árvore**, v. 38, p. 233-240, 2014.
- ALEGRETTI, A.L. et al. Armazenamento de sementes de cerejas-do-mato (*Eugenia involucrata*) DC. submetidas ao recobrimento com biofilmes e embalagem a vácuo. **Revista Ceres**, v.62, p.124-127, 2015.
- ALMEIDA, A. da S. et al. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 6, pág. 40985-40992, 2020.
- ALVAREZ, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, I. P. et al. Análise comparativa das taxas de deterioração de sementes ortodoxas de *Erythrina speciosa* e recalcitrantes de *Eugenia spp.* **Iheringia, Série Botânica**, v.76, n.1, p.1-10, 2021.
- ANDRADE, A. C. S. de; PEREIRA, T. S. Comportamento de armazenamento de sementes de palmitero (*Euterpe edulis Mart.*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 10, p. 987-991, 1997.
- ANDRADE, A. C. S. The effect of moisture content and temperature on the longevity of heart of palm seeds (*Euterpe edulis M.*). **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 171-182, Jan. 2001.
- Association of Official Seed Analysts [AOSA]. 1983. **Seed Vigor Testing Handbook**. AOSA, Ithaca, NY, USA. (Contribution to the Handbook on Seed Testing, 32).
- AZARKOVICH, M. I. Dehydrins in orthodox and recalcitrant seeds. **Russian journal of plant physiology**, v. 67, p. 221-230, 2020.
- BEZERRA, V. S. et al. Açaí: produção de frutos, mercado e consumo. In: Jornada Científica da Embrapa Amapá, 2., 2016, Macapá. **Resumos Macapá: Embrapa Amapá**, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.
- BROWN, R.F.; MAYER, D.G. A critical analysis of Maguire's germination rate index. **Journal of Seed Technology**, v.10, n.2, p.101-110, 1986.
- BUCKERIDGE, M. S.; DOS SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. Mobilisation of storage cell wall polysaccharides in seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 38, n. 1–2, p. 141–156, 2000.

CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. da S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 272-278, 2012.

CARVALHO, A.V. et al. Chemical composition and antioxidant capacity of açai (*Euterpe oleracea*) genotypes and commercial pulps. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 5, p. 1467-1474, 2017.

CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. Inovações tecnológicas na propagação do Açazeiro e do Bacurizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. e-121, 2018.

CARVALHO, J.E.U. et al. **Características físicas e de germinação de sementes de espécies frutíferas nativas da Amazônia**. Boletim de Pesquisa 203: 1-18p. Belém: Embrapa-CPATU, 1998.

CEDRIM, P.C.A.S.; BARROS, E.M.A.; NASCIMENTO, T.G. do. Propriedades antioxidantes do açai (*Euterpe oleracea*) na síndrome metabólica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-12, 2018.

CENEDESE, J. M., et al. Diversidade de fruteiras nativas em propriedades rurais da bacia hidrográfica Paraná 3. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.5, p. 39152-39173, 2022.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta amazônica**, v. 30, p. 349-349, 2000.

CLOBERT J. et al. **Dispersal ecology and evolution**. Oxford: Oxford University Press. 449 p. 2012.

CONAB. Açai - análise mensal – Dezembro 2020. **Boletim**. 2021.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. de L.; PEREIRA, B. L. C. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade de sementes de *Melanoxylon brauna* Schot. **Cerne**, v. 16, p. 415-421, 2010.

CUNHA, M. do C. L. et al. Teor de umidade e perda de viabilidade de sementes de *Cynophalla flexuosa* (L) J. Presl. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 2, p. 575-581, 2019.

DELOUCHE, J. C. Germination of Kentucky bluegrass harvested at different stages of maturity. In: **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**. Society of Commercial Seed Technologists (SCST), Association of Official Seed Analysts, 1958. p. 81-84.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science & Technology**, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.



EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa/Solos, 2018. 306 p.

FARIAS, L. J. G. de. et al. *Euterpe oleracea* Açai. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico ou Atual Potencial. Plantas para o Futuro – Região Norte. Brasília: MMA, 2022. Cap. 5, p. 793-802.

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

FLORA DO BRASIL. *Euterpe* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=BBB9460F244F72A651033C3D8B1B8013>>. Acesso em: 24 out. 2022.

FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. **A importância do uso de semente de soja de alta qualidade**. 2010.

FRANÇA-NETO, J. de B. et al. **Metodologia do teste de tetrazólio em semente de soja**. 2018.

GALLARDO, K. et al. Metodologias para a secagem de sementes recalcitrantes. Revista Brasileira de Sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 38-45, 2001.

GARCIA, C. et al. Conservação da viabilidade e vigor de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 857-867, 2014.

