



BEATRIZ SOUSA BARBOSA

**MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS
ASSOCIADOS À GERMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE
SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman
(ARECACEAE)**

LAVRAS – MG

2026

BEATRIZ SOUSA BARBOSA

**MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS
ASSOCIADOS À GERMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE
SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman
(ARECACEAE)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria

Coorientador

LAVRAS – MG

2026

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Barbosa, Beatriz Sousa .

Mecanismos fisiológicos e bioquímicos associados à germinação e conservação de
sementes de *Syagrus romanzoffiana* (cham.) glassman (arecaceae) / Beatriz Sousa
Barbosa. - 2026.

87 p. : il.

Orientador: Anderson Cleiton José

Coorientador: José Marcio Rocha Faria

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2026.

Bibliografia.

1. Sementes. 2. Dormência. 3. Conservação. I. José , Anderson Cleiton . II. Faria,
José Marcio Rocha . III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

BEATRIZ SOUSA BARBOSA

**MECANISMOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS ASSOCIADOS À
GERMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana*
(Cham.) Glassman (ARECACEAE)**

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL MECHANISMS ASSOCIATED
WITH THE GERMINATION AND CONSERVATION OF SEEDS OF *Syagrus*
romanzoffiana (Cham.) Glassman (ARECACEAE)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 06 de março de 2026.

Dr. Anderson Cleiton José (UFLA)

Dr. (a) Marília Shibata (UFPel)

Dr. (a) Luciana Magda de Oliveira (UDESC)

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON CLEITON JOSE**
Data: 24/03/2026 08:55:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

LAVRAS – MG

2026

A Deus, pela força em todos os momentos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força em todos os momentos.

À TODA minha família, pelo apoio incondicional sempre.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Ciências Florestais (DCF) e ao Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar o mestrado, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela contribuição financeira e incentivo à pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Anderson Cleiton José, e a meu coorientador, Dr. José Marcio Rocha Faria, pela orientação, confiança e conhecimentos transmitidos durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

À banca avaliadora, sei que vão contribuir imensamente para a melhoria desse trabalho.

À equipe do Laboratório de Sementes Florestais, pelo suporte na realização da minha pesquisa, em especial à Dra. Olívia Tonetti, pelo suporte e pelos ensinamentos repassados. Ao Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) do Departamento de Agricultura (DAG) em especial à Jaqueline e Geraldo, e ao Laboratório de Cultivo In Vitro de Espécies Florestais, em especial a Carolina Barroco pela ajuda e disponibilidade durante a condução dos experimentos.

A todos os colegas e amigos que ajudaram a “quebrar cocos”.

Ao Viveiro Florestal da UFLA, em especial ao Adriano, Zé Pedro e Jorge, que foram essenciais em algumas etapas desta pesquisa.

À minha família de Lavras, Adriene Bastos e Mayara Lima, por toda paciência, troca de experiências e momentos incríveis durante minha passagem por Lavras.

Às minhas amigas de sempre Juliana, Lohana e Camila, por existirem na minha vida.

A todos os professores, pela contribuição na profissional que estou me tornando, aos amigos que fiz durante a realização do mestrado, e a todos que mesmo não mencionados aqui, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

“Seja forte e corajoso!

Não se apavore nem desanime, pois, o Senhor,
o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

Josué 1:9

RESUMO

Syagrus romanzoffiana é uma palmeira nativa amplamente distribuída no Brasil e reconhecida por sua importância ecológica, econômica e paisagística. Apesar de seu elevado potencial para restauração de áreas degradadas e uso ornamental, a espécie apresenta baixa taxa e velocidade de germinação, o que limita a propagação por sementes e dificulta a produção de mudas. Diante disso, o presente estudo foi estruturado em três artigos com o objetivo de compreender os mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos na germinação e conservação das sementes. No primeiro artigo, investigou-se a presença de substâncias inibidoras da germinação em extratos de sementes e endocarpos da espécie. Bioensaios foram realizados com sementes de alface (*Lactuca sativa*), submetidas a extratos aquosos e hidroalcoólicos em diferentes concentrações, além da quantificação de compostos fenólicos presentes em extratos de endocarpo e endosperma. Os resultados indicaram que os extratos aquosos não afetaram significativamente a germinação, porém reduziram o crescimento radicular, evidenciando atividade alelopática. Em contrapartida, os extratos hidroalcoólicos inibiram completamente a germinação em todas as concentrações testadas, sugerindo a presença de compostos inibidores solúveis em álcool. A detecção de compostos fenólicos nesses tecidos reforça a hipótese da atuação dessas substâncias como agentes inibitórios, sendo recomendada a identificação de outros compostos envolvidos. No segundo artigo, avaliou-se o papel de reguladores de crescimento promotores e inibidores da germinação em sementes submetidas ou não ao armazenamento. As sementes foram tratadas com ácido giberélico (GA₃), fluridone e a combinação de ambos. Parte das sementes foi submetida ao teste de germinação após o tratamento, enquanto outra parte foi armazenada por 90 dias em freezer e, posteriormente, avaliada quanto à germinação e viabilidade por meio do teste de tetrazólio. Os resultados demonstraram que o armazenamento comprometeu severamente a viabilidade das sementes, e que os tratamentos com GA₃, isolados ou combinados, não promoveram melhorias significativas no desempenho germinativo. O elevado número de plântulas anormais e a baixa velocidade de germinação evidenciam as limitações no uso de sementes armazenadas. No terceiro artigo, avaliou-se a influência do armazenamento em diferentes ambientes na qualidade fisiológica das sementes. Pirênios foram coletados e armazenados em sala climatizada, câmara fria e freezer, considerando sementes recém-colhidas e sementes secadas até 5% de conteúdo de água. Foram analisados parâmetros de germinação e atividade enzimática (SOD, CAT, POX e EST). A interação entre teor de água e ambiente mostrou-se determinante para a conservação. A câmara fria destacou-se como a condição mais eficiente para ambos os teores de água, preservando germinação e vigor, enquanto condições inadequadas resultaram em perda da capacidade germinativa. As análises enzimáticas indicaram manutenção da atividade antioxidante de SOD e CAT, com redução de POX e EST em alguns tratamentos, sugerindo estresse oxidativo moderado. Conclui-se que a baixa germinação de *Syagrus romanzoffiana* está associada à presença de compostos inibitórios, à limitada resposta a reguladores de crescimento e à sensibilidade ao armazenamento. Dessa forma, recomenda-se o uso de sementes recém-coletadas e o desenvolvimento de estratégias mais eficientes para superação da dormência e conservação.

Palavras-chave: Conservação de sementes; Germinação; Dormência; Palmeiras; Estresse oxidativo.

ABSTRACT

Syagrus romanzoffiana is a palm species widely distributed in Brazil and recognized for its ecological, economic, and landscaping importance. Despite its high potential for the restoration of degraded areas and ornamental use, the species exhibits low germination rate and speed, which limits seed propagation and hinders seedling production. Therefore, this study was structured into three articles with the aim of understanding the physiological and biochemical mechanisms involved in seed germination and conservation. In the first article, the presence of germination-inhibiting substances in extracts from seeds and endocarps of the species was investigated. Bioassays were conducted using lettuce (*Lactuca sativa*) seeds subjected to aqueous and hydroalcoholic extracts at different concentrations, along with the quantification of phenolic compounds present in endocarp and endosperm extracts. The results indicated that aqueous extracts did not significantly affect germination but reduced root growth, evidencing allelopathic activity. In contrast, hydroalcoholic extracts completely inhibited germination at all tested concentrations, suggesting the presence of alcohol-soluble inhibitory compounds. The detection of phenolic compounds in these tissues reinforces the hypothesis that these substances act as inhibitory agents, and further identification of other compounds involved is recommended. In the second article, the role of germination-promoting and inhibiting growth regulators was evaluated in seeds subjected or not to storage. The seeds were treated with gibberellic acid (GA₃), fluridone, and their combination. Part of the seeds was subjected to germination tests after treatment, while another portion was stored for 90 days in a freezer and subsequently evaluated for germination and viability using the tetrazolium test. The results demonstrated that storage severely compromised seed viability and that treatments with GA₃, alone or in combination, did not promote significant improvements in germination performance. The high number of abnormal seedlings and the low germination speed highlight the limitations of using stored seeds. In the third article, the influence of storage under different conditions on the physiological quality of the seeds was evaluated. Pyrenes were collected and stored under controlled room conditions, in a cold chamber, and in a freezer, considering both freshly harvested seeds and seeds dried to 5% moisture content. Germination parameters and enzymatic activity (SOD, CAT, POX, and EST) were analyzed. The interaction between moisture content and storage environment proved to be decisive for conservation. The cold chamber stood out as the most efficient condition for both moisture levels, preserving germination and vigor, while inadequate conditions resulted in loss of germination capacity. Enzymatic analyses indicated maintenance of antioxidant activity of SOD and CAT, with reductions in POX and EST in some treatments, suggesting moderate oxidative stress. It is concluded that the low germination of *Syagrus romanzoffiana* is associated with the presence of inhibitory compounds, limited responsiveness to growth regulators, and sensitivity to storage. Therefore, the use of freshly collected seeds is recommended, along with the development of more efficient strategies to overcome dormancy and improve seed conservation.

Keywords: Seed conservation; Germination; Dormancy; Palms; Oxidative stress.

INDICADORES DE IMPACTO

A pesquisa desenvolvida sobre a germinação e conservação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* apresenta impactos relevantes de caráter social, ambiental, tecnológico e científico. Do ponto de vista ambiental, os resultados contribuem para a conservação de uma espécie nativa de ampla distribuição no Brasil e de reconhecida importância ecológica, ampliando o conhecimento sobre os fatores fisiológicos e bioquímicos que afetam sua germinação e oferecendo subsídios para estratégias de conservação *ex situ* e programas de restauração ecológica. No âmbito tecnológico e produtivo, o trabalho gera informações aplicáveis à produção de mudas em viveiros florestais e paisagísticos, orientando práticas relacionadas ao uso de sementes recém-coletadas, ao manejo do teor de água e às condições de armazenamento mais adequadas, o que pode reduzir custos de produção e aumentar a eficiência no fornecimento de mudas. Socialmente, os resultados alcançados favorecem comunidades, agricultores, gestores ambientais e viveiristas que dependem de espécies nativas para recomposição florestal, recuperação de áreas degradadas e paisagismo, impactando diretamente grupos populacionais vinculados à agricultura familiar e à conservação ambiental. Culturalmente, a valorização de espécies nativas como o jerivá reforça práticas de uso sustentável da biodiversidade.

IMPACT INDICATORS

The research conducted on the germination and conservation of *Syagrus romanzoffiana* seeds presents relevant impacts of a social, environmental, technological, and scientific nature. From an environmental perspective, the results contribute to the conservation of a native species with wide distribution in Brazil and recognized ecological importance, expanding knowledge on the physiological and biochemical factors that affect its germination and providing support for ex situ conservation strategies and ecological restoration programs. In the technological and productive context, the study generates information applicable to seedling production in forest and ornamental nurseries, guiding practices related to the use of freshly collected seeds, water content management, and the most suitable storage conditions, which may reduce production costs and increase efficiency in seedling supply. Socially, the results benefit communities, farmers, environmental managers, and nursery producers who depend on native species for forest restoration, recovery of degraded areas, and landscaping, directly impacting population groups linked to family farming and environmental conservation. Culturally, the appreciation of native species such as jerivá reinforces practices of sustainable use of biodiversity.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	13
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Descrição e potencialidades de <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman.....	14
2.2 Germinação	15
2.3 Dormência.....	17
2.4 Alelopatia.....	19
2.5 Qualidade fisiológica de sementes.....	20
REFERÊNCIAS	22
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	32
ARTIGO 1 - CONSERVAÇÃO <i>EX SITU</i> E DORMÊNCIA EM PIRÊNIOS DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
2.1 Local de coleta e de realização do experimento	35
2.2 Conteúdo de água e teste de germinação	35
2.3 Curva de embebição.....	35
2.4 Tratamentos pré-germinativos e armazenamento das sementes	36
2.5 Análise de dados	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	45
ARTIGO 2 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ALELOPÁTICOS DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman NA GERMINAÇÃO DE <i>Lactuca sativa</i>	51
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.1 Local de coleta e de realização do experimento	54
2.2 Bioensaio	54
2.4 Quantificação de compostos fenólicos totais.....	55
2.5 Análises estatísticas	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	63

ARTIGO 3 – ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES ARMazenadas DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	69
1 INTRODUÇÃO	71
2 MATERIAL E MÉTODOS	72
2.1 Coleta e armazenamento dos pirênios	72
2.2 Teste de germinação	73
2.3 Eletroforese dos perfis isoenzimáticos.....	74
2.4 Análise de dados	74
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIA	83

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Após a dispersão, fatores intrínsecos e ambientais influenciam diretamente a longevidade e a germinação das sementes (Bewley *et al.*, 2013). O conhecimento relacionado à germinação e ao armazenamento de espécies florestais, é essencial para o avanço das técnicas de conservação e para o sucesso de programas de restauração (Costa *et al.*, 2016; Kildisheva *et al.*, 2019).

A conservação eficiente de uma espécie depende da avaliação de seus requisitos germinativos e da determinação de sua categoria de comportamento frente ao armazenamento (Hong; Ellis, 1996). Sendo o conhecimento sobre a fisiologia da semente e da germinação é necessário para o desenvolvimento de tecnologias projetadas para sua produção e conservação.

A espécie *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae), conhecida como jerivá, é uma palmeira nativa da América do Sul (Falasca *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2019). No Brasil, destaca-se pelo uso ornamental no paisagismo, devido à beleza e baixa exigência de manejo (Lorenzi, 2002; Santos; Salomão, 2017), além de sua aplicação em projetos de recuperação de áreas degradadas (Salm *et al.*, 2005). Sua propagação ocorre por sementes e, assim como em outras palmeiras, apresenta germinação baixa e lenta (Broschat, 1994; Goudel *et al.*, 2013), geralmente associada à presença de dormência (Baskin; Baskin, 2014; Almeida *et al.*, 2018).

A dormência, embora seja uma estratégia adaptativa que evita a germinação simultânea em condições adversas, pode limitar a produção de mudas (Araujo *et al.*, 2018; Corrêa *et al.*, 2022). Entre suas causas está a presença de substâncias inibidoras, os aleloquímicos, geralmente metabólitos secundários como fenólicos, alcaloides e terpenoides (Batish *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009). No caso de *S. romanzoffiana*, além da possível ação desses compostos, a germinação tende a reduzir drasticamente após o armazenamento (Goudel *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015). A conservação *ex situ* de sementes de palmeiras, de modo geral, é dificultada pela perda de viabilidade ao longo do tempo (Beltrame *et al.*, 2018).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivos avaliar o efeito de inibidores e promotores da germinação em sementes de *Syagrus romanzoffiana*, verificar a influência do armazenamento em diferentes ambientes sobre sua qualidade fisiológica e

investigar a presença de substâncias inibidoras da germinação em extratos de sementes e endocarpo da espécie.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição e potencialidades de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman

Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman (Arecaceae), também conhecida como jerivá, baba-de-boi e pindó, é uma palmeira nativa da América do Sul, distribuída no Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai (Falasca *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2019). No Brasil, esta espécie é encontrada em diversos habitats florestais, inclusive em áreas secas (Lorenzi *et al.*, 2015; Santos; Salomão, 2017; Bruno *et al.*, 2019). É amplamente cultivada, devido à sua beleza ornamental e por ser de baixa manutenção (Downer; Hodel, 2001; Zimmermann *et al.*, 2011; Santos; Salomão, 2017).

O jerivá é uma espécie heliófila, higrófila seletiva e pioneira, podendo atingir entre 10 e 20 metros de altura, com estipe de 20 a 30 cm de diâmetro (Genini *et al.*, 2009). Devido ao seu valor ornamental e ecológico, o uso de sementes de qualidade é essencial para apoiar a regeneração de áreas degradadas, plantações comerciais, além da conservação e utilização de recursos genéticos (Iossi *et al.*, 2016). Apresenta uma alta produção de frutos e se destaca pela sua importância como fonte natural de alimento para diversas espécies silvestres de aves e mamíferos frugívoros durante o período de escassez de alimentos (Silva *et al.*, 2011; Begnini *et al.*, 2013). Seus frutos são globosos, lisos, com epicarpo amarelo ou laranja e polpa amarela (mesocarpo), são carnudos-fibrosos, de sabor doce, podendo ser consumido *in natura* na forma de sucos (Messias; Alves, 2009; Coimbra; Jorge, 2011; Goudel, 2012).

Diversos estudos recomendam, antes do plantio dos pirênios, utilizar algum tipo de remoção da polpa (despolpação), seja manualmente (Pinheiro *et al.*, 2017; Pernús; Sánchez, 2017; Beltrame *et al.*, 2019), raspagem com auxílio de peneiras (Félix *et al.*, 2017) ou mecanicamente com auxílio de despolpadores (Oliveira, 2014). Esse procedimento reduz a incidência de fungos e bactérias que utilizam a polpa do fruto (mesocarpo + epicarpo) como substrato para seu desenvolvimento e acaba reduzindo o potencial germinativo (Bovi *et al.*, 2000).

Essa espécie possui uma única semente por fruto, protegida por uma camada lenhosa (endocarpo), medindo cerca de 2,4 por 1,6 cm (Goudel *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2013). A propagação de *S. romanzoffiana* é por sementes, o que torna o processo de obtenção de novas plantas, em grande escala, lento e difícil (Oliveira, 2014; Lorenzi *et*

al., 2015; Santos; Salomão, 2017). Isso ocorre devido a germinação das sementes dessa espécie ser lenta, irregular e suscetível à degradação e perda de vigor como resultado da deterioração do embrião, mesmo em condições de laboratório (Dewir *et al.*, 2011; Silva; Cardoso *et al.*, 2017). As sementes de *S. romanzoffiana* são ligadas ao endocarpo, formando assim a estrutura denominada de pirênio. A separação sem danos à semente é praticamente impossível, por isso é comum o uso do pirênio na propagação da espécie (Goudel *et al.*, 2013; Garcia, 2015).

As porcentagens de germinação diminuem para níveis muito baixos após o armazenamento em condições de laboratório, provavelmente devido à deterioração causada pela cristalização de lipídios do endosperma da semente (Balesevic-Tubic *et al.*, 2010; Goudel *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015).

2.2 Germinação

A germinação de sementes é um mecanismo no qual alterações morfológicas e fisiológicas resultam na ativação do embrião (Miransari; Smith, 2014). Seus processos fisiológicos são fundamentais para o sucesso do estabelecimento das plantas em campo (Nautiyal *et al.*, 2023). Esse processo complexo envolve uma série de eventos metabólicos, celulares e moleculares (Zhang *et al.*, 2020). O estágio de germinação é fortemente influenciado por fatores ambientais externos (umidade, temperatura, luz e pH), mostrando-se extremamente sensível a estresses abióticos, como seca, salinidade e variações extremas de temperatura (Awan *et al.*, 2023) e regulados por diversos hormônios endógenos, entre os quais estão o ácido abscísico (ABA) e as giberelinas (GA) (Ramakrishna, 2007; Chen *et al.*, 2008).