GREY, S. B.; BRADY, S. M. Plant developmental responses to climate change. **Developmental biology**, v. 419, n. 1, p. 64-77, 2016.

GUARDIA, Marina Crestana et al. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand (Myrtaceae). **Hoehnea**, v. 47, 2020.

GUEDES, R. S. et al. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 68-75, 2012.

GUOLLO, K. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. In: **Colóquio Agrariae**. ISSN: 1809-8215 . 2017.

HARRINGTON, J. F. Practical advice and instructions on seed storage. Proceeding International Seed Testing Association. **Zurique**. v. 28, p. 989-804, 1963.

HENNING, F. A. et al. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v. 69, p. 727-734, 2010.

IAT (Instituto Terra e Água). Solos – Estado do Paraná. Disponível em: [https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/mapa\\_solos.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mapa_solos.pdf). Acesso em: 2 de set. 2023.

IBGE. Sidra: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 18 out. 2022.

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR). Atlas climático do estado do Paraná. Londrina (PR): Instituto Agrônomo do Paraná. Disponível em: <<https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>>. Acesso em: 2 de ago. 2023.

IOSSI, E. et al. Chemical composition, embryo anatomy and viability by tetrazolium test of pyrenes of *Euterpe edulis* Mart. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v.11, n.4, p.310-316, 2016.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KING, M.W.; ROBERTS, E.H. A strategy for future research into the storage of recalcitrant seeds. In: CHIN, H.F.; ROBERTS, E.H. (Ed.) **Recalcitrant crop seeds**. Kuala Lumpur: Tropical Press, 1980. cap.5, p.90-110.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.

KRZYZANOVSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1. ed. Londrina: ABRATES, 2020.

LIMA, J. M. E. Caracterização morfológica e fisiológica das sementes de Paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) e Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. 168p.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Ed. Plantarum. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.

LUZ, P. B.; PIVETTA, K. F. L. Armazenamento de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* H. Wendl. & Drude (PALMEIRA REAL AUSTRALIANA). **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 4, p. 349-354, 2010.

MAFFRA, C. R. et al. Caracterização física e os efeitos da pré-embebição em água na germinação de sementes de *Trichilia clausenii* C. DC. (Meliaceae). **Enciclopedia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. ABRATES: Londrina, 2015. 659. p.

MARTEL, J. H. I.; CLEMENT, C. R. Comparação preliminar da área foliar de três acessos depupunha (*Bactris gasipaes*) oriundos de três populações distintas da Amazônia Ocidental. **Acta Amazônica**, v. 16, n. 1, p. 13-18, 1986.

MARTINS, C. C. NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Secagem e armazenamento de sementes se Juçara. **R. Árvore**, v.33, n.4, p.635-642, 2009.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de açaí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 231-235, 2009.

MESQUITA S. O. et al. Influência do tamanho da semente na germinação e vigor de plântulas de populações de Camu-Camu. **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 2, p. 119-125, 2017.

MONTEIRO, A. F. et al. High concentration and yield production of mannose from açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds via mannanase-catalyzed hydrolysis. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019.

MONTEIRO, C. B. et al. Efeito da despolpa dos frutos na emergência e no crescimento inicial de *Euterpe edulis* Martius. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

MOUSSA, B. et al. The economic impact of cowpea research in West and Central Africa: A regional impact assessment of improved cowpea storage technologies. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.47, p.147-156, 2011.

NASCIMENTO, O. do.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 415-425, 2011.

NASCIMENTO, W. M. O. do; OLIVEIRA, M. S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de. **Produção de mudas de açaizeiro a partir de perfis**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 231).

NASCIMENTO, W. M. O. do.; CICERO, S. M.; NOVENBRE, A. D. da L. C. Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2010.

NASCIMENTO, W. M. O. do; NOVENBRE, A. D. da L. C.; CICERO, S. M. Conseqüências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 38-43, 2007.

NASCIMENTO, W. M. O. do; SILVA, W. R. da. Comportamento fisiológico de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas à desidratação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 349-351, 2005.

NERY, M. C. et al. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 477- 483, 2014.

NEVES, C. S. V. J. Sementes Recalcitrantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 1.459-1.467, 1994.

NEVES, L. T. B. C. et al. Qualidade de frutos processados artesanalmente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 729-738, 2015.

NODARI, R. O. et al. Conservação de frutos e sementes de palmito (*Euterpe edulis* Martius) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista árvore**, v. 22, n. 1, p. 1-10, 1998.

OLIVEIRA, G. R. F. et al. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 4, p. 439-448, 2016.

OLIVEIRA, J. F. et al. Análises físico-química e microbiológica de palmito em conserva do tipo Açaí (*Euterpe oleracea*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 11, n. 1, p. 8-18, 2017.

OLIVEIRA, L. M. de et al. Metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 468-474, 2014.

OLIVEIRA, M do S. P. de. **Biologia floral do açaizeiro em Belém, PA. 8. Belém: Embrapa Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

OLIVEIRA, M. do S. P. de. FARIAS NETO, J. T. de.; SILVA, P. R. da. Açaí: técnicas de cultivo e processamento. **CEP**, v. 60, pág. 002, 2007.

OLIVEIRA, M. do S. P. de.; MOCHIUTTI, S.; FARIAS NETO, J. T. de. Domesticação e melhoramento do açaizeiro. In: **Embrapa Amapá-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: BOREM, A.; LOPES, MTG; CLEMENT, CR (Ed.). Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 207-235., 2009.

PORTINHO, J. A.; ZIMMERMANN, L. M.; BRUCK, M. R. Efeitos benéficos do açaí. **International Journal of Nutrology**, v. 5, n. 1, p. 015-020, 2012.

PORTO, A. H. et al. Formas de Armazenamento de Sementes de Araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) cv. YA-CY. In: **Colloquium Agrariae**. v. 14, n.1, p.26-34., 2018.

QUEIROZ, J. A. L. de.; MOCHIUTTI, S. **Cultivo de açaizeiros e manejo de açaizais para a produção de frutos**. Macapá: Embrapa Amapá, 2001 (Embrapa Amapá. Documentos, 30).

QUEIROZ, J.A.L.de; MOCHIUTTI, S.; BIANCHETTI, A. **Produção de mudas de açaí**. Macapá: Embrapa Amapá, 2001. (Embrapa Amapá. Comunicado Técnico, 54).

RAMBO, M. K. D.; SCHMIDT, F. L.; FERREIRA, M. M. C. Analysis of the lignocellulosic components of biomass residues for biorefinery opportunities. **Talanta**, v. 144, p. 696–703, 2015.

REIS, A. et al. Efeito de diferentes níveis de dessecação na germinação de sementes de *Euterpe edulis Martius* - Arecaceae. **INSULA Revista de Botânica**, v. 28, p. 31-31, 1999.

RIBEIRO, M. dos S. et al. Armazenamento de sementes de palmitero sob atmosfera modificada. **Bragantia**, v. 69, p. 989-994, 2010.

SANCHES, A. G. et al. Germinação e sanidade de sementes de Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) tratadas com fungicidas. **Holos**, v. 31, n. 8, p. 87-97, 2015.

SCHUCH, L. O. B. et al. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 144-149, 2009.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 144-149, 2009.

SILVA, A. da C. D. da, et al. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 151-156, 2017.

SILVA, B. A. da. et al. Critérios para condução do teste de tetrazólio em sementes de araucária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 51, p. 61-68, 2016.

SILVA, L. L. et al. Escarificação de sementes para desenvolvimento em plântulas de açaizeiro. **Revista Agroambiente**, v. 9, n. 1, p. 72-78, 2015.

SILVA, M. M. da. et al. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão-comum produzidas no norte de Minas Gerais. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 97-103, 2014.

SMIDERLE, O. J. et al. Açaí seedling production: effect of substrates and seeds size on germination and growth of seedlings. **Journal of advances in agriculture**, v. 4, n. 2, p. 316-323, 2015.

SOUSA, D. de P. et al. Acai palm base temperatures and thermal time requirements in eastern Amazon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, p. e 01667, 2022.

SOUZA, P. A. de. et al. Efeito da reidratação na germinação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 2, p. 286-291, 2018.

STEFFENS, C. A. et al. Armazenamento de sementes de palmito sob atmosfera modificada. **Bragantia**, v. 69, p. 989-994, 2010.

VALENCIA-DÍAZ, S. et al. How does the presence of endosperm affect seed size and germination. **Botanical Sciences**, v. 93, n. 4, p. 783-789, 2015.

VENTURIERI, G.C. et al. Plano de manejo para os polinizadores do açaizeiro *Euterpe oleracea* (Arecaceae). In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P.E.; GAGLIANONE, M.C. (eds). Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo. Rio de Janeiro: FUNBIO, 2014. Cap.6. pág. 97- 129.

VIANNA, S. A. ***Euterpe* in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:< <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15713>>. Acesso em: 18 out. 2022.

VILLACHICA, H. et al. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. Lima: Tratado de Cooperacion Amazonica. **Secretaria Pro-tempore**, 1996. 367p.

WAGNER JÚNIOR, A. et al. Conservação de sementes nos frutos de pitangueira: estágio de maturação, embalagem alternativa e períodos de armazenamento. **Acta Iguazu**, v. 9, n. 3, pág. 1-8, 2020.

WALTERS, C. Orthodoxy, recalcitrance and in-between: Describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss. **Planta**, v.242, p.397-406, 2015.