O primeiro passo para a germinação é a absorção de água pela semente. Geralmente as sementes apresentam um padrão trifásico de absorção de água (Bewley; Black, 1994). A fase inicial de embebição ou fase I, em geral, é rápida, dirigida sobretudo pelo potencial matricial da semente seca, é um processo puramente físico, que depende somente da ligação da água à matriz da semente, isso ocorre em qualquer material, morto ou vivo, que contém sítios de ligação ou de afinidade pela água (Castro; Bradford; Hilhorst, 2004). A fase II é marcada pelo alongamento celular, enquanto a fase III é caracterizada pela rápida divisão celular (protrusão da radícula), levando ao crescimento da plântula (Bonsager *et al.*, 2010; Nautiyal *et al.*, 2023).

A captação de água, então, é essencial para a retomada de atividades metabólicas após a maturidade da semente (Marcos Filho, 2015). Entre os fatores ambientais, a luz

também desempenha papel importante nesse processo (Carrera-Castaño *et al.*, 2020). Os fitocromos são a principal classe de fotorreceptores responsáveis por esse processo, os sinais de luz recebidos por eles são convertidos em sinais internos, que por sua vez regulam os processos fisiológicos nas sementes (Cheng *et al.*, 2021). A germinação de sementes mediada por fitocromos vai depender da conversão de sinais de luz em sinais de ácido abscísico (ABA) e giberelina (GA) (Carrera-Castaño *et al.*, 2020).

A temperatura também vai ser responsável por influenciar no processo de germinação, visto que esta envolve uma série de atividades metabólicas durante as quais ocorre uma sequência programada de reações químicas, cada uma dessas reações apresenta exigências próprias quanto a temperatura (Carvalho; Nakagawa, 2000; Pacheco Junior *et al.*, 2013; Marcos Filho, 2015). Outro fator considerado imprescindível para que a germinação aconteça, é a presença de oxigênio, sendo necessário para que ocorra a oxidação dos materiais de reserva e consequentemente o suprimento de energia para o desenvolvimento do eixo embrionário (Marcos Filho, 2015).

Entre os fatores intrínsecos da semente, os hormônios têm influência direta sobre a regulação da germinação (Li *et al.*, 2022). O ABA é um regulador central da germinação de sementes, com efeito inibitório, enquanto os GAs desempenham um papel fundamental na promoção da germinação de sementes (Wang *et al.*, 2021). Tanto o ABA quanto o GA são capazes de traduzir sinais ambientais para as sementes durante a germinação (Yang *et al.*, 2020). Dependendo do equilíbrio entre esses hormônios, que varia entre as espécies e pode depender das concentrações e sensibilidade, as sementes germinam ou não (Garcia *et al.*, 2020). Além disso, o metabolismo, a sensibilidade e a sinalização de ABA e GA são fortemente determinados pelos fatores ambientais (Footitt *et al.*, 2020). Condições favoráveis à germinação de sementes envolvem altos teores de GA e baixos teores de ABA, enquanto condições desfavoráveis correspondem a altos teores de ABA e baixos teores de GA (Shu *et al.*, 2018).

A germinação então, consiste na retomada do embrião, se completando com a protrusão da radícula (Xiao *et al.*, 2019). No entanto, em palmeiras, a primeira estrutura a atravessar o envoltório da semente é o pecíolo cotiledonar, enquanto o desenvolvimento da radícula ocorre apenas em eventos pós-germinativos (Cui; Lamade; Tcherkez, 2020). Tomlinson (1960) reconhece três tipos de germinação em sementes de palmeiras: remota tubular, caracterizada pelo alongamento do pecíolo e bainha cotiledonares; remota ligular, semelhante a anterior, adicionado a presença de lígula; e adjacente ligular, onde a plântula desenvolve-se próximo à semente e tem formação de lígula.

As sementes da espécie *Syagrus romanzoffiana* apresentam germinação do tipo remota tubular, na qual o pecíolo se alonga e cresce afastando-se da semente, muitas plântulas não emergem após a germinação, sendo que muitas vezes podem germinar e morrer antes da emergência da plântula (Bernacci; Martins; Santos, 2008), isso dificulta obter mudas para a reprodução da espécie.

2.3 Dormência

A dormência de sementes pode ser definida como um estado de suspensão temporária da capacidade de uma semente viável de iniciar a germinação, mesmo sob condições ambientais favoráveis (Bewley, 1997; Baskin; Baskin 2004). Isso ocorre devido a semente possuir algum tipo de bloqueio que deve ser superado para iniciar a germinação (Bewley; Black, 1994). Baskin e Baskin (2004) classificam a dormência de sementes em: dormência fisiológica, dormência morfológica, dormência física e dormência combinatória.

Sementes com dormência morfológica possuem embriões pequenos e subdesenvolvidos (Baskin; Baskin, 1998). Esses embriões não são fisiologicamente dormentes e precisam apenas de tempo para completar seu desenvolvimento e germinar (Nautiyal *et al.*, 2023). A dormência fisiológica resulta do equilíbrio entre ABA, que inibe, e GA, que promove a germinação, esses hormônios regulam simultânea e antagonicamente o início, a manutenção e o término da dormência (Amen, 1968; Wareing; Saunders, 1971). Além de ABA e GA, o etileno, um terceiro hormônio vegetal, também está envolvido na regulação da dormência e germinação de sementes em algumas espécies (Kepczynski; Kepczynska, 1997; Matilla, 2000), possivelmente reduzindo a sensibilidade ao ABA e promovendo a germinação (Beaudoin *et al.*, 2000).

A dormência física ocorre quando barreiras impedem a embebição de água, que é um fator essencial para a germinação, devido à impermeabilidade da semente ou do fruto (Jayasuriya *et al.*, 2009). Na dormência combinatória, dois fatores estão envolvidos para conferir dormência, como sementes com dormência fisiológica e física (combinação de impermeabilidade do tegumento da semente para absorção de água e embrião fisiologicamente dormente) ou dormência morfofisiológica, resultado de embriões subdesenvolvidos, combinados com inadequação fisiológica durante o desenvolvimento do embrião (Baskin; Baskin, 2004).

Em relação ao momento em que ocorre na semente, a dormência pode ainda ser classificada como primária, quando é imposta durante o desenvolvimento da semente, ou

secundária quando é imposta pelas condições ambientais adversas desfavoráveis à germinação da semente após a dispersão (Nadella; Foley, 2003). A aquisição de dormência secundária está associada à interação entre umidade e temperatura (Batlla; Benech-Arnold, 2007; Duarte; Garcia, 2015), devido à ocorrência de estresses ambientais e, conseqüentemente, no acúmulo de inibidores da germinação (Murdoch; Ellis, 2000). O efeito desses fatores ambientais varia conforme a espécie e sua adaptação (Baskin; Baskin, 1985), podendo a dormência ser induzida tanto por altas condições de umidade e temperatura (Murdoch; Ellis, 2000; Silva, 2018) quanto pela secagem das sementes (Carvalho; Nakagawa, 2000; Marcos Filho, 2005).

A dormência em sementes de palmeiras tem sido objeto de grande discussão na literatura, com estudos indicando a presença dos mais variáveis tipos de dormência nas espécies. Algumas espécies dessa família são dispersas em frutos tipo drupa, caracterizado pela presença de um endocarpo duro e espesso (Myint *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2011; Neves *et al.*, 2013; Jaganathan, 2021). No entanto, estudos evidenciam que a presença do endocarpo não impede a absorção de água, sendo capazes de duplicar seu conteúdo de água em até 24 horas de embebição (Small; Robertson, 1977; Pérez; Criley; Baskin, 2008; Neves *et al.*, 2013; Baskin; Baskin, 2014).

Segundo Baskin e Baskin (2014), as sementes de palmeiras apresentam dormência morfológica, morfofisiológica ou fisiológica não profunda. Altas porcentagens de embriões cultivados *in vitro* demonstram ausência de dormência morfológica em *S. romanzoffiana* (Oliveira, 2014), visto que iniciam rapidamente o alongamento em sementes recém colhidas e armazenadas. Embora em algumas palmeiras o bloqueio da germinação seja imposto pela imaturidade do embrião, o papel do endocarpo é destacado pelo acúmulo de inibidores hormonais da germinação, ou seja, espécies onde a semente isolada apresenta dormência morfológica, mas a unidade de dispersão como um todo apresenta um bloqueio morfofisiológico da germinação (Baskin; Baskin, 2014).

Altos percentuais de germinação em sementes recém colhidas demonstram que sementes de jerivá são dispersas não dormentes, como relatado por Brancalion, Novembre e Rodriguez (2011). Os baixos percentuais de germinação alcançados nos trabalhos com as sementes armazenadas, mesmo sendo classificadas como ortodoxas (Magalhães, 2021), podem ser atribuídas a susceptibilidade ao armazenamento ou aquisição de dormência secundária.

2.4 Alelopatia

A alelopatia é um fenômeno biológico observado em algumas plantas, algas, bactérias, corais e fungos, caracterizado pela produção e liberação de substâncias bioquímicas no ambiente que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de outros organismos (Narwal *et al.*, 2006; Pérez-Peralta *et al.*, 2019). Ela pode ser caracterizada como um efeito direto ou indireto, positivo ou negativo, que podem beneficiar ou desfavorecer outros organismos (Rice, 1984; Ferreira; Aquila, 2000; Santos *et al.*, 2023). Esses fitoquímicos, geralmente metabólitos secundários, não estão diretamente relacionados ao crescimento da planta produtora, mas atuam como aleloquímicos por desempenharem papel no sistema de defesa e na interação da planta com o ambiente (Ambika, 2012).

A fonte de aleloquímicos pode estar em diferentes partes da planta (folhas, caules, sementes e flores) (Koocheki *et al.*, 2012), sua liberação pode ocorrer de formas variadas, como a lixiviação das partes aéreas, volatilização a partir das folhas ou até mesmo através da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (como serapilheira ou raízes mortas) (Ambika, 2012; Jilani *et al.*, 2008). Esse fenômeno biológico quando ocorre em determinadas espécies vegetais pode inibir a germinação e/ou o estabelecimento de outras espécies vegetais (heterotoxicidade) ou até mesmo ela própria (autotoxicidade) (Chon *et al.*, 2006).

Os aleloquímicos influenciam as comunidades vegetais de diferentes formas (Fernandez *et al.*, 2016), afetando a ciclagem de nutrientes, as propriedades do solo e os processos fisiológicos das espécies receptoras, podendo inibir ou estimular a germinação e o crescimento das plântulas (Gruntman *et al.*, 2016; Ferreira *et al.*, 2008; Fiorenza *et al.*, 2016). Essas substâncias, produzidas e liberadas pelas plantas (De Conti; Franco, 2011; Gomes *et al.*, 2013), atuam sobre diversos processos fisiológicos, como alongamento e divisão celular, mecanismos hormonais de crescimento, permeabilidade de membranas, síntese proteica, respiração e metabolismo de lipídios e ácidos graxos (Ferreira *et al.*, 2008). Os compostos aleloquímicos podem afetar o desempenho da fotossíntese, alterando processos importantes como a entrada de CO₂ através dos estômatos, o transporte de elétrons e o ciclo de Calvin (Zhou; Yu, 2006).

Entre os principais compostos associados ao efeito alelopático destacam-se os compostos fenólicos, flavonoides e taninos (Taiz; Zeiger, 2013). Os compostos fenólicos compreendem o maior grupo de metabólitos que foram identificados como alelopáticos (Carmo *et al.* 2007). Outra classe de interesse alelopático são os flavonóides (flavonas,

flavanonas, catequinas, antocianinas, proantocianinas, isoflavonoides, entre outros), que estão presentes nas plantas em diversas formas e com variadas funções, sendo capazes de inibir o crescimento de plantas e fungos (Shirley, 1996; Taiz; Zeiger, 2013). Já os taninos possuem a capacidade de se ligar a proteínas, geralmente de forma irreversível, formando precipitados. Essas substâncias também estão envolvidas no processo de proteção da planta contra-ataque de herbívoros invertebrados e vertebrados (Zucker, 1983; Taiz; Zeiger, 2013).

Para a determinação do potencial alelopático de uma planta, tem-se recorrido inicialmente ao estudo do efeito de extratos aquosos e/ou alcoólicos (Souza *et al.*, 2007; Rezende *et al.*, 2016), sobre a germinação. Uma maneira de extrair essas substâncias inibidoras é o uso de solventes, obtendo-se extratos que são aplicados em sementes de espécies indicadoras, como: a alface, o gergelim ou o tomate, que possuem sementes muito sensíveis (Magalhães, 2011). Os efeitos observados na germinação e no desenvolvimento inicial de plântulas da espécie bioindicadora são indicativos de aleloquímicos (Ferreira; Áquila, 2000; Ferreira; Borghetti, 2004).

Diversos estudos têm investigado os efeitos alelopáticos em extratos de sementes e diferentes partes de frutos de palmeiras como em *Butia capitata* (Fernandes, 2008), *Trithrinax acanthocoma* (Soares, 2025), *Copernicia prunifera* e *Attalea speciosa* (Pereira; Silva Mendes *et al.*, 2022), além de *Bactris gasipaes* (Nazário, 2011). Contudo, ainda não há registros desse tipo de investigação em extratos de sementes de *Syagrus romanzoffiana*, ressaltando a necessidade de estudos que avaliem seu potencial alelopático.

2.5 Qualidade fisiológica de sementes

A longevidade das sementes corresponde à manutenção da sua capacidade de germinar durante o armazenamento, trata-se de um fenômeno complexo, influenciado por diversos fatores internos e externos que atuam desde a maturação até o período de armazenamento (Ramtekey *et al.*, 2022). Os principais fatores ambientais que interferem na longevidade das sementes são temperatura e umidade do ambiente (Bewley *et al.*, 2013). As condições de armazenamento das sementes podem causar atraso na germinação e gerar plântulas pouco vigorosas, além de levar à perda total da capacidade germinativa (Bewley; Black, 2012; Sano *et al.*, 2015).

A deterioração das sementes está associada a diversas alterações metabólicas e bioquímicas, como mudanças na atividade respiratória e no metabolismo de reservas,

variações na atividade enzimática e na síntese de proteínas, acúmulo de substâncias tóxicas, danos ao DNA e aos sistemas de membranas, além da peroxidação de lipídios e da lixiviação de solutos (Cardoso, 2004; Mansouri-Far *et al.*, 2015; Marcos Filho, 2015). Essas alterações bioquímicas podem resultar em diferentes prejuízos à qualidade das sementes, especialmente durante o armazenamento (Heberle *et al.*, 2019).

Durante o armazenamento, as sementes passam por um processo de deterioração gradual e constante que depende do ambiente de conservação (temperatura, umidade e disponibilidade de oxigênio) tipo de embalagem e características da espécie (Oliveira, 2021). O processo deteriorativo durante o armazenamento está associado à produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) como oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais hidroxila ($\text{OH}^\cdot$), bem como a ativação de mecanismos enzimáticos e não enzimáticos responsáveis por prevenir acúmulo de ERO e o estresse oxidativo (Apel; Hirt, 2004; Petrov *et al.*, 2015).

Entre os antioxidantes enzimáticos destacam-se a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPX), ascorbate peroxidase (APX), monodeidroascorbato redutase (MDHAR), dehidroascorbato redutase (DHAR), glutathione redutase (GR), guaiacol peroxidase, peroxidase e glutathione-S-transferase. Já entre os antioxidantes não enzimáticos incluem-se o ácido ascórbico (AA), a glutathione (GSH), os tocoferóis e os compostos fenólicos (Apel; Hirt, 2004; Karuppanapandian *et al.*, 2011).

A análise da atividade de enzimas antioxidantes, como SOD, CAT e APX, é fundamental tanto para a caracterização de lotes com diferentes níveis de deterioração quanto como ferramenta para a identificação de marcadores moleculares do potencial fisiológico das sementes (Heberle, 2012). Alterações na atividade dessas enzimas, como observado para a SOD, já foram indicados como potenciais marcadores bioquímicos na avaliação da qualidade de sementes de *R. communis* durante o armazenamento e o envelhecimento (Jesus, 2016).

Considerada uma das principais enzimas do sistema antioxidante, a superóxido dismutase (SOD) constitui a primeira linha de defesa contra o aumento de espécies reativas de oxigênio devido ao estresse abiótico (Saibi *et al.*, 2018). As SODs catalisam a dismutação de O_2 em H_2O_2 em todos os compartimentos subcelulares, como cloroplastos, mitocôndrias, núcleos, peroxissomos, citoplasma e apoplastos (Alscher *et al.*, 2002; Gill; Tuteja, 2010). A redução de sua atividade está associada ao processo de perda do potencial fisiológico das sementes de diversas espécies (Gill *et al.*, 2015).

As enzimas peroxidase (PO) e catalase (CAT) também desempenham papel essencial na remoção de radicais livres, contribuindo para a desintoxicação celular e para a mitigação de danos oxidativos (Lehninger, 2006), os quais estão diretamente relacionados à deterioração das sementes (Basavarajappa *et al.*, 1991; Jeng; Sun, 1994). Em sementes de milho submetidas ao envelhecimento acelerado, Spinola *et al.* (2000) relataram redução progressiva da atividade da peroxidase até 72 horas de exposição, seguida do desaparecimento das bandas nos padrões eletroforéticos dessa enzima em períodos mais prolongados (Heberle *et al.*, 2019). Dessa forma, ainda se fazem necessárias investigações mais detalhadas sobre a ativação dos mecanismos antioxidantes de defesa, sobretudo durante o armazenamento das sementes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C. P. de *et al.* Temperature, light, and desiccation tolerance in seed germination of *Mauritia flexuosa* LF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 3, p. 1-7, 2018.
- ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002.
- AMBIKA, S. R. Multifaceted attributes of allelochemicals and mechanism of allelopathy. In: **Allelopathy: Current trends and future applications**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 389-405.
- AMEN, R. D. A model of seed dormancy. **The Botanical Review**, v. 34, p. 1-31, 1968.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E.; OLIVEIRA, L. M.; ZAVISTANOVICZ, T. C. FELIPPI, M (2018). Dormência de sementes: uma abordagem voltada a silvicultura. In: Araujo MM, Navroski MC & Schorn LA (Eds.) Produção de Sementes e Mudanças - um enfoque à Silvicultura. Santa Maria, UFSM. p.99-120.
- AWAN, S. A. *et al.* Pre-treatment of melatonin enhances the seed germination responses and physiological mechanisms of soybean (*Glycine max* L.) under abiotic stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1149873, 2023.
- BALESEVIC-TUBIC, S. *et al.* Seed viability of oil crops depending on storage conditions. **Helia**, v. 33, n. 52, p. 153-160, 2010.
- BASAVARAJAPPA, B. S.; SHETTY, H. S.; PRAKASH, H. S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed Science and Technology**, vol. 19, n. 2, p. 279-286, 1991.
- BASKIN, C. C. **Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. Academic Press, 1998.

- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed science research**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. **BioScience**, London, v. 35, n. 8, p. 92–498, 1985.
- BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; KAUR, S.; KOHLI, R. K.; YADAV, S. S. Caffeic acid affects early growth, and morphogenetic response of hypocotyl cuttings of mung bean (*Phaseolus aureus*), **Journal of plant physiology**, v. 165, n. 3, p. 297-305, 2008.
- BATLLA, D., BENECH-ARNOLD, R. L. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: Implications for weed management. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 189–197, 2007.
- BEAUDOIN, N. *et al.* Interactions between abscisic acid and ethylene signaling cascades. **The Plant Cell**, v. 12, n. 7, p. 1103-1115, 2000.
- BEGNINI, R. M.; DA SILVA, F. R.; CASTELLANI, T. Fenologia reprodutiva de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) em Floresta Atlântica no sul do Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 53-60, 2013.
- BELTRAME, R. A.; JASMIM, J. M.; VIEIRA, H. D. Morphological characterization and germination of *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (ARECACEAE). **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 1, p. 54-64, 2019.
- BERNACCI, L. C.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Estrutura de estádios ontogenéticos em população nativa da palmeira *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 119- 130, 2008.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAK, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. Springer: New York, 2013.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control. **Springer Science & Business Media**, 2012.
- BONSAGER, B. C. *et al.* Proteomic and activity profiles of ascorbate–glutathione cycle enzymes in germinating barley embryo. **Phytochemistry**, v. 71, n. 14-15, p. 1650-1656, 2010.
- BOVI, M. L. A.; TONET, R. M.; PELINSON, G. J. B. Palmito gariroba (*Syagrus oleracea*). **Comunicado Técnico**, v. 2, 2000.
- BRANCALION, P. H. S. A.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.

- BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.360, p.141-147, 1994.
- BRUNO, M. M. A. *et al.* Fenologia reprodutiva de três espécies de *Syagrus* (Arecaceae) em uma savana tropical no Brasil. **Flora**, v. 252, p. 18-25, 2019.
- CARDOSO, V. J. M. (2004) – Germinação. In: Kerbauy, G.B. (Ed.) – **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 386-408.
- CARMO, F. M. da S.; BORGES, E. E. de L.; TAKAKI, M. Allelopathy of Brazilian sassafras (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer) aqueous extracts. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 697-705, 2007.
- CARRERA-CASTAÑO, G. *et al.* An updated overview on the regulation of seed germination. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 703, 2020.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- CASTRO, R. D. de; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. **Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed**, p. 149-162, 2004.
- CHEN H, Z. J. *et al.* Integration of light and ABA signalling during seed germination and early seedling development. **Proc Nat Acad Sci**. 2008; 105(11):4495-4500. <https://doi.org/10.1073/pnas.0710778105>.
- CHENG, M. C. *et al.* Phytochrome signaling networks. **Annual Review of Plant Biology**, v. 72, n. 1, p. 217-244, 2021.
- CHON, S. U.; JENNINGS, J. A.; NELSON, C. J. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) autotoxicity: Current status. **Allelopathy Journal**, v. 18, n. 1, p. 57-80, 2006.
- COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2139-2142, 2011.
- CORRÊA, B. J. S.; OLIVEIRA, L. M. D.; SÁ, A. C. S.; DELFES, L. D. R.; SOUZA, A. C. D.; ANTONELO, F. A. What is the cause of low seed germination of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.?. **Revista Ceres**, v. 69, n. 3, p. 358-367, 2022.
- COSTA, M. L. M.; MAUNDER, M.; PEREIRA, T. S.; PEIXOTO, A. L. Brazilian botanic gardens: an assessment of conservation capacity. **Sibbaldia: the International Journal of Botanic Garden Horticulture**, n. 14, p. 97-117, 2016.
- CUI, J.; LAMADE, E.; TCHERKEZ, G. Seed germination in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): a review of metabolic pathways and control mechanisms. **International journal of molecular sciences**, v. 21, n. 12, p. 4227, 2020.
- DE CONTI, D.; FRANCO, E. TH. Efeito alelopático de extratos aquosos de *casearia sylvestris* Sw. na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 17, n. 2, 2011.

DEWIR, Y. H.; EL-MAHROUK, M. E. S.; NAIDOO, Y. Effects of Some Mechanical and Chemical Treatments on Seed Germination of *Sabal palmetto* and *Thrinax morrisii* Palms. **Australian journal of crop science**, v. 5, n. 3, p. 248-253, 2011.

DOWNER, J.; HODEL, D. The effects of mulching on establishment of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Becc., *Washingtonia robusta* H. Wendl. and *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. & Drude in the landscape. **Scientia Horticulturae**, v. 87, n. 1-2, p. 85-92, 2001.

DUARTE, D. M.; GARCIA, Q. S. Interactions between substrate temperature and humidity in signalling cyclical dormancy in seeds of two perennial tropical species. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 170-178, 2015.

FALASCA, S. L.; DEL FRESNO, C. M.; ULBERICH, A. Possibilities for growing queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) in Argentina as a biodiesel producer under semi-arid climate conditions. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 19, p. 14843-14848, 2012.

FÉLIX, F. C. *et al.* Dessecação e armazenamento de sementes de *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 86-91, 2017.

FERNANDES, R. C. **Estudos propagativos do coquinho azedo (*Butia Capitata* (Mart.) Becc) Arecaceae**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2008.

FERNANDEZ, C. *et al.* O impacto da competição e da alelopatia no equilíbrio entre defesa e crescimento de plantas em duas espécies arbóreas contrastantes. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 594, 2016.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v. 12, n. 1, p. 175-204, 2000.

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

FERREIRA, N. R.; MEDEIROS, R. B. de; SOARES, G. L. G. Potencial alelopático do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes estivais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 43-50, 2008.

FIORENZA, Mireli *et al.* Análise fitoquímica e atividade alelopática de extratos de *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni). **Iheringia, Série Botânica.**, v. 71, n. 2, p. 193-200, 2016.

FOOTITT, S. *et al.* Trait analysis reveals DOG1 determines initial depth of seed dormancy, but not changes during dormancy cycling that result in seedling emergence timing. **New Phytologist**, v. 225, n. 5, p. 2035-2047, 2020.

GARCIA, Q. S.; BARRETO, L. C.; BICALHO, E. M. Environmental factors driving seed dormancy and germination in tropical ecosystems: A perspective from campo rupestre species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 178, p. 104164, 2020.

GARCIA, V. A. **Desenvolvimento e maturação de frutos e sementes de espécies de Arecaceae (*Bactris gasipaes* Kunth., *Euterpe edulis* Mart. e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman)**. 2015. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Biodiversidade

Vegetal e Meio Ambiente), Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 118p.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora-morphology, distribution, functional ecology of plants**, v. 204, n. 2, p. 131-145, 2009.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GILL, S. S. et al. Superoxide dismutase - mentor of abiotic stress tolerance in crop plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 14, p. 10375-10394, 2015.

GOMES, F. M. et al. Efeito alelopático da fitomassa de *Lupinus angustifolius* (L.) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de *Zea mays* (L.) e *Bidens pilosa* (L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 48-56, 2013.

GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 147-154, 2013.

GOUDEL, F. **Caracterização e processamento de mapuitã, os frutos da palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana* Cham.)**. 2012. Tese de Mestrado em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

GRUNTMAN, M.; ZIEGER, S.; TIELBÖRGER, K. Invasive success and the evolution of enhanced weaponry. **Oikos**, v. 125, n. 1, p. 59-65, 2016.

HEBERLE, E. **Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho armazenadas**. 2012, 66f. Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

HEBERLE, E.; ARAUJO, E. F.; LACERDA FILHO, A. F.; CECON, P. R.; ARAUJO, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 657-665, 2019.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Bioversity International, 1996.

IOSSI, E.; MORO, F. V.; SADER, R. Seed anatomy and germination of *Phoenix roebelenii* O'Brien (Arecaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 121-128, 2006.

JAGANATHAN, G. K. Ecological insights into the coexistence of dormancy and desiccation sensitivity in Arecaceae species. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 1, p. 1-14, 2021.

JAYASURIYA, K. G. et al. Sensitivity cycling and mechanism of physical dormancy break in seeds of *Ipomoea hederacea* (Convolvulaceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 170, n. 4, p. 429-443, 2009.

JENG, T. L.; SUNG J. M. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxidase scavenging enzymes activity of artificially age peanut seed. **Seed Science and Technology**, vol. 22, n. 3, p. 531-539, 1994.

- JESUS, T.S.R. **Marcadores fisiológicos e bioquímicos da qualidade de sementes de *Ricinus communis* L. submetidas a diferentes condições de armazenamento.** Dissertação (mestrado em Bioquímica e Biologia Molecular) - Universidade Federal da Bahia. 141 f. Salvador, 2016.
- JILANI, G.; MAHMOOD, S.; CHAUDHRY, A. N.; HASSAN, I.; AKRAM, M. Allelochemicals: sources, toxicity and microbial transformation in soil—a review. **Annals of Microbiology**, v. 58, n. 3, p. 351-357, 2008.
- KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J.C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W., Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 709- 725, 2011.
- KEPCZYNSKI, J.; KEPCZYNSKA, E. Ethylene in seed dormancy and germination. **Physiologia Plantarum**, v. 101, n. 4, p. 720-726, 1997.
- KILDISHEVA, O. A.; ERICKSON, T. E.; KRAMER, A. T.; ZELDIN, J.; MERRITT, D. J. Optimizing physiological dormancy break of understudied cold desert perennials to improve seed-based restoration. **Journal of Arid Environments**, v. 170, p. 104001, 2019.
- KOOCHEKI, A.; LALEGANI, B.; HOSSEINI, S. A. Ecological consequences of allelopathy. In: **Allelopathy: Current Trends and Future Applications**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 23-38.
- LEHNINGER, A. L. (2006) – **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Editora Sarvier, 4ed., 1202 p.
- LI, Z. *et al.* ABSCISIC ACID INSENSITIVE 5 mediates light–ABA/gibberellin crosstalk networks during seed germination. **Journal of Experimental Botany**, v. 73, n. 14, p. 4674-4682, 2022.
- LORENZI, H. 2015. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum.
- LORENZI, H. 2015. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum.
- MAGALHÃES, H. M. **Dormência e germinação de coquinho-azedo: substâncias inibidoras nos pirênios e morfoanatomia dos embriões e de plântulas**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.
- MANSOURI-FAR, C. *et al.* Antioxidant enzyme activity and germination characteristics of different maize hybrid seeds during ageing. **Environmental and Experimental Biology**, v. 13, n. 4, p. 177-182, 2015.
- MARCOS FILHO, J. **Dormência de sementes. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2015.
- MATILLA, A. J. Ethylene in seed formation and germination. **Seed science research**, v. 10, n. 2, p. 111-126, 2000.

- MESSIAS, A. D.; ALVES, F. A. Jerivá (*Syagrus romanzoffiana* Arecaceae) como oferta de alimento para a fauna silvestre em fragmentos de Mata Ciliar, em período de outono-inverno. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 2, n. 1, p. 35-50, 2009.
- MIRANSARI, M.; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and experimental botany**, v. 99, p. 110-121, 2014.
- MOREIRA, M. A. C. *et al.* Characterization of *Syagrus romanzoffiana* oil aiming at biodiesel production. **Industrial Crops and Products**, v. 48, p. 57-60, 2013.
- MURDOCH, A. J.; ELLIS, R. H. Dormancy, viability and longevity. In: FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**, New York: Cabi, 2000.
- MYINT, T.; CHANPRASERT, W.; SRIKUL, S. Germination of seed of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) as affected by different mechanical scarification methods. **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 3, p. 635-645, 2010.
- NADELLA, D.; FOLEY ME (2003) Seed dormancy: genetics of dormancy. In: Thomas B (ed) Encyclopedia of applied plant sciences. Elsevier, Amsterdam, pp 1323–1333. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227050-9/00062-4>.
- NARWAL, S. S. Allelopathy in ecological sustainable agriculture. In: **Allelopathy: a physiological process with ecological implications**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 537-564.
- NASCIMENTO, L. M. *et al.* Pre-depulping and depulping treatments and the emergence of queen palm seeds (*Syagrus romanzoffiana* [Cham.] Glassman). **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 13, n. 3, p. 466-472, 2019.
- NAUTIYAL, P. C.; SIVASUBRAMANIAM, K.; DADLANI, M. Seed dormancy and regulation of germination. **Seed science and technology**, p. 39-66, 2023.
- NAZÁRIO, P. **Dormência em sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): uma abordagem anatômica, histoquímica e fisiológica**. 2011. 125p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2011.
- NEVES, S. da C. *et al.* Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 208, n. 1, p. 68-78, 2013.
- OLIVEIRA, T. G. S. *et al.* Longevity and germination of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) seeds and its ecological implications. **Revista de Biología Tropical**, v. 63, n. 2, p. 333-340, 2014.
- OLIVEIRA, T. G. S. *et al.* Longevity and germination of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) seeds and its ecological implications. **Revista de Biología Tropical**, v. 63, n. 2, p. 333-340, 2015.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. **Perfis bioquímico e fisiológico da maturação, longevidade e germinabilidade de sementes de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolia* Raddi.)**. 2021.
- PACHECO JUNIOR, F. *et al.* Germinação e vigor de sementes de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*) em função da temperatura e da luz. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.2, p.325-333, 2013.

- PETROV, V.; HILLE, J.; MUELLER-ROEBER, B.; GECHEV, T.S. ROS mediated abiotic stress-induced programmed cell death in plants. **Plant Science**, v. 6, n. 69, 2015.
- PEREIRA, S. G.; DA SILVA MENDES, M. Potencial alelopático in vitro de duas arecaceae sobre a germinação e crescimento de plântulas de *Glycine max*. **Conexão Ciência (Online)**, v. 17, n. 3, p. 65-78, 2022.
- PÉREZ, H. E.; CRILEY, R. A.; BASKIN, C. C. Promoting germination in dormant seeds of *Pritchardia remota* (Kuntze) Beck., an endangered palm endemic to Hawaii. **Natural Areas Journal**, v. 28, n. 3, p. 251-260, 2008.
- PERNÚS, M.; SÁNCHEZ, J. A. Germination and seed dormancy of *Coccothrinax crinita* subsp. *crinita* (Arecaceae), endemic palm of Western Cuba. 2017.
- PINHEIRO, R. de M. *et al.* Emergência de plântulas e caracterização morfológica de frutos e sementes de bacabinha (*Oenocarpus mapora* H. KARSTEN. Arecaceae). **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1529-1543, 2017.
- RAMAKRISHNA, V. Mobilization of albumins and globulins during germination of Indian bean (*Dolichos lablab* L. var. *lignosus*) seeds. **Acta Botanica Croatica**, v. 66, n. 2, p. 135-142, 2007.
- RAMTEKEY, V. *et al.* Seed Longevity in Legumes: Deeper Insights Into Mechanisms and Molecular Perspectives. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, n. 91820, 2022.
- REZENDE, G. J. D. C.; YAMASHITA, O. M.; BATISTÃO, A. C.; DE FREITAS ROCHA, V.; GERVAZIO, W. Uso de extrato aquoso de repolho como herbicida natural. **Revista Cultivando o Saber**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2016.
- RIBEIRO, L. M. *et al.* Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.
- RICE, E. **Allelopathy**. 2. ed. New York: Academic Press. 1984.
- SAIBI, W.; BRINI, F. Superoxide dismutase (SOD) and abiotic stress tolerance in plants: An overview. **Superoxide Dismutase: Structure, Synthesis and Applications; Magliozzi, S., Ed**, p. 101-142, 2018.
- SALM, R.; JALLES-FILHO, E.; SCHUCK-PAIM, C. A model for the importance of large arborescent palms in the dynamics of seasonally-dry Amazonian forests. **Biota Neotropica**, v. 5, p. 151-156, 2005.
- SANO, N.; RAJJOU, L.; NORTH, H.M.; DEBEAUJON, I.; MARION-POLL, A.; SEO, M. Seed Viability During Dry Storage. **Plant and Cell Physiology**, Advance Access, 2015.
- SANTOS, I. R. I.; SALOMÃO, A. N. In vitro germination of zygotic embryos excised from cryopreserved endocarps of queen palm (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 53, p. 418-424, 2017.
- SANTOS, M. G. dos P.; DE ARAÚJO, K. C. T.; DOS SANTOS ALVES, M. L.; FABRICANTE, J. R. Estrutura populacional e potencial alelopático da espécie exótica

invasora *Hyparrhenia rufa* (Ness) Staph. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 9, p. e494005-e494005, 2023.

SHIRLEY, B. W. Flavonoid biosynthesis: ‘new’ functions for an ‘old’ pathway. **Trends in plant science**, v. 1, n. 11, p. 377-382, 1996.

SHU, K.; ZHOU, W.; YANG, W. APETALA 2-domain-containing transcription factors: focusing on abscisic acid and gibberellins antagonism. **New Phytologist**, v. 217, n. 3, p. 977-983, 2018.

SILVA, B. M. R. **Dormência cíclica e parâmetros térmicos para a germinação de sementes de Eriocaulaceae**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SILVA, F. D. B.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A. M. E.; FREITAS, J. B. S.; ASSUNÇÃO, M. V. Pré embebição e profundidade de semeadura na emergência de *Copernicia prunifera* (Miller) H. E Moore. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.272-278, 2009.

SILVA, F. R. *et al.* Seed dispersal and predation in the palm *Syagrus romanzoffiana* on two islands with different faunal richness, southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 46, n. 3, p. 163-171, 2011.

SILVA-CARDOSO, de A. I. M.; DE SOUZA, A. M.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. A palmeira *Syagrus oleracea* Mart. (Becc.): Uma revisão. **Scientia Horticulturae**, v. 225, pág. 65-73, 2017.

SMALL, J. G. C.; ROBERTSON, B. L. Germination of *Jubaeopsis caffra* seeds. **Principes**, v. 21, n. 3, p. 114-112, 1977.

SOARES, C. R. B.; DE OLIVEIRA, L. M.; FLORES, A. V.; CORRÊA, B. J. S. Investigação de dormência em pirênios de *Trithrinax acanthocoma* Drude: anatomia e histoquímica. **Ciência Florestal**, p. e85292-e85292, 2025.

SOUZA, C. L. M.; SILVA, W. L. P.; GUERRA, A. M. N. M.; CARDOSO, M. C. R.; TORRES, S. B. Alelopatia do extrato aquoso de folhas de aroeira na germinação de sementes de alface. **Revista Verde**, Mossoró, v.2, n.2, p.96-100, 2007.

SPINOLA, M. C. M.; CÍCERO, S. M.; MELO, M. de. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo ao envelhecimento acelerado. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 263-270, 2000.

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

WANG, L. *et al.* Parental shading regulates subsequent seed germination. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 748760, 2021.

WAREING, P. F.; SAUNDERS, P. F. (1971) Hormones and dormancy. *Annu Rev Plant Physiol* 22:261–288.

XIAO, S. *et al.* Exogenous melatonin accelerates seed germination in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **PloS one**, v. 14, n. 6, p. e0216575, 2019.

YANG, L.; LIU, S.; LIN, R. The role of light in regulating seed dormancy and germination. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 62, n. 9, p. 1310-1326, 2020.

ZHANG, M. *et al.* Exogenous melatonin reduces the inhibitory effect of osmotic stress on antioxidant properties and cell ultrastructure at germination stage of soybean. **PLoS One**, v. 15, n. 12, p. e0243537, 2020.

ZHOU, Y. H.; YU, J. Q. Allelochemicals and photosynthesis. In: **Allelopathy: A physiological process with ecological implications**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 127-139.

ZIMMERMANN, T. G.; BEGNINI, R. M.; SILVA, F. R. 2011. *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá). pp. 812-819. In: Coradin, L., A. Siminski, and A. Reis. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília.

ZUCKER, W. V. Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. **The American Naturalist**, v. 121, n. 3, p. 335-365, 1983.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 - CONSERVAÇÃO *EX SITU* E DORMÊNCIA EM PIRÊNIOS DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman

RESUMO

Syagrus romanzoffiana é amplamente utilizada no paisagismo e na regeneração de áreas degradadas, mas sua propagação é limitada pela germinação lenta e irregular. O estudo teve como objetivo avaliar o papel de reguladores de crescimento da germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana*, submetidas ou não ao armazenamento. Os frutos de *S. romanzoffiana* foram coletados e enviados ao viveiro florestal para beneficiamento; logo após, as sementes foram acondicionadas em frascos plásticos contendo 350 mL de soluções: T1: controle, sementes não tratadas; T2: 50 µM de fluridone; T3: 0,5 mM de ácido giberélico (GA₃); e T4: 0,5 mM de GA₃ + 50 µM de fluridone. As sementes embebidas nas soluções foram mantidas em câmaras do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) a 25 °C, no escuro, por 14 horas. Logo após o tratamento, as sementes foram lavadas em água corrente e mantidas em ambiente controlado até atingirem 5% de conteúdo de água. Após a secagem, foram utilizadas 100 sementes por tratamento (4 repetições de 25 sementes), dispostas em bandejas plásticas com areia esterilizada e mantidas em câmara de germinação tipo Mangelsdorf a 30°C, uma outra parte das sementes nas mesmas condições (teor de água de 5% após o condicionamento), foram armazenadas em freezer a -20 °C, em recipiente hermético, por 90 dias. Foram obtidas as variáveis percentuais de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). Os resultados indicaram que o armazenamento prejudicou severamente a viabilidade e o desempenho germinativo das sementes. O teste de tetrazólio confirmou a perda de viabilidade após o armazenamento. O tratamento com GA₃ e a combinação de GA₃ e fluridone não melhorou significativamente a germinação nem o vigor das plântulas, indicando que as concentrações e o tempo de exposição utilizados podem ter sido insuficientes para reduzir ou superar a dormência das sementes. A baixa velocidade de germinação e o elevado número de plântulas anormais reforçam a dificuldade no uso de sementes armazenadas ou sem tratamentos eficientes para a quebra de dormência. Conclui-se que o armazenamento por 90 dias compromete a viabilidade das sementes de *Syagrus romanzoffiana*, e que os tratamentos testados não foram eficazes para melhorar a germinação. Portanto, recomenda-se o uso de sementes recém-coletadas para a produção de mudas, além da necessidade de novos estudos com diferentes tempos de incubação nas concentrações dos reguladores de crescimento.

Palavras-chave: Armazenamento de sementes; Germinação; Reguladores de crescimento.

ABSTRACT

Syagrus romanzoffiana is widely used in landscaping and in the restoration of degraded areas, but its propagation is limited by slow and irregular germination. This study aimed to evaluate the role of growth regulators on the germination of *Syagrus romanzoffiana* seeds, either subjected or not to storage. Fruits of *S. romanzoffiana* were collected and sent to a forest nursery for processing; immediately afterward, the seeds were placed in plastic containers containing 350 mL of solutions: T1: control, untreated seeds; T2: 50 μ M fluridone; T3: 0.5 mM gibberellic acid (GA_3); and T4: 0.5 mM GA_3 + 50 μ M fluridone. Seeds soaked in the solutions were kept in BOD (Biochemical Oxygen Demand) chambers at 25 °C, in the dark, for 14 hours. After treatment, the seeds were washed under running water and maintained under controlled conditions until reaching 5% moisture content. After drying, 100 seeds per treatment were used (4 replicates of 25 seeds), arranged in plastic trays with sterilized sand and kept in a Mangelsdorf-type germination chamber at 30 °C. Another portion of the seeds, under the same conditions (5% moisture content after conditioning), was stored in a freezer at -20 °C, in airtight containers, for 90 days. The evaluated variables were germination percentage (%G), germination speed index (GSI), and mean germination time (MGT). The results indicated that storage severely impaired seed viability and germination performance. The tetrazolium test confirmed the loss of viability after storage. Treatment with GA_3 and the combination of GA_3 and fluridone did not significantly improve germination or seedling vigor, indicating that the concentrations and exposure time used may have been insufficient to reduce or overcome seed dormancy. The low germination rate and the high number of abnormal seedlings reinforce the difficulty of using stored seeds or seeds without effective dormancy-breaking treatments. It is concluded that storage for 90 days compromises the viability of *Syagrus romanzoffiana* seeds, and that the tested treatments were not effective in improving germination. Therefore, the use of freshly collected seeds is recommended for seedling production, as well as further studies with different incubation times and concentrations of growth regulators.

Keywords: Seed storage; Germination; Growth regulators.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae), conhecida popularmente como jerivá, é uma palmeira nativa da América do Sul (Falasca *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2019). No Brasil, esta espécie é encontrada em diversos habitats florestais (Lorenzi *et al.*, 2015; Santos; Salomão, 2017; Bruno *et al.*, 2019), sendo amplamente utilizada no paisagismo (Lorenzi, 2002) e por ser de baixa manutenção (Downer; Hodel, 2001; Zimmermann *et al.*, 2011; Santos; Salomão, 2017), e em projetos de regeneração de áreas degradadas (Salm *et al.*, 2005).

A propagação da espécie é realizada principalmente por sementes, e assim como as palmeiras no geral, possui uma germinação lenta e irregular (Broschat, 1994; Goudel *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015), geralmente associada a fatores como presença de dormência (Broschat, 1994; Baskin; Baskin, 2014; Almeida *et al.*, 2018). A dormência nas sementes atua como um mecanismo de inibição da germinação, prevenindo que a mesma ocorra em ambientes que não sustentam o desenvolvimento da plântula (Fenner; Thompson, 2005).

A germinação pode ser regulada por mecanismos de dormência (Bewley, 1997; Anderson *et al.*, 2001; Garcia *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2016; Worarad *et al.*, 2017), sendo que cada espécie apresenta mecanismos diferentes para superar a dormência, que podem incluir a atuação de hormônios promotores da germinação, como giberelinas e citocininas, ou a redução de hormônios que induzem a dormência, como o ácido abscísico (ABA) (Taiz; Zeiger, 2004). Uma das formas de regular os níveis de ABA nas sementes é através do uso de inibidores de síntese desse hormônio.

O fluridone é um herbicida sistêmico de ação lenta que tem sido usado para controlar o crescimento de plantas vasculares aquáticas submersas e emergentes (Jin *et al.*, 2020). Além disso, atua como inibidor da síntese de carotenoides, reduzindo a concentração de ácido abscísico (Benschop *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2016). Diversos estudos têm comprovado o seu efeito na superação de dormência fisiológica e em promover a germinação de algumas espécies (Chen *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2008; Huarte; Benech-Arnold, 2010).

No entanto, ainda não há registros na literatura sobre seus efeitos em sementes de palmeiras. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o papel de reguladores de crescimento da germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana*, submetidas ou não ao armazenamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de coleta e de realização do experimento

Frutos maduros de *Syagrus romanzoffiana* foram coletados em agosto de 2024, diretamente de quatro árvores matrizes localizados na Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais (21°14'43"S e 44°59'59"O). Após a coleta, os frutos foram levados para o viveiro florestal, onde foram armazenados em sacos plásticos para uma fermentação inicial de cinco dias, e em seguida, colocados para despolar em uma betoneira elétrica (contendo água e brita) por um período de aproximadamente duas horas, com a remoção do restante da polpa sendo feita, manualmente (Oliveira *et al.*, 2015). Ao final desse processo, obteve-se o pirênio (endocarpo + semente). O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais (LSF), do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras. Para a caracterização do lote foram realizadas a determinação do conteúdo de água e o teste de germinação.

2.2 Conteúdo de água e teste de germinação

O conteúdo de água dos pirênios e das sementes foi determinado pelo método de estufa a 105°C durante 24 horas (Brasil, 2025). Para a remoção das sementes para determinação do conteúdo de água foi utilizada uma morsa de bancada para a quebra do endocarpo. Os resultados foram expressos em porcentagem. No teste de germinação, os pirênios foram desinfetados com hipoclorito de sódio a 2% por cinco minutos, seguido por quatro lavagens com água destilada. Em seguida, quatro repetições de 25 pirênios foram dispostos em bandeja contendo areia esterilizada e mantidas em câmara de germinação tipo Mangelsdorf, sob temperatura de 30°C e luz constante.

Durante um período de 90 dias avaliou-se a germinação (%) a cada três dias, utilizando como critério a emergência do pecíolo cotiledonar. As sementes que não germinaram foram removidas do endocarpo utilizando uma morsa de bancada, e os embriões excisados para avaliação de viabilidade pelo teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio). Para essa análise os embriões foram mantidos em solução de tetrazólio com 0,5% de concentração por 24 horas, a uma temperatura constante de 30°C, conforme a metodologia proposta por Ribeiro *et al.* (2010) para *Acrocomia aculeata* sendo obtidos o percentual de sementes viáveis não germinadas e não viáveis.

2.3 Curva de embebição

Para a determinação da curva de embebição, foram utilizadas sementes recém colhidas. Os pirênios foram dispostos em bandejas contendo areia úmida previamente esterilizada e mantidos em câmara de germinação do tipo Mangelsdorf a 30°C, por 90 dias. Antes da semeadura e após 3, 6, 9, 14 e 24 horas, assim como em 2, 5, 15, 45, 70 e 90 dias, foi retirada uma amostra de 20 pirênios do substrato, e o excesso de areia removido com papel toalha. Em seguida, os pirênios foram quebrados e foram utilizadas quatro repetições de cinco sementes para determinação do conteúdo de água pelo método de estufa a 105°C por 24 horas (Brasil, 2025).

2.4 Tratamentos pré-germinativos e armazenamento das sementes

Após o beneficiamento, as sementes foram colocadas em frascos plásticos contendo diferentes soluções. T1: controle, sementes não tratadas; T2: 50 µM de fluridone (Silva *et al.*, 2002); T3: 0,5 mM de ácido giberélico (GA₃) (Medeiros *et al.*, 2015); T4: 0,5 mM de GA₃ + 50 µM de fluridone. Os frascos contendo as soluções foram mantidos em câmaras do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) a 25 °C, no escuro, por 14 horas (período adotado por ser suficiente para promover a hidratação das sementes e a ativação inicial do metabolismo germinativo, mesmo sem padrão trifásico evidente). A aeração das soluções foi realizada utilizando compressor de ar. Após o tratamento, as sementes foram mantidas em sala climatizada com aproximadamente 50% de umidade relativa do ar e temperatura de 20 °C, até atingirem 5% de conteúdo de água (testes de umidade foram realizados com as sementes até que atingissem 5% de conteúdo de água).

Após a secagem, foram utilizadas 100 sementes por tratamento (4 repetições de 25 sementes), dispostas em bandejas plásticas com areia esterilizada e mantidas em câmara de germinação tipo Mangelsdorf a 30°C, uma outra parte das sementes nas mesmas condições (teor de água de 5% após o condicionamento), foram armazenadas em freezer a -20 °C (Hong; Ellis, 1996), em recipiente hermético, por 90 dias. Após esse período, as sementes foram retiradas e mantidas em geladeira (10 °C) para descongelamento, em seguida foi realizada avaliação da viabilidade pelo teste de germinação.

O teste de germinação teve duração de 90 dias. A cada três dias avaliou-se a germinação (%). O critério de germinação utilizado foi a emergência do pecíolo cotiledonar. As sementes que não germinaram ao final do período foram removidas do endocarpo utilizando uma morsa de bancada para a excisão dos embriões utilizando um bisturi. A viabilidade dos embriões foi avaliada pelo teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil

cloreto de tetrazólio). Os embriões foram mantidos em solução de tetrazólio com 0,5% de concentração por 24 horas, a uma temperatura constante de 30°C, conforme a metodologia proposta por Ribeiro *et al.* (2010) para *Acrocomia aculeata*. Embriões que coloriram após a incubação foram considerados viáveis e contabilizados como sementes viáveis não germinadas (nG). As sementes cujos embriões não coloriram ou apresentaram-se amolecidos antes do teste de tetrazólio, foram consideradas como sementes deterioradas. Os dados de germinação foram usados para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG, dias), conforme fórmulas propostas por Edmond e Drapala (1958) e Maguire (1962), respectivamente.

2.5 Análise de dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial com dois fatores: quatro tratamentos e duas condições de armazenamento (4×2). Inicialmente os dados foram analisados quanto a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e homoscedasticidade das variâncias pelo teste de Levene, quando não atendidos os pressupostos os dados foram transformados utilizando logaritmo natural ($\log + 1$). Quando atendido os pressupostos, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para dados que não atenderam aos pressupostos, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

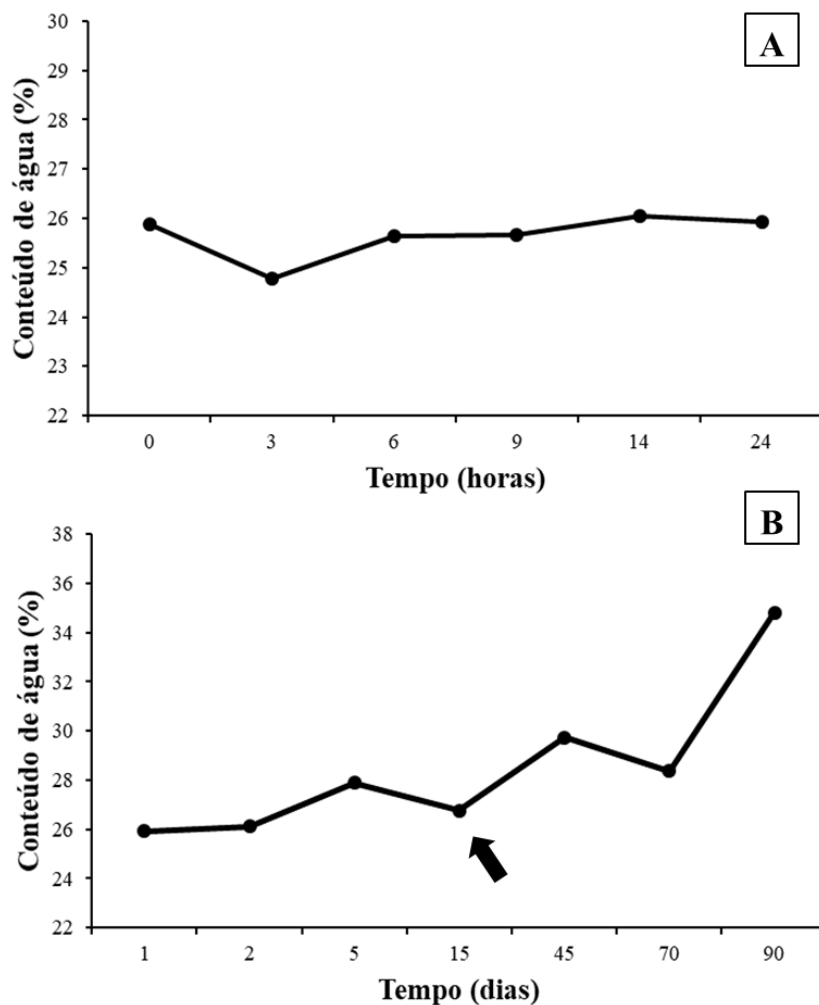
Após a coleta e o beneficiamento das sementes verificou-se germinação de 87%. Magalhães (2021), relatou que sementes de *Syagrus romanzoffiana* que se desenvolvem em períodos com baixa disponibilidade hídrica, tendem a apresentar menor grau de dormência, ou seja, os lotes coletados no inverno (menor precipitação) apresentaram características fisiológicas superiores com relação àqueles dispersos durante o verão (maior precipitação).

O conteúdo de água das sementes foi de 25,8%, valor próximo ao encontrado para sementes de *S. oleracea*, com 19,9% (Batista *et al.*, 2011). Embora as sementes de palmeiras sejam normalmente dispersas com elevado teor de água, foi verificado o comportamento ortodoxo para diferentes espécies dessa família como *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng (Oliveira *et al.*, 2016; Saleh; Luis; Scherwinski Pereira, 2017), *Euterpe*

precatoria Mart (Costa *et al.*, 2018), *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick (Fior; Campos; Schwarz, 2020), *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl. (Felix *et al.*, 2017), e *Syagrus romanzoffiana* (Magalhães, 2021).

Na curva de embebição foram verificadas pequenas oscilações no conteúdo de água ao longo de 24 horas, provavelmente, devido ao fato das sementes utilizadas não terem passado por secagem, iniciando a embebição já com um alto conteúdo de água (Figura 1A). A possibilidade de dormência física em pirênios da palmeira *S. romanzoffiana* já foi descartada por Oliveira *et al.* (2015), o qual verificou que sementes com conteúdo inicial de água à 5% foram capazes de duplicar o seu teor de água em apenas 24 horas após a embebição, sugerindo que as estruturas do endocarpo não impedem a absorção de água pelas sementes.

Figura 1 - Mudanças no conteúdo de água de sementes de *Syagrus romanzoffiana* no período de 24 horas (A) e 90 dias de imersão (B). Seta indica o início da germinação.



Fonte: Autora (2025).

O endocarpo das palmeiras é geralmente permeável à água (Baskin; Baskin, 2014), e isso é apoiado por estudos que mostram que as sementes da palmeira são capazes de absorver até mesmo dentro do endocarpo (Pérez et al., 2008; Ribeiro et al., 2011; Neves et al., 2013). A dificuldade de extração de sementes intactas é um obstáculo para estudos sobre *S. romanzoffiana* pois experimentos com sementes isoladas permitem um melhor entendimento do papel do endocarpo na germinação e uma possível dormência (Oliveira et al., 2015).

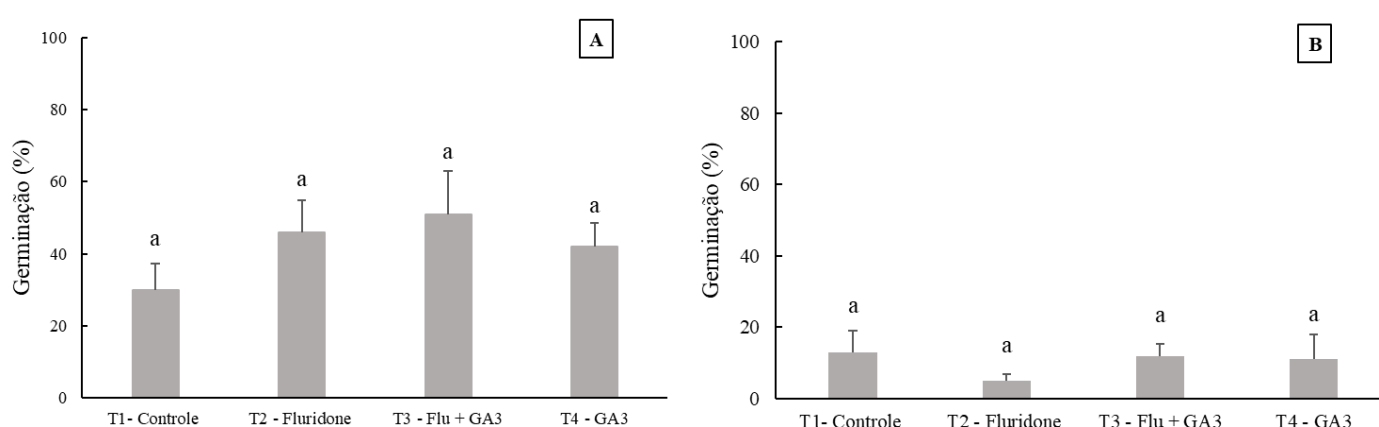
Na curva de embebição das sementes de *S. romanzoffiana* não foi possível identificar um comportamento trifásico. O alto conteúdo de água das sementes logo após a dispersão não permitiu a caracterização da fase I, sendo observado somente um longo período com lenta absorção de água (até os 70 dias), quando houve um aumento significativo do conteúdo de água nas sementes. Esse comportamento também foi encontrado em sementes de *Butia capitata*, onde a fase II foi caracterizada por uma longa estabilização da curva de embebição demonstrando a dormência de suas sementes (Oliveira et al., 2011). Na fase II, o nível de absorção é mantido relativamente constante, ou aumenta pouco e, muito lentamente, por um período conhecido como intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo (Bewley; Black, 1994). É nessa fase que as sementes de espécies que possuem dormência diferem das que não possuem. Pois segundo Ferreira e Borghetti (2004), as sementes que contêm dormência apresentam essa fase prolongada.

A terceira fase é conhecida como fase de germinação pós-absorção de água, determinada pela protrusão da raiz primária com um expressivo aumento da umidade das sementes (Pereira et al., 2022). Em sementes de *S. romanzoffiana* a protrusão do pecíolo cotiledonar iniciou a partir do décimo quinto dia após início da embebição, porém um aumento no teor de água foi observado aos 70 dias, quando havia um maior número de sementes germinadas. Entretanto nesse estudo não pode ser caracterizada a fase III, pois a germinação existente não foi significativa.

Em estudos com outras espécies de palmeiras, é possível perceber através da análise de curva de embebição o prolongado tempo de embebição necessário para obtenção de sementes com a protrusão do pecíolo cotiledonar. Em *Copernicia hospita* foi necessário um período de 192 horas após a exposição das sementes à água (Oliveira; Bosco, 2013) e em sementes de *Copernicia prunifera* foi estimado que o tempo necessário se situa entre 288 a 576 horas, ou seja, entre 12 a 24 dias (Silva et al., 2009).

Quanto aos resultados dos tratamentos pré-germinativos aplicados nas sementes de *S. romanzoffiana* a análise de variância revelou que apenas o fator condição de armazenamento exerceu efeito significativo sobre a porcentagem de germinação das sementes ($p < 0,001$), enquanto o fator tratamento e a interação entre tratamento e armazenamento não apresentaram efeitos significativos ($p > 0,05$) (Figura 2). Esses resultados indicam que os diferentes tratamentos não influenciaram na germinação, independentemente da condição de armazenamento. As médias confirmam esse padrão, sementes não armazenadas apresentaram germinação superior (Controle: 30%; Fluridone: 46%; Fluridone + GA: 51%; e GA: 42%) (Figura 2A) àquelas mantidas em armazenamento por 90 dias (Controle: 13%; Fluridone: 5%; Fluridone + GA: 12% e GA: 11%) (Figura 2B).

Figura 2 – Germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* submetidas a quatro tratamentos, (A) sem armazenamento e (B) com armazenamento.



Diferença significativa entre as condições de armazenamento conforme o teste de Tukey ($p < 0,001$). Não houve efeito significativo dos tratamentos ou da interação entre os fatores (ANOVA, $p > 0,05$). Barras indicam o erro padrão.

Fonte: Autora (2025).

Após a análise da germinação aos 90 dias, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes não germinadas por meio do teste de tetrazólio evidenciou que os tratamentos sem armazenamento apresentaram percentuais elevados de sementes viáveis (V%). Por outro lado, após o armazenamento, houve perda total da viabilidade em todos os tratamentos. Observou-se também um aumento expressivo da deterioração das sementes,

indicando que o armazenamento comprometeu a viabilidade das sementes, independentemente do tratamento aplicado previamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Porcentagem de sementes germinadas (G%), viáveis (V%) pelo teste de tetrazólio, e sementes deterioradas (D%), após 90 dias de experimento sob os diferentes tratamentos e condições de armazenamento.

Tratamento	Período de armazenamento	G%	V%	D%
Controle	Recém-colhidas	87	13	0
	90 dias	13	0	87
Fluridone	Recém-colhidas	46	17	37
	90 dias	5	0	95
Fluridone + GA	Recém-colhidas	51	15	34
	90 dias	12	0	88
GA	Recém-colhidas	42	15	43
	90 dias	11	0	89

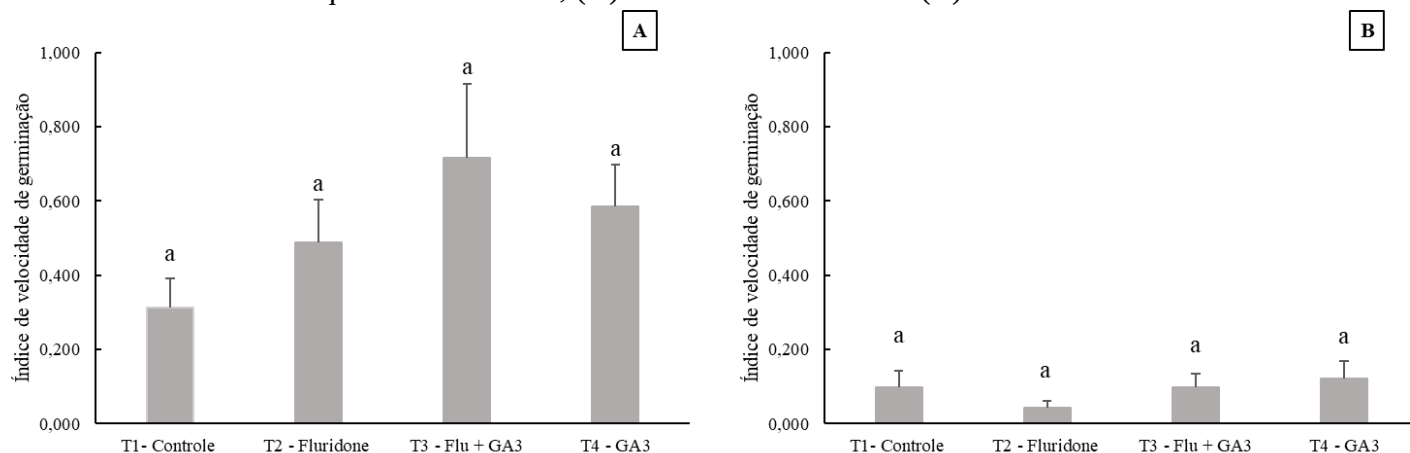
Fonte: Autora (2025).

A redução da capacidade germinativa de sementes armazenadas está relacionada às transformações degenerativas irreversíveis (lesões celular e molecular) que as sementes sofrem após ter atingido seu nível máximo da qualidade fisiológica, reduzindo, inevitavelmente, o vigor das sementes (Costa *et al.*, 2012; Chaves *et al.*, 2012; Bewley *et al.*, 2013). Assim, o processo de deterioração é intensificado com o aumento do tempo de armazenamento das sementes e as condições nas quais estão submetidas (Bewley *et al.*, 2013).

A germinação lenta e irregular demonstra a heterogeneidade dentro de um mesmo lote de sementes. Essa característica distribui a formação de indivíduos ao longo do tempo e, com isso, a população pode sobreviver a períodos com condições ambientais inadequadas ao seu desenvolvimento no campo (Carvalho; Nakagawa, 2012). No entanto, essa característica não é vantajosa quando se deseja maior homogeneidade de emergência para obtenção de mudas uniformes e em qualidade para atender as demandas de mercado (Shimizu *et al.*, 2011).

Assim como a germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) também só foi observado efeito significativo para a condição de armazenamento ($p < 0,001$), enquanto o fator tratamento e a interação entre tratamento e armazenamento não apresentaram efeitos significativos ($p > 0,05$) (Figura 3). Para as sementes não armazenadas o IVG variou de 0,31 a 0,72 para o tratamento controle e Fluridone + GA, respectivamente (Figura 3A), já para as sementes armazenadas a variação foi de 0,04 a 0,12 para o tratamento com fluridone e GA₃ (Figura 3B).

Figura 3 – Índice de velocidade de germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* submetidas a quatro tratamentos, (A) sem armazenamento e (B) com armazenamento.



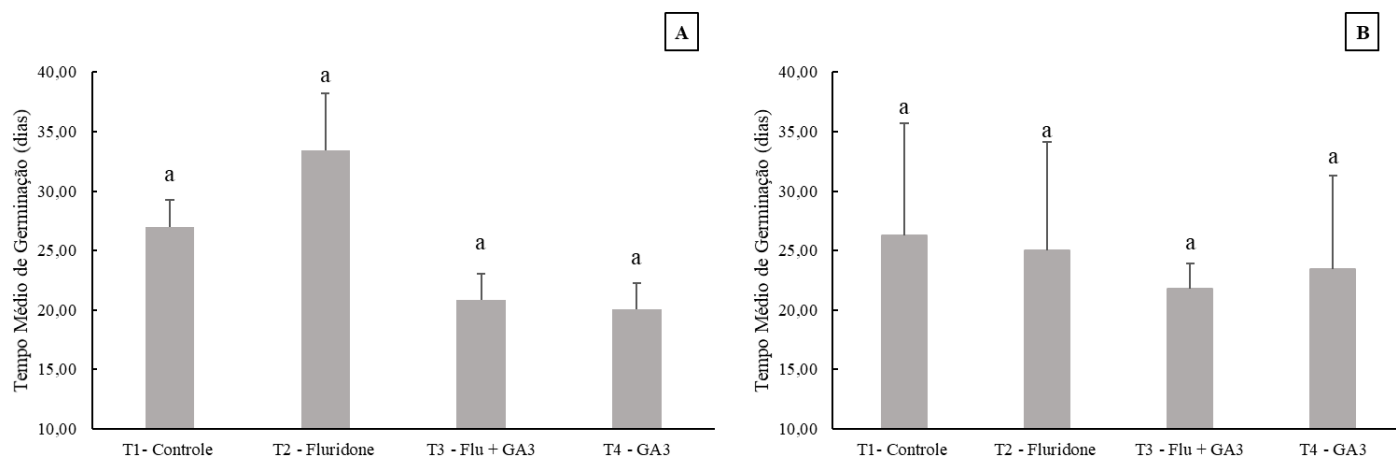
Diferença significativa entre as condições de armazenamento conforme o teste de Tukey ($p < 0,001$). Não houve efeito significativo dos tratamentos ou da interação entre os fatores (ANOVA, $p > 0,05$). Barras indicam o erro padrão.

Fonte: Autora (2025).

Em contraste ao presente estudo, que não obteve efeito positivo do uso de GA₃, a imersão dos pirênios de *S. coronata* em solução de 0,3 mM GA₃ por 24 h superou a dormência das sementes melhorando a emergência e a sobrevivência das plantas e diminuindo o tempo necessário para a obtenção de mudas (Medeiros *et al.*, 2015). A aplicação exógena de GA₃ afeta o balanço nas sementes e em alguns casos resulta em efeitos positivos na germinação de determinadas espécies (Powell, 1987; Nicola's *et al.*, 1996; Chien *et al.*, 2002; Hidayati *et al.*, 2000; Chen *et al.*, 2005). No presente estudo a dosagem utilizada não foi adequada, ou as sementes de *S. romanzoffiana* não respondem a aplicação de giberelina, que podem estar associados a mecanismos de dormência, sensibilidade ao hormônio aplicado ou duração do tratamento.

A análise não paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis não indicou diferenças significativas no tempo médio de germinação (TMG) entre os tratamentos ($p = 0,114$), entre as condições de armazenamento ($p = 0,678$) ou entre a combinação de ambos os fatores ($p = 0,451$) (Figura 4).

Figura 4 – Tempo médio de germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* submetidas a quatro tratamentos, (A) sem armazenamento e (B) com armazenamento.



Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos e condições de armazenamento quanto ao tempo médio de germinação (teste de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$ para todos os fatores e interação). Barras indicam o erro padrão.

Fonte: Autora (2025).

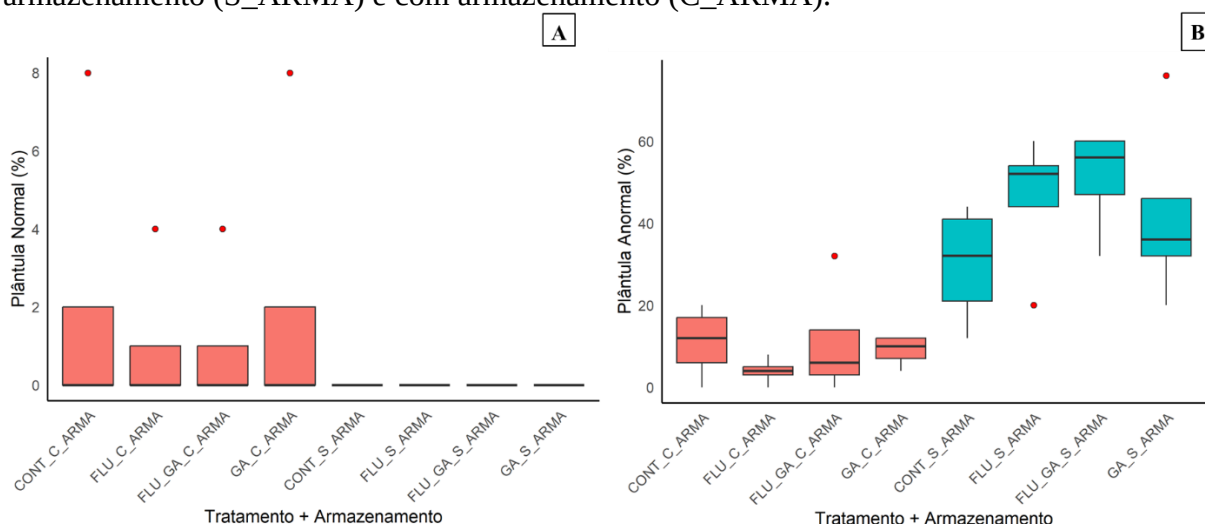
Já foi constatado que o fluridone diminui as concentrações de ABA endógeno e pode aumentar a germinação das sementes (Xu; Bewley, 1995; Bianco *et al.*, 1997; Le Page-Degivry *et al.*, 1997). Porém no presente estudo a concentração de fluridone utilizada não proporcionou efeitos significativos para as variáveis analisadas, enquanto que em sementes de *Prunus campanulata* a mesma concentração (50 μ M) foi capaz de aumentar a taxa de germinação de 21% para 94,7% (Chen *et al.*, 2007).

Foi constatada eficiência também no uso de 100 μ M de fluridone na quebra de dormência de *Comanthera elegans* (Oliveira *et al.*, 2016b), e em sementes de pêssgo (*Prunus persica* (L.) Batsch) que tem sua germinação rigorosamente regulada por mecanismos de dormência, que restringem fisiologicamente o crescimento do meristema embrionário, com um aumento significativo na taxa de germinação de 0% para 71,4% (Worarad *et al.*, 2017). Assim, os resultados indicam que a dosagem utilizada neste estudo possivelmente não foi adequada para promover alterações fisiológicas nas sementes de *S. romanzoffiana*, ou ainda que essa espécie não responda de forma efetiva ao tratamento com fluridone. Essa ausência de resposta pode estar associada a mecanismos específicos de dormência, à sensibilidade diferenciada das sementes ao inibidor aplicado ou mesmo à duração do tratamento utilizado.

A análise não paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis indicou que não houve diferença significativa na frequência de plântulas normais entre os tratamentos ($p = 0,9994$), nem na interação entre tratamento e armazenamento ($p = 0,7275$). A única

diferença estatisticamente significativa foi observada entre as condições de armazenamento ($p = 0,03575$) (Figura 5A). No entanto, todas as medianas foram iguais a zero, independentemente do tratamento ou condição de armazenamento, o que indica que a proporção de plântulas normais foi extremamente baixa ou inexistente em todos os grupos avaliados. Esse resultado sugere que, apesar da significância estatística entre as condições de armazenamento, essa diferença não se traduz em um efeito prático visível sobre a formação de plântulas normais.

Figura 5 - Análise boxplot para porcentagem de plântula normal (A) e anormal (B) de *Syagrus romanzoffiana* submetidas a quatro tratamentos (CONT: controle; FLU: fluridone (concentração); FLU_GA: fluridone + ácido giberélico (concentração); GA: ácido giberélico (concentração), em duas condições de armazenamento: sem armazenamento (S_ARMA) e com armazenamento (C_ARMA).



Nas variáveis plântula normal e anormal, apenas o fator armazenamento apresentou efeito significativo ($p < 0,001$), independentemente do tratamento aplicado.

Fonte: Autora (2025).

Para o número de plântulas anormais (PA) ($p < 0,001$), a análise de variância (ANOVA) também indicou que apenas o armazenamento teve efeito significativo ($p < 0,001$), enquanto os tratamentos ($p = 0,536$) e a interação entre os fatores ($p = 0,372$) não apresentaram significância estatística (Figura 5B). As sementes não armazenadas, independente do tratamento utilizado, resultou em um número significativamente maior de plântulas anormais em comparação as sementes armazenadas. A mediana foi de 32, 52, 56 e 36% para o controle, fluridone, fluridone + GA e GA, respectivamente, de sementes não submetidas ao armazenamento. E de 12, 4, 6 e 10% para o controle, fluridone, fluridone + GA e GA, respectivamente, de sementes submetidas ao armazenamento.

O herbicida fluridone, possui a capacidade de inibir os carotenoides e seus metabólitos derivados (Kitahata *et al.*, 2006). Em muitas plantas, acredita-se que os inibidores da biossíntese de carotenoides afetam a germinação das sementes, reduzindo a concentração de ABA (Yoshioka *et al.*, 1998). Por exemplo, embriões de trigo tratado com fluridone acumularam um menor teor de ABA (Rasmussen *et al.*, 1997). Zhang *et al.* (2009) descobriram que pêssegos e toranjas tratados com fluridone apresentaram uma clara diminuição no teor endógeno de ABA. Entretanto, o baixo percentual de plântulas normais obtidos tanto para as sementes armazenadas quanto não armazenadas de *Syagrus romanzoffiana*, demonstram que a concentração de fluridone utilizada não foi capaz de proporcionar aumento na taxa de germinação, e conseqüentemente na formação de plântulas vigorosas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A viabilidade e o desempenho germinativo de sementes de *Syagrus romanzoffiana* foram severamente comprometidos pelo armazenamento. O tratamento das sementes com fluridone, giberelina ou sua combinação, nas concentrações utilizadas, não foram eficazes para aumentar a germinação. Para se obter a máxima germinação e a formação plântulas mais vigorosas, recomenda-se a utilização de sementes recém-coletadas. Novos estudos testando diferentes concentrações e tempos de exposição aos reguladores de crescimento são recomendados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C. P. de *et al.* Temperature, light, and desiccation tolerance in seed germination of *Mauritia flexuosa* LF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 3, p. 1-7, 2018.
- ANDERSON, J. V.; CHAO, W. S.; HORVATH, D. P. A current review on the regulation of dormancy in vegetative buds. **Weed Science**, v. 49, n. 5, p. 581-589, 2001.
- BALESEVIC-TUBIC, S. *et al.* Seed viability of oil crops depending on storage conditions. **Helia**, v. 33, n. 52, p. 153-160, 2010.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.
- BATISTA, G. S. et al. Aspectos morfológicos dos diásporos e das plântulas de *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc–Arecaceae. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 3, p. 170-176, 2011.
- BENSCHOP, J. J. *et al.* Contrasting interactions between ethylene and abscisic acid in *Rumex* species differing in submergence tolerance. **Plant Journal**. v. 44, p. 756-768, 2005.

- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plemun Press, 1994. 445p.
- BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The plant cell**, v. 9, n. 7, p. 1055, 1997.
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAK, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. Springer: New York, 2013.
- BIANCO, J.; GARELLO, G.; LE PAGE-DEGIVRY, M. Th. De novo ABA synthesis and expression of seed dormancy in a gymnosperm: *Pseudotsuga menziesii*. **Plant Growth Regulation**, v. 21, n. 2, p. 115-119, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Determinação do grau de umidade. In: **Regras para Análise de Sementes**. 2025. Disponível em: https://wikisda.agricultura.gov.br/ptbr/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/RAS_2025/ras_2024_umidade. Acesso em: 12 ago. 2025.
- BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.360, p.141-147, 1994.
- BRUNO, M. M. A. *et al.* Fenologia reprodutiva de três espécies de *Syagrus* (Arecaceae) em uma savana tropical no Brasil. **Flora**, v. 252, p. 18-25, 2019.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CHAVES, T. H.; RESENDE, O.; SIQUEIRA, V. C.; ULLMANN, R. Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. **Semina: Ciências Agrárias**, n. 33, 2012, p. 1653-1662.
- CHEN H, Z. J. *et al.* Integration of light and ABA signalling during seed germination and early seedling development. **Proc Nat Acad Sci**. 2008; 105(11):4495-4500. <https://doi.org/10.1073/pnas.0710778105>.
- CHEN SHUNYING, C. S. Y. *et al.* Associação de ácido abscísico e giberelinas com dormência e germinação em sementes de *Prunus buergeriana* Miq. 2005.
- CHEN, S. Y. *et al.* DORMANCY-break and germination in seeds of *Prunus campanulata* (Rosaceae): role of covering layers and changes in concentration of abscisic acid and gibberellins. **Seed Science Research**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2007.
- CHIEN, Ching-Te; CHEN, Shun-Ying; CHANG, Wan-Long. Estratificação e tratamentos com giberelina para sementes de quatro espécies de árvores taiwanesas. **Taiwan Journal of Forest Science**, v. 17, p. 51-57, 2002.
- CHIEN, CHING-TE; KUO-HUANG, Ling-Long; LIN, TSAN-PIAO. Alterações na ultraestrutura e no nível de ácido abscísico e resposta à aplicação de giberelinas em sementes de *Taxus mairei* tratadas com estratificação a quente e a frio. **Annals of Botany**, v. 81, n. 1, p. 41-47, 1998.
- COSTA, C. R. X. *et al.* Effects of temperature, light and seed moisture content on germination of *Euterpe precatoria* Palm. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 1, p. 98-106, 2018.

- COSTA, L. M.; RESENDE, O.; GONÇALVES, D. N.; SOUSA, K. A. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, n. 34, 2012, p. 239-301.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.
- DOWNER, J.; HODEL, D. The effects of mulching on establishment of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Becc., *Washingtonia robusta* H. Wendl. and *Archontophoenix cunninghamiana* (H. Wendl.) H. Wendl. & Drude in the landscape. **Scientia Horticulturae**, v. 87, n. 1-2, p. 85-92, 2001.
- FALASCA, S. L.; DEL FRESNO, C. M.; ULBERICH, A. Possibilities for growing queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) in Argentina as a biodiesel producer under semi-arid climate conditions. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 19, p. 14843-14848, 2012.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 71 p. 428-34, 1958.
- FELIX, F. C. *et al.* Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323p.
- FIOR, C. S.; DE CAMPOS, S. S.; SCHWARZ, S. F. Tolerância à dessecação e armazenamento em temperatura sub-zero de sementes de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick. **Iheringia. Série Botânica**. Porto Alegre, v. 75, 2020.
- GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, P. G.; DUARTE, D. M. Seasonal changes in germination and dormancy of buried seeds of endemic Brazilian Eriocaulaceae. **Seed Science Research**, v.24, n.2, p.113-117, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0960258514000038>.
- GARCIA, V. A. **Desenvolvimento e maturação de frutos e sementes de espécies de Arecaceae (*Bactris gasipaes* Kunth., *Euterpe edulis* Mart. e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman)**. 2015. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente), Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 118p.
- GOUDEL, F. *et al.* Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 147-154, 2013.
- HIDAYATI, S. N.; BASKIN, J. M.; BASKIN, Carol C. Morphophysiological dormancy in seeds of two North American and one Eurasian species of *Sambucus* (Caprifoliaceae) with underdeveloped spatulate embryos. **American Journal of Botany**, v. 87, n. 11, p. 1669-1678, 2000.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. **Bioversity International**, Rome, 1996.

HUARTE, H. R.; BENECH-ARNOLD, R. L. Hormonal nature of seed responses to fluctuating temperatures in *Cynara cardunculus* (L.). **Seed Science Research**, v.20, n.1, p.39-45, 2010.

IOSSI, E.; MORO, F. V.; SADER, R. Seed anatomy and germination of *Phoenix roebelenii* O'Brien (Arecaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 121-128, 2006.

JIN, J. *et al.* Toxic effects of fluridone on early developmental stages of Japanese Medaka (*Oryzias latipes*). **Science of the Total Environment**, v. 700, p. 134495, 2020.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. Interceptação da precipitação em um fragmento de floresta estacional semidecídua do sul de Minas Gerais: Estudo observacional. **Sustentare**, v. 3, n. 1, p. 109-121, 2019.

KITAHATA, N. *et al.* A 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase inhibitor for use in the elucidation of abscisic acid action mechanisms. **Bioorganic & medicinal chemistry**, v. 14, n. 16, p. 5555-5561, 2006.

LE PAGE-DEGIVRY, M. Th; GARELLO, G.; BARTHE, Ph. Alterações na biossíntese e no catabolismo do ácido abscísico durante a quebra de dormência em embriões de *Fagus sylvatica*. **Journal of plant growth regulation**, v. 16, n. 2, p. 57-61, 1997.

LORENZI, H. 2002. **Árvores brasileiras, manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4 ed. Nova Odessa: Plantarum.

LORENZI, H. 2015. **Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum.

MAGALHÃES, T. D. 2021. **Qualidade fisiológica de sementes de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman**. Mestrado Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection aid evolution for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MARTINS, C. C. *et al.* Teores de água crítico e letal para sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart. -Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 125-132, 1999.

MEDEIROS, M. J. *et al.* Overcoming seed dormancy using gibberellic acid and the performance of young *Syagrus coronata* plants under severe drought stress and recovery. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 97, p. 278-286, 2015.

MOREIRA, M. A. C. *et al.* Characterization of *Syagrus romanzoffiana* oil aiming at biodiesel production. **Industrial Crops and Products**, v. 48, p. 57-60, 2013.

NASCIMENTO, L. M. *et al.* Pre-depulp and depulping treatments and the emergence of queen palm seeds (*Syagrus romanzoffiana* [Cham.] Glassman). **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 13, n. 3, p. 466-472, 2019.

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

NEVES, S. da C. *et al.* Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 208, n. 1, p. 68-78, 2013.

NICOLÁS, C.; NICOLÁS, G.; RODRÍGUEZ, D. Efeitos antagonistas do ácido abscísico e do ácido giberélico na quebra de dormência de sementes de *Fagus sylvatica*. **Fisiologia plantarum**, v. 2, pág. 244-250, 1996.

OLIVEIRA, A. B.; BOSCO, M. R. O. Biometria, determinação da curva de absorção de água em sementes e emergência inicial de plântulas de *Copernicia hospita* Martius. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.66-74, 2013.

OLIVEIRA, A. S. *et al.* Maturação, temperatura e quebra de dormência na germinação de sementes de sempre-vivas. **Ornamental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 186-195, 2016b.

OLIVEIRA, N. C. C.; OLIVEIRA, L. A. A.; ALENCAR, G. F.; BISPO, E. P. R.; LOPES, P.S.N.; NEVES, S.C. Caracterização da curva de embebição de sementes de coquinho azedo, submetidas a diferentes métodos e temperaturas. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, 2011.

OLIVEIRA, R. A. D. *et al.* Storage, oil quality and cryopreservation of babassu palm seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 91, p. 332-339, 2016.

OLIVEIRA, T. G. S. *et al.* Longevity and germination of *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) seeds and its ecological implications. **Revista de Biología Tropical**, v. 63, n. 2, p. 333-340, 2015.

PEREIRA, W. V. S. *et al.* Imbibition curve in forest tree seeds and the triphasic pattern: theory versus practice. **South African Journal of Botany**, v. 144, p. 105-114, 2022.

PÉREZ, H. E.; CRILEY, R. A.; BASKIN, C. C. Promoting germination in dormant seeds of *Pritchardia remota* (Kuntze) Beck., an endangered palm endemic to Hawaii. **Natural Areas Journal**, v. 28, n. 3, p. 251-260, 2008.

POWELL, L. E. O controle hormonal da dormência de brotos e sementes em plantas lenhosas. Em: **Hormônios vegetais e seu papel no crescimento e desenvolvimento das plantas**. Dordrecht: Springer Holanda, 1987. p. 539-552.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RASMUSSEN, R. D. *et al.* Wheat kernel dormancy and+ abscisic acid level following exposure to fluridone. **Journal of Plant Physiology**, v. 150, n. 4, p. 440-445, 1997.

RIBEIRO, L. M. *et al.* Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, 2010.

RIBEIRO, L. M. *et al.* Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.

SALEH, E. O. L.; LUIS, Z. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Determination of physiological and environmental conditions for the storage of babassu palm seeds (*Attalea speciosa*). **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 139-150, 2017.

- SALM, R.; JALLES-FILHO, E.; SCHUCK-PAIM, C. A model for the importance of large arborescent palms in the dynamics of seasonally-dry Amazonian forests. **Biota Neotropica**, v. 5, p. 151-156, 2005.
- SANTOS, I. R. I.; SALOMÃO, A. N. In vitro germination of zygotic embryos excised from cryopreserved endocarps of queen palm (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 53, p. 418-424, 2017.
- SHIMIZU, E. S. C.; PINHEIRO, H. A.; COSTA, M. A.; SANTOS FILHO, B. G. Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente. **Revista Árvore**, v.35, n.4, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000500004>.
- SILVA, E. A. A. **Coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination: mechanisms and regulation**. Wageningen University and Research, 2002.
- SILVA, F. D. B.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A. M. E.; FREITAS, J. B. S.; ASSUNÇÃO, M. V. Pré embebição e profundidade de semeadura na emergência de *Copernicia prunifera* (Miller) H. E Moore. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.272-278, 2009.
- SMIDERLE, O. J. *et al.* Biometria de pirênios e emergência de plântulas de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2017. p. 01-13.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719p.
- WORARAD, K. *et al.* Effects of fluridone treatment on seed germination and dormancy-associated gene expression in an ornamental peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). **The Horticulture Journal**, v. 86, n. 3, p. 317-326, 2017.
- XU, N.; BEWLEY, J. Derek. The role of abscisic acid in germination, storage protein synthesis and desiccation tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) seeds, as shown by inhibition of its synthesis by fluridone during development. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, n. 6, p. 687-694, 1995.
- YOSHIOKA, T.; ENDO, T.; SATOH, S. Restoration of seed germination at supraoptimal temperatures by fluridone, an inhibitor of abscisic acid biosynthesis. **Plant and Cell Physiology**, v. 39, n. 3, p. 307-312, 1998.
- ZHANG, M.; LENG, P.; ZHANG, G.; LI, X. Cloning and functional analysis of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase (NCED) genes encoding a key enzyme during abscisic acid biosynthesis from peach and grape fruits. **Journal of plant physiology**, v. 166, n. 12, p. 1241-1252, 2009.
- ZIMMERMANN, T. G.; BEGNINI, R. M.; SILVA, F. R. 2011. *Syagrus romanzoffiana* (Jerivá). pp. 812-819. In: Coradin, L., A. Siminski, and A. Reis. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília.

ARTIGO 2 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS ALELOPÁTICOS DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman NA GERMINAÇÃO DE *Lactuca sativa*

RESUMO

Syagrus romanzoffiana (jerivá) é uma palmeira nativa da América do Sul, com ampla distribuição no Brasil e múltiplos usos econômicos e ecológicos. Este estudo teve como objetivo avaliar a presença de substâncias inibidoras da germinação em extratos do endocarpo e sementes de *S. romanzoffiana* e seu efeito na germinação de sementes de *L. sativa*. Bioensaios foram realizados com sementes de alface (*Lactuca sativa*), utilizando extratos aquosos e hidroalcoólicos da semente e endocarpo de *S. romanzoffiana* em diferentes concentrações. Os extratos aquosos não afetaram significativamente a germinação, mas comprometeram o crescimento radicular das plântulas, evidenciando atividade alelopática. Em contraste, os extratos hidroalcoólicos inibiram completamente a germinação em todas as concentrações testadas, indicando a presença de compostos inibidores solúveis em álcool. A quantificação de compostos fenólicos revelou maior concentração nas sementes do que nos endocarpos, corroborando a hipótese da atuação desses metabólitos como agentes aleloquímicos. Os resultados sugerem que a dormência em *S. romanzoffiana* pode estar associada à presença de compostos fenólicos e que esses atuam como barreiras ao processo germinativo. O estudo contribui para o entendimento dos mecanismos envolvidos na germinação da espécie e destaca a necessidade de futuras investigações para identificação dos compostos responsáveis pela atividade inibitória.

Palavras-chave: alelopatia; bioensaio; dormência; germinação de sementes; inibidores da germinação.

ABSTRACT

Syagrus romanzoffiana (jerivá) is a palm species native to South America, widely distributed in Brazil and with multiple economic and ecological uses. This study aimed to evaluate the presence of germination-inhibiting substances in extracts from the endocarp and seeds of *S. romanzoffiana* and their effect on the germination of *L. sativa* seeds. Bioassays were conducted using lettuce (*Lactuca sativa*) seeds, with aqueous and hydroalcoholic extracts from the seeds and endocarp of *S. romanzoffiana* at different concentrations. The aqueous extracts did not significantly affect germination but impaired root growth of the seedlings, indicating allelopathic activity. In contrast, the hydroalcoholic extracts completely inhibited germination at all tested concentrations, suggesting the presence of alcohol-soluble inhibitory compounds. The quantification of phenolic compounds revealed higher concentrations in the seeds than in the endocarps, supporting the hypothesis that these metabolites act as allelochemical agents. The results suggest that dormancy in *S. romanzoffiana* may be associated with the presence of phenolic compounds, which act as barriers to the germination process. This study contributes to the understanding of the mechanisms involved in the germination of this species and highlights the need for further investigations to identify the compounds responsible for the inhibitory activity.

Keywords: allelopathy; bioassay; dormancy; seed germination; germination inhibitors.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae), popularmente conhecida como jerivá, é nativa da América do Sul, com ampla distribuição nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (Souza *et al.*, 2022). Tem importância em diversos usos, sendo fonte de óleo, fibra e palmito, além de possuir valor ornamental, podendo atingir cerca de 20 metros de altura (Bernacci *et al.*, 2008; Laindorf *et al.*, 2018). Além disso, seus frutos adocicados são bastantes consumidos pela fauna silvestre (Weirich Neto *et al.*, 2020). A propagação da espécie se dá por via sexuada, e assim como as palmeiras no geral, apresenta taxa de germinação média e uma baixa velocidade de emergência (Broschat, 1994; Goudel *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015), geralmente associada a fatores como presença de dormência (Broschat, 1994; Baskin; Baskin, 2014; Almeida *et al.*, 2018).

Embora a dormência seja considerada uma estratégia para a perpetuação de muitas espécies, impedindo que todas as sementes germinem ao mesmo tempo, em condições ambientais adversas, esse mecanismo pode impor restrições quando a produção de mudas é desejada (Araujo *et al.*, 2018; Corrêa *et al.*, 2022). A dormência pode ser causada por diversos fatores, entre esses, a presença de substâncias inibidoras da germinação e do desenvolvimento de plântulas, também chamadas de aleloquímicos (Vasconcelos *et al.*, 2019). Nas sementes, esses compostos podem proporcionar vários efeitos, como reduzir o percentual de germinação, o índice de velocidade de germinação e o crescimento de plântulas, além de ocasionar um desenvolvimento de plântulas anormais (Cruz-Ortega *et al.*, 1998; Kato-Noguchi *et al.*, 2002; Levizou *et al.*, 2002; Ferreira; Borghetti, 2004).

Esses compostos com ação aleloquímica são, normalmente, metabólitos secundários, como os compostos fenólicos, alcaloides e terpenoides (Weir *et al.*, 2004; Kaur *et al.*, 2005; Batish *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009). Espécies vegetais que produzem compostos com atividade alelopática inibitória podem atuar como herbicidas naturais eficazes, auxiliando no controle de plantas daninhas, além disso, essas espécies podem indicar potenciais fontes de novos compostos com ação biocida, contribuindo para o aumento da produtividade das culturas e promovendo um ambiente de cultivo mais equilibrado (Piña-Rodrigues; Lopes, 2001; Rezende *et al.*, 2003; Mairesse *et al.*, 2007).

A detecção de aleloquímicos pode ser realizada por meio de bioensaios utilizando sementes de plantas bioindicadoras, como alface, tomate e gergelim, a partir de extratos obtidos de seus frutos e sementes da espécie de interesse, os extratos são aplicados no substrato onde a semente da espécie bioindicadora é semeada, para verificar seus efeitos na germinação e no desenvolvimento das mudas (Magalhães, 2011). Alguns autores têm

relatado o efeito aleloquímico de partes de frutos e sementes sobre a germinação e o crescimento de plântulas de alface, pepino, repolho e tomate (Khan, 1982; Merrow, 2004; Fernandes, 2008;). Dessa forma, a ação de substâncias inibidoras da germinação envolvendo palmeiras devem ser explorados a fim de preencher lacunas de conhecimento sobre essa família. Diante do exposto, objetivou-se, nesta pesquisa, investigar a presença de substâncias inibidoras da germinação em extratos do endocarpo e sementes de *S. romanzoffiana* e seu efeito na germinação de sementes de *L. sativa*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de coleta e de realização do experimento

Frutos maduros de *Syagrus romanzoffiana* foram coletados em fevereiro de 2025, diretamente de quatro árvores matrizes localizadas na Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais (21°14'43"S e 44°59'59"O). Após a coleta, os frutos foram levados para o viveiro florestal, onde foram armazenados em sacos plásticos para uma fermentação inicial de cinco dias, e em seguida, colocados para despolpar em uma betoneira elétrica (contendo água e brita) por um período de aproximadamente duas horas, com a remoção do restante da polpa sendo feita, manualmente (Oliveira *et al.*, 2015). Ao final desse processo, obteve-se o pirênio (endocarpo + semente). O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais (LSF), do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras. Para a caracterização do lote foram realizadas a determinação do conteúdo de água e o teste de germinação.

2.2 Bioensaio

Sementes de alface (*Lactuca sativa* cv Grand Rapids, Marca Feltrin; 98% de Germinação) foram submetidas ao teste de germinação em substrato umedecido com extratos dos endocarpos e das sementes de *S. romanzoffiana*. Para a confecção do extrato hidroalcoólico e aquoso, após o beneficiamento os pirênios foram separados em duas partes: 1) endocarpo e 2) semente (tegumento, endosperma e embrião). Os fragmentos foram triturados separadamente em um liquidificador industrial e passados em peneira para a obtenção do pó. A partir do pó, foram confeccionados os extratos.

Para a obtenção do extrato aquoso, adicionaram-se 8 mL de água destilada aquecida a 80 °C a 8 g do material triturado (solução 100%) e 16 mL para 8 g (solução 50%), em ambos os materiais. O material foi deixado em repouso no escuro, em temperatura ambiente durante 24 horas em frasco com tampa fechada. Após esse período,

realizou-se a filtração utilizando filtro de papel. Para a obtenção do extrato hidroalcoólico, foram adicionados 64 mL de álcool etílico 70% em 10g do pó de cada parte do pirênio, e mantidos em local escuro, a temperatura ambiente por sete dias. Em seguida foi realizada a filtração com papel filtro e a evaporação do álcool em rotaevaporador a 100 rpm e 55 °C, até volume constante. Ao extrato obtido foi acrescentado 1% de twenn 80. Em seguida o extrato foi diluído em água destilada até a concentração de 20 e 50%.

Para avaliar o efeito dos extratos obtidos sobre a germinação foram utilizadas sementes de alface. O teste de germinação de sementes de alface foi conduzido em câmara de germinação tipo Mangelsdorf a 20 °C, com 4 repetições de 50 sementes, em placa de Petri, sobre papel umedecido com 2,5 vezes a massa do papel com os extratos. Foram usados como controle sementes germinadas somente em água destilada para o extrato aquoso e água + tween 80 (1%) para o extrato hidroalcoólico. A contagem da germinação foi realizada diariamente durante 7 dias após o início do teste (Brasil, 2025).

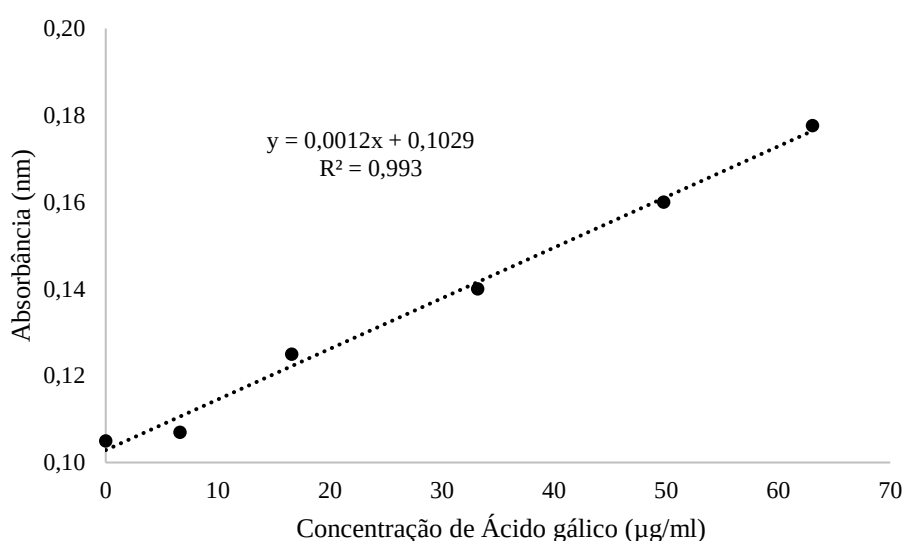
As seguintes características foram avaliadas: porcentagem e índice de velocidade de germinação (Maguire, 1962). No final do teste foram determinados o número de plântulas normais, o comprimento do hipocótilo e da radícula, a massa fresca e seca. O comprimento da radícula e do hipocótilo foi obtido após digitalização das imagens das plântulas e medição usando o *software* ImageJ. Após as medições de comprimento de radícula e hipocótilo, as plântulas foram pesadas para obtenção da massa fresca (MF), e em seguida foram secas em estufa com circulação de ar (65°C) até peso constantes e pesadas para determinação da massa seca (MS).

2.4 Quantificação de compostos fenólicos totais

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada a partir do endocarpo e endosperma de acordo com a metodologia proposta por Singleton *et al.* (1999). Os materiais foram triturados separadamente em liquidificador industrial. Após a trituração das amostras, quatro gramas do material foram colocados em tubos de ensaio e adicionados 10 mL de metanol. Os tubos foram fechados e levados ao banho-maria a 45 °C por 10 minutos. Após esse período o conteúdo de cada tubo foi filtrado em balão volumétrico de 50 mL, utilizando papel filtro previamente umedecido com metanol, a fim de evitar perdas por adsorção. Esse processo de extração foi repetido por mais duas vezes. Ao final das três extrações, o volume do balão foi completado com metanol.

Para a quantificação total de fenóis, foram coletados 100 µL dos extratos, aos quais foram acrescidos 250 µL do reagente de Folin-Ciocalteu e 750 µL de carbonato de sódio a 7,5%. A absorbância da fração líquida foi determinada a 760 nm em espectrofotômetro UV-vis, usando-se branco como referência. Uma curva de calibração de ácido gálico foi utilizada para a quantificação dos fenóis totais (Figura 1). A quantificação dos compostos fenólicos nos extratos do endocarpo e endosperma foram realizadas em triplicata, e os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico.

Figura 1 – Curva Padrão de Ácido Gálico a 760 nm (Folin-Ciocalteu) para Quantificação de Compostos Fenólicos Totais ($R^2 = 0,993$).



Fonte: Autora (2025).

2.5 Análises estatísticas

No bioensaio com sementes de alface, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene para verificar normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias, respectivamente, ambos ao nível de 5%. Quando os pressupostos foram atendidos, aplicou-se ANOVA seguida do teste de Tukey. Para dados que não atenderam aos pressupostos, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis ($\chi^2 = 9,35$; $gl = 4$; $p = 0,05$), seguido de comparações múltiplas com correção de Bonferroni. As análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2025).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos bioensaios para avaliação do efeito dos extratos sobre a germinação de sementes de alface, não foram verificados efeitos significativos dos tratamentos com extratos aquosos de *S. romanzoffiana*. Obteve-se valores elevados de germinação em todos os tratamentos, sem diferenças significativas em relação ao controle (Tabela 1). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Corrêa *et al.* (2022), que nos bioensaios com sementes de alface, tomate e cenoura, utilizando extrato aquoso de sementes de *Zanthoxylum rhoifolium* (Rutaceae) não observou a inibição da germinação em nenhuma concentração, havendo variação apenas na velocidade de germinação das sementes de tomate em comparação ao controle.

Tabela 1 - Germinação (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Plântula normal (PN), Massa fresca (MF) e seca (MS), Comprimento da raiz (CR) e hipocótilo (CH) de *Lactuca sativa* (alface), em bioensaio com extratos aquosos de *Syagrus romanzoffiana*.

Tratamentos	G (%)	IVG	PN	MF	MS	CR	CH
T1: Controle	100a	49,6a	98ab	0,3072b	0,0254b	3,77a	2,38a
T2: Semente 50%	98a	32,6b	89b	0,3435b	0,0257ab	0,45c	2,16a
T3: Semente 100%	100a	44,4a	99a	0,4222a	0,0281a	0,77c	2,83a
T4: Endocarpo 50%	99a	49,3a	99a	0,4530a	0,0248b	1,29b	2,98a
T5: Endocarpo 100%	100a	47,1a	96ab	0,4222a	0,0271ab	0,68c	2,97a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Fonte: Autora (2025).

Resultados semelhantes foram observados com o uso do extrato aquoso de pirênios de *Trithrinax acanthocoma* Drude (Arecaceae), nas concentrações de 50 e 100%, nos quais não foi verificado efeito inibidor na germinação ou na formação de plântulas normais em sementes de alface, sugerindo a ausência de inibidores hidrossolúveis (Soares *et al.*, 2025).

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi menor no tratamento com extrato de semente a 50% com 32,6 (Tabela 1). Fernandes (2008) ao avaliar os efeitos de extratos aquosos e etanólicos de diferentes partes do fruto (exocarpo, mesocarpo e endocarpo) e da semente do coquinho-azedo (*Butia capitata* (Mart.) Becc), também não obtiveram na germinação e no IVG, somente para a matéria seca das plântulas influenciada somente pelas partes do fruto independentemente do tipo de extrato.

Em contraste, Araújo *et al.* (2018b), ao trabalharem com diferentes concentrações de extrato aquoso de sementes de *Sesbania virgata* na germinação de alface, detectaram que as concentrações de 50% e 100% afetaram significativamente a germinação, enquanto as proporções inferiores à 50% propiciaram a mesma porcentagem e índice de velocidade de germinação que a testemunha. O mesmo foi observado por Coelho *et al.* (2011), que ao estudar extratos de sementes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), detectaram que as concentrações de 75% e 100% afetaram significativamente a germinação, enquanto as proporções iguais ou inferiores à 50%, também resultou na mesma porcentagem e índice de velocidade de germinação que a testemunha.

Ferreira e Borghetti (2004) destacam que a germinação tende a ser menos sensível à ação dos aleloquímicos, sendo seus efeitos mais pronunciados no desenvolvimento das plântulas. Além disso, Chiapusio *et al.* (1997) ressaltam que, embora a porcentagem de germinação seja um índice amplamente utilizado, ela não contempla aspectos importantes do processo germinativo, por representar apenas o resultado final, sem considerar atrasos ou períodos de inatividade ocorridos ao longo do bioensaio. Quando sementes de espécies sensíveis são expostas a aleloquímicos (Anese *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2015), os efeitos mais comumente observados são o atraso no tempo de germinação, atrofia e engrossamento da raiz, redução do crescimento radicular, ausência de raiz primária ou secundária e redução do crescimento de hipocótilo (Gatti *et al.*, 2010; Silvestre *et al.*, 2013; Pereira; Silva Mendes, 2022).

Para a variável plântula normal (PN), nenhum tratamento se diferiu da testemunha. Segundo Rice (2013), os efeitos benéficos de uma planta sobre outra não devem ser desvinculados do conceito de alelopatia, uma vez que um dado composto químico pode ter efeito inibitório ou estimulante, dependendo da concentração no meio ambiente. Os extratos de plantas alelopáticas são geralmente associados a efeitos negativos em várias plantas, no entanto, efeitos benéficos ou estimulantes são às vezes observados (Pérez-Peralta *et al.*, 2019).

Em determinadas espécies pode ser possível observar que determinadas concentrações podem favorecer o potencial de germinação e o acréscimo de outras variáveis, principalmente quando utilizados extratos aquosos (Reigosa *et al.* 2013). Como foi observado para a variável massa fresca (MF), onde os extratos de semente com concentração 100% e endocarpo (concentração 50% e 100%) proporcionaram maior acúmulo de biomassa, diferindo significativamente da testemunha (0,307 g). Enquanto na

massa seca (MS), o extrato de semente na concentração 100% apresentou a maior média (0,028 g), também diferindo significativamente da testemunha (0,025 g).

Quanto as variáveis de crescimento, não houve diferença para o crescimento do hipocótilo, porém para o comprimento da raiz observou-se diferença significativa da testemunha (3,77 cm) para as diferentes partes do pirênio com valores entre 0,45 e 1,69 cm (Tabela 1). De acordo com Carvalho *et al.* (2014) o sistema radicular das plantas é o mais sensível à ação de aleloquímicos, porque o seu alongamento depende das divisões celulares, que, se inibidas, comprometem o seu desenvolvimento normal.

Esses achados corroboram com os resultados de Fernandes (2008), sugerindo que compostos aleloquímicos podem ter influenciado o alongamento das estruturas. Outros estudos também evidenciam esse efeito alelopático: extratos obtidos das folhas de cagaita (*Eugenia dysenterica*), de *Bothriochloa laguroides*, bem como o óleo volátil de *Artemisia scoparia*, comprometeram o crescimento da radícula em espécies como gergelim, alface e nas plantas daninhas *Cassia occidentalis* e *Parthenium hysterophorus* (Kaur *et al.*, 2010; Pina *et al.*, 2009; Scrivanti, 2010).

A redução no crescimento da radícula pode estar associada à presença de metabólitos específicos que interferem no transporte polar de auxinas, provocando um desequilíbrio nos níveis desse fitormônio (Levizou *et al.*, 2002; Taylor; Grotewold, 2005; Weir *et al.*, 2004). Além disso, os aleloquímicos podem comprometer o desenvolvimento das plântulas ao afetarem processos fisiológicos essenciais, como a síntese de ácidos nucleicos e proteínas, a disponibilidade de oxigênio para o embrião, a permeabilidade das membranas celulares e a fotossíntese (Weir *et al.*, 2004).

Já nos tratamentos com extrato hidroalcoólico de *Syagrus romanzoffiana*, a germinação de sementes de alface foi totalmente inibida, independentemente do tecido usado para extração (semente ou endocarpo) e da concentração (20% ou 50%) (Tabela 2). Nenhuma semente germinou nos quatro tratamentos. A testemunha apresentou 100% de germinação, IVG de 42,75, 96% de plântulas normais, massa seca de 0,025g e comprimento de raiz e hipocótilo de 4,22 e 1,34 cm, respectivamente. Os resultados indicam forte efeito alelopático dos extratos hidroalcoólicos da espécie sobre a germinação de *L. sativa*, com efeito inibitório total em todas as concentrações testadas.

Tabela 2 - Germinação (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Plântula normal (PN), Massa fresca (MF) e seca (MS), Comprimento da raiz (CR) e hipocótilo (CH) de *Lactuca sativa* (alface), em bioensaio com extratos hidroalcoólicos de *Syagrus romanzoffiana*.

Tratamentos	G (%)	IVG	PN	MF	MS	CR	CH
T1: Controle	100	42,75	96	0,3406	0,0254	4,22	1,34
T2: Semente 20%	0	-	-	-	-	-	-
T3: Semente 50%	0	-	-	-	-	-	-
T4: Endocarpo 20%	0	-	-	-	-	-	-
T5: Endocarpo 50%	0	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autora (2025).

Em estudo para avaliar o potencial alelopático sobre os efeitos em plantas daninhas, o extrato hidroalcoólico de sementes de *Annona crassiflora* também proporcionaram total inibição da germinação e do IVG de *B. brizantha* e *E. heterophylla*, em relação à testemunha, assim como também proporcionou a inibição do desenvolvimento de radícula e hipocótilo em testes utilizando sementes pré-germinadas (com aproximadamente 2 mm de comprimento) das espécies receptoras (Inoue *et al.*, 2010). Já Nazário (2011), utilizando extratos com sementes de *Bactris gasipaes* Kunth (Arecaceae) hidroalcoólico, observou redução na germinação, índice de velocidade de germinação e emergência de plântula em sementes de *Lactuca sativa*.

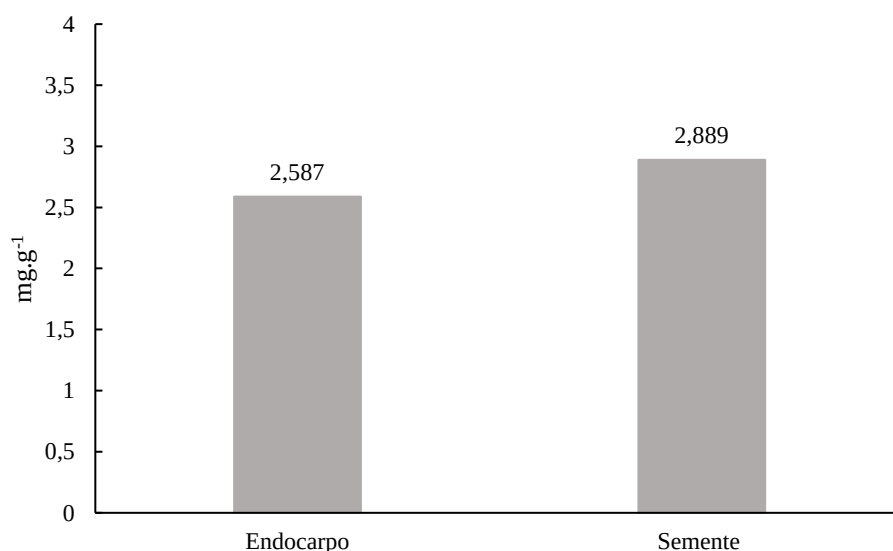
Um aspecto relevante a ser levado em conta é a maior solubilidade dos inibidores em álcool, o que pode facilitar sua futura identificação (Souza, 2018). As sementes de alface são frequentemente empregadas em estudos de alelopatia por apresentarem alta sensibilidade aos metabólitos secundários com ação aleloquímica (Ferreira; Aquila, 2000). Esses compostos alelopáticos podem interferir em diversos processos fisiológicos, como a germinação das sementes, o desenvolvimento das plântulas, a absorção de nutrientes, a fotossíntese, a respiração celular, a síntese proteica, a atividade enzimática e a perda de nutrientes devido a alterações na permeabilidade das membranas celulares (Durigan; Almeida, 1993).

Algumas sementes podem não ter inibidores de germinação solúveis em água, entretanto, quando utilizadas soluções hidroalcoólicas pode ser possível fazer a extração desses compostos (Souza Filho *et al.*, 2011). Assim, o comportamento das sementes de *S. romanzoffiana* é semelhante ao das sementes da espécie *Canavalia ensiformis* DC. (Fabaceae), cujos extratos hidroalcoólicos apresentaram efeitos inibitórios em *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donnell e *Commelina benghalensis* L. (Mendes; Rezende, 2014). Em estudo com extrato hidroalcoólico de *Z. rhoifolium*, foi demonstrado que, à medida que as doses do extrato aumentaram, a germinação e o índice de velocidade de germinação diminuíram em todas as espécies de sementes avaliadas, comprovando que a espécie possui intensa atividade alelopática (Corrêa *et al.*, 2022).

Em extratos hidroalcoólicos provenientes de sementes de *Canavalia ensiformis*, também foi possível observar inibições mais intensas na germinação das sementes de malícia (*Mimosa pudica* Mill) e malva (*Urena lobata*), duas das principais plantas invasoras originais que ocorrem em áreas de pastagens cultivadas da Região Amazônica (Souza Filho, 2002). O papel de intensas inibições efetivadas na germinação de sementes, quando se tratar de espécies de plantas invasoras assumem aspectos ecológicos importantes quando se considera a alelopatia como ferramenta estratégica de manejo, sendo recomendado os bioensaios de extratos de sementes de *S. romanzoffiana* em outros grupos de plantas.

Quanto a quantificação de compostos fenólicos, foi verificada a presença de fenóis, tanto no endocarpo como na semente (tegumento, endosperma e embrião), sendo a maior quantidade presente na semente comparada com o endocarpo (Figura 2). Esse padrão contrasta com o observado por Souza (2018) em sementes de *Ilex paraguariensis*, onde a maior quantidade de fenóis foi detectada no endocarpo, em comparação à semente, indicando que os tecidos de maior acúmulo de fenóis podem variar conforme a espécie e seu modo de proteção contra estresses bióticos e abióticos.

Figura 2 - Conteúdo de compostos fenólicos totais no endocarpo e semente (tegumento, endosperma e embrião) de *S. romanzoffiana*.



Fonte: Autora (2025).

Também foi detectada a presença de fenóis em pirênios de *Trithrinax acanthocoma* (Soares *et al.*, 2025) e *Astrocaryum Aculeatum* (Nazário, 2006) com concentração iguais de 1,97 mg.g⁻¹ e *Bactris gasipaes* Kunth com concentração de 1,706

mg/semente provenientes de frutos maduros e 1,407 mg/semente em frutos imaturos (Nazário, 2011). Os autores associam o teor de compostos fenólicos presentes nas sementes à possível presença de dormência, a qual pode dificultar o processo de germinação. Em sementes florestais de *Piptadenia macrocarpa* Benth, *Joannesia princeps* Vell. e *Dalbergia nigra* Vell., houve variação de 0,329 a 1,342 mg.g⁻¹ de fenóis nos tegumentos, e de 0,016 a 0,495 mg.g⁻¹ nos embriões das sementes, indicando uma menor concentração para o teor desses compostos nos tecidos internos das sementes (Maciel; Borges; Borges, 1992).

Compostos fenólicos foram citados como substâncias inibidoras que atuam no desenvolvimento de plântulas em palmeiras (Melo *et al.*, 2001). O efeito negativo do endocarpo e da semente, observado sobre o crescimento radicular das plântulas de alface no bioensaio, confirmam a presença desse componente inibidor, que atuam no alongamento das células que compõem o hipocótilo e a radícula (Fernandes, 2008). Os compostos fenólicos atuam como ativadores ou inibidores do sistema enzimático, favorecendo ou não a atividade da auxina, influenciando, conseqüentemente, o desenvolvimento de plântulas (Hederson; Nitsch, 1962; Fernandes, 2008). A dificuldade na mobilização de reservas do endosperma e a absorção de água pelo embrião também são relatadas por Souza *et al.* (2007) como problemas relacionados a essas substâncias.

A presença de substâncias inibidoras da germinação está associada à indução da dormência fisiológica. Esse tipo de dormência tem sido vinculado à ação de fitormônios, especialmente o ácido abscísico (ABA), bem como a metabólitos secundários, como os terpenos e os compostos fenólicos (Taiz; Zeiger, 2013). Compostos fenólicos podem interferir diretamente na germinação, atuando como barreiras à difusão de gases, que exercem funções protetoras contra o extravasamento de solutos, danos causados pela embebição e estresses oxidativos (Debeaujon; León-Kloosterziel; Koorneef, 2000; Marcos Filho, 2015). Esses compostos formam um grupo quimicamente diverso, sendo originários das rotas metabólicas do ácido chiquímico e do ácido malônico, com solubilidade que varia conforme a estrutura de cada composto (Taiz; Zeiger, 2013). Com os bioensaios ficou evidente a presença de inibidores da germinação, mas para a identificação dos mesmos são necessários mais estudos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extrato aquoso de sementes e endocarpo de *S. romanzoffiana* comprometeram o desenvolvimento radicular das plântulas de alface, enquanto que o extrato hidroalcolico apresentou efeito inibitório sobre a germinação, indicando potencial para investigações futuras sobre o uso dessas substâncias como possíveis herbicidas naturais.

A detecção de compostos fenólicos nos tecidos do endocarpo de *S. romanzoffiana* indica a presença de substâncias potencialmente inibidoras, recomendando-se a identificação dos agentes envolvidos, para a compreensão de fatores que podem contribuir para a baixa germinação observada em *S. romanzoffiana*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. P. de *et al.* Temperature, light, and desiccation tolerance in seed germination of *Mauritia flexuosa* LF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 3, p. 1-7, 2018.

ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; OLIVEIRA, L. M.; ZAVISTANOVICZ, T. C. FELIPPI, M (2018). Dormência de sementes: uma abordagem voltada a silvicultura. In: Araujo MM, Navroski MC & Schorn LA (Eds.) Produção de Sementes e Mudanças - um enfoque à Silvicultura. Santa Maria, UFSM. p.99-120a.

ARAUJO, E. C. G.; SILVA, T. C.; DE LIMA, T. V. Efeitos alelopáticos de *Sesbania virgata* (cav.) Pers na germinação de sementes de alface. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 2, p. 101-109, 2018b.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

BATISH, D. R.; SINGH, H. P.; KAUR, S.; KOHLI, R. K.; YADAV, S. S. Caffeic acid affects early growth, and morphogenetic response of hypocotyl cuttings of mung bean (*Phaseolus aureus*), **Journal of plant physiology**, v. 165, n. 3, p. 297-305, 2008.

BERNACCI, L. C.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Estrutura de estádios ontogenéticos em população nativa da palmeira *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 119- 130, 2008.

BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.360, p.141 147, 1994.

CARVALHO, W. P.; de CARVALHO, G. J.; NETO, D. D. O. A.; TEIXEIRA, L. G. V. Alelopatia de extratos de adubos verdes sobre a germinação e crescimento inicial de alface. **Biosc. J.**, v.30, p.1-11, 2014.

CHIAPUSIO, G.; SÁNCHEZ, A. M.; REIGOSA, M. J.; GONZÁLEZ, L.; PELLISSIER, F. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process?. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 23, n. 11, p. 2445-2453, 1997.

- COELHO, M.F.B.; MAIA, S.S.S.; OLIVEIRA, A.K.; DIÓGENES, F.E.P. Atividade alelopática de extrato de sementes de juazeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.108-111, 2011.
- CORRÊA, B. J. S.; OLIVEIRA, L. M. D.; SÁ, A. C. S.; DELFES, L. D. R.; SOUZA, A. C. D.; ANTONELO, F. A. What is the cause of low seed germination of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.?. **Revista Ceres**, v. 69, n. 3, p. 358-367, 2022.
- CRUZ-ORTEGA, R.; ANAYA, A. L.; HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B. E.; LAGUNA-HERNÁNDEZ, G. Effects of allelochemical stress produced by *Sicyios deppei* on seedling root ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* e *Curcubita ficifolia*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 12, p. 2039-2057, 1998.
- DEBEAUJON, I.; LEÓN- KLOOSTERZIEL, K. M.; KOORNEEF, M. Influence of the Testa on Seed Dormancy, Germination, and Longevity in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, v. 122, n. February, p. 403–413, 2000.
- DURIGAN, J. C.; ALMEIDA, F. S. **Noções sobre a alelopatia**. Jaboticabal, 1993.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- FERNANDES, R. C. **Estudos propagativos do coquinho azedo (*Butia Capitata* (Mart.) Becc) Arecaceae**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2008.
- FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista brasileira de fisiologia vegetal**, v. 12, edição especial, p. 175-204, 2000.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.
- GOUDEL, F. *et al.* Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, p. 147-154, 2013.
- HENDERSON, H. M.; NITSCH, J. P. Effect of certain phenolic acids on elongation of avena first internodes in the presence of auxins and tryptophan. **Nature**. v. 195, n. 4843, p. 780-782, Aug. 1962.
- INOUE, M. H.; SANTANA, D. C.; SOUZA FILHO, A. P. S.; POSSAMAI, A. C. S.; SILVA, L. E.; PEREIRA, M. J. B.; PEREIRA, K. M. Potencial alelopático de *Annona crassiflora*: efeitos sobre plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 28, p. 488-498, 2010.
- KATO-NOGUCHI, H.; TANAKA, Y.; MURAKAMI, T.; YAMAMURA, S.; FUJIHARA, S. Isolation and identification of an allelopathic substance from peel of *Citrus junos*. **Phytochemistry**, v. 61, n. 7, p. 849-853, 2002.
- KAUR, H.; I.; KAUSHIK, S. Cellular evidence of allelopathic interference of benzoic acid to mustard (*Brassica juncea* L.) seedling growth. **Plant physiology and biochemistry**, v. 43, n. 1, p. 77-81, 2005.

KAUR, S.; SINGH, H. P.; MITTAL, S.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. **Industrial crops and products**, Tucson, v. 32, 1, p. 54-61, 2010.

KHAN, M. I. Allelopathic potential of dry fruits of *Washingtonia filifera* (L. LINDEN) H. Eendl. II. Inhibition of seedling growth. **Biologia plantarum**, v. 24, n. 4, p. 275-281, 1982.

LAINDORF, B. L. *et al.* Genetic diversity and structure of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) in southern Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2018.

LEVIZOU, E.; KARAGEORGOU, P.; PSARAS, G. K.; MANETAS, Y. Inhibitory effects of water soluble leaf leachates from *Dittrichia viscosa* on lettuce root growth, statocyte development and graviperception. **Flora**, v. 197, n. 2, p. 152–157, 2002.

MACIEL, A. DA S.; BORGES, E. E. DE L. E; BORGES, R. DE C. G. Determinação da presença de fenóis em sementes de espécies florestais e sua relação com inibidores de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 14, n. 1, p. 1–4, 1992.

MAGALHÃES, H. M. **Dormência e germinação de coquinho-azedo: substâncias inibidoras nos pirênios e morfoanatomia dos embriões e de plântulas**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em Agroecologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.

MAGALHÃES, T. D. 2021. **Qualidade fisiológica de sementes de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman**. Mestrado Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

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.

MAIRESSE, L. A. S. *et al.* Bioatividade de extratos vegetais sobre alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista da FZVA**, v. 14, n. 2, p. 1-12. 2007.

MARCOS FILHO, J. Dormência de sementes. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

MARCOS- FILHO, J. Germinação. In: **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina- PR: ABRATES, 2015. p. 289–372.

MARTINS, C. C. *et al.* Teores de água crítico e letal para sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart. -Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 125-132, 1999.

MELO, J. T.; GONÇALVES, A. N. Inibidores de germinação em frutos e sementes de pequi, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Cerrados**, Brasília: Embrapa Cerrados, n. 23, 2001.

MENDES, I. Dos S.; REZENDE, M. O. O. Avaliação do efeito alelopático de extratos de folhas e sementes de *Canavalia ensiformis* como bioherbicidas pós-emergentes: Uma alternativa verde para a agricultura sustentável. **Revista de Ciência Ambiental e Saúde, Parte B**, v. 49, n. 5, p. 374-380, 2014.

MERROW, A. W. Palm seed germination. **IFAS Cooperative Extension Bulletin**. n. 274, p. 1-10, 2004.

NAZÁRIO, P. **Dormência em sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): uma abordagem anatômica, histoquímica e fisiológica**. 2011. 125p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2011.

NAZÁRIO, P. **Tratamentos pré-germinativos visando minimizar a dormência em sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.)**. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias, área de concentração em ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

NEGREIROS, G. de F.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Resposta fisiológica de sementes de palmeiras ao envelhecimento acelerado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 39, p. 391-396, 2004.

OLIVEIRA, T. G. S. et al. Seed germination of queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) is affected by storage and fruit ripening stage. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 399-408, 2015.

PEREIRA, S. G.; SILVA MENDES, M. Potencial alelopático in vitro de duas arecaceae sobre a germinação e crescimento de plântulas de *Glycine max*. **Conexão Ciência (Online)**, v. 17, n. 3, p. 65-78, 2022.

PÉREZ-PERALTA, P. J.; FERRERA-CERRATO, R.; ALARCÓN, A.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; CRUZ-ORTEGA, R.; SILVA-ROJAS, H. V. Respuesta del simbiosistema frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Rhizobium tropici* CIAT899 ante el efecto alelopático de *Ipomoea purpurea* L. Roth. **Revista argentina de microbiología**, v. 51, n. 1, p. 47-55, 2019.

PINA, G. O.; BORGHETTI, F.; SILVEIRA, C. E. S.; PEREIRA, L. A. R. Effects of *Eugenia dysenterica* leaf extracts on the growth of sesame and radish. **Allelopathy journal**, v. 23, n. 2, p. 313-322, 2009.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, B. M. Potencial alelopáticos de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth sobre sementes de *Tabebuia alba* (Cham.) Sandw. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.1-10, 2001.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REIGOSA, M. et al. Allelopathic research in Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v.27, n 4, p.629-646, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102->.

REZENDE, C. P. *et al.* Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens plantas forrageiras. **Boletim Agropecuário**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 18, 2003.

RIBEIRO, L. M. *et al.* Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, 2010.

RICE, E. Allelopathy. New York: Academic Press, 2013.

SCRIVANTI, L. R. Allelopathic potential of *Bothriochloa laguroides* var. *laguroides* (DC.) Herter (Poaceae: Andropogoneae). **Flora**, v. 205, n. 5, p. 302-305, 2010.

SILVA, C. B.; SIMIONATTO, E.; HESS, S. C.; PERES, M. T. L. P.; SIMIONATTO, E. L.; WISNIEWSKI JÚNIOR, A.; POPPI, N. R.; FACCENDA, O.; CÂNDIDO, A. C. S.; SCALON, S. P. Q. Composição química e atividade alelopática do óleo volátil de *Hydrocotyle bonariensis* LAM (Araliaceae). **Química nova**, São Paulo, v. 32, n. 9, p. 2372-2376, 2009.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**. v.299, p.152 -178, 1999. DOI: [10.1016/s0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(99)99017-1).

SOARES, C. R. B.; DE OLIVEIRA, L. M.; FLORES, A. V.; CORRÊA, B. J. S. Investigação de dormência em pirênios de *Trithrinax acanthocoma* Drude: anatomia e histoquímica. **Ciência Florestal**, p. e85292-e85292, 2025.

SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcoólicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, v. 20, p. 357-364, 2002.

SOUZA, A. C. **Dormência em sementes de *Ilex paraguariensis***. 2018. 80p. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina.

SOUZA, A. M. B. D.; CHIODA, L. B.; FERREIRA, K. B.; VIEIRA, G. R.; CAMPOS, T. S.; PIVETTA, K. F. L. Initial growth of *Syagrus romanzoffiana* seedlings in biosolid-based substrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022.

SOUZA, O. A. *et al.* Propagação sexuada de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): efeito da procedência de frutos e do ácido giberélico na emergência de plântulas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 131-136, set. 2007.

STURIÃO, W. P.; LANDGRAF, P. R. C.; ROSA, T. P. Avaliação da qualidade de sementes de palmeira jerivá pelo teste de Raios X. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 213-218, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
TAYLOR, L. P.; GROTEWOLD, E. Flavonoids as developmental regulators. **Current opinion in plant biology**, v. 8, n. 3, p. 317-323, 2005.

TORRES, I. C. Estudo sobre propagação por semente com jerivá (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.). **Ensaio de Aferição de Metodologia de Análise entre Laboratórios de Sementes da Rede Semente Sul. Florianópolis**, 2002.

VASCONCELOS, W. A.; LAMBERT, A. C. A.; DE MIRANDA, S. D. C.; SOUZA, P. B.; BARREIRA, S. Efeito alelopático do extrato de folhas de Pequi e Cagaita na germinação de sementes de Tamboril. **Pubvet**, v. 13, p. 153, 2019.

WEIR, T. L.; PARK, S.; VIVANCO, J. M. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. **Current opinion in plant biology**, v. n. 4, p. 472-479, 2004.

WEIRICH NETO, P. H.; DELALIBERA, H. C.; SOUZA, N. M.; MARTINI, J.; GOMES, J. A. *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glass. palm fruit energy capacity. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 2, p. 225-235, 2020.

ARTIGO 3 – ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES ARMAZENADAS DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman

RESUMO

Este estudo avaliou a influência do armazenamento em diferentes ambientes na qualidade fisiológica de sementes de *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), espécie de palmeira nativa de ampla distribuição no Brasil, de reconhecida importância ecológica e econômica. Os pirênios foram coletados em Lavras (MG) e submetidos a dois níveis de umidade: 23,6% (recém-colhidas) e secadas até 5%, sendo armazenados por 45 dias em sala climatizada (20 °C; 80% UR), câmara fria (5-8 °C; 40% UR) e freezer (-20 °C). Foram avaliados germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação e padrões isoenzimáticos (SOD, CAT, POX e EST). Os resultados mostraram que a interação entre teor de água e ambiente foi determinante para a conservação. Sementes com umidade de 23,6% apresentaram maior germinação quando armazenadas em sala climatizada (70%) e câmara fria (75%), enquanto as secadas mantiveram desempenho superior em freezer (37%) e câmara fria (52%). O armazenamento em câmara fria destacou-se como a condição mais eficiente para ambas as umidades, assegurando maior germinação e velocidade de emergência. Em contrapartida, sementes com umidade de 23,6%, armazenadas em freezer e sementes secadas a 5%, em sala climatizada perderam totalmente a capacidade germinativa. A análise enzimática revelou manutenção da atividade de SOD e CAT em todos os tratamentos, enquanto POX e EST apresentaram redução em alguns ambientes, indicando impacto do estresse oxidativo, porém sem comprometer totalmente a viabilidade. Conclui-se que sementes de *S. romanzoffiana* podem ser armazenadas após secagem em baixa temperatura, o que possibilita o armazenamento por curtos períodos.

Palavras-chave: conservação de sementes, palmeiras, vigor, estresse oxidativo, armazenamento.

ABSTRACT

This study evaluated the influence of storage under different conditions on the physiological quality of *Syagrus romanzoffiana* (jerivá) seeds, a native palm species widely distributed in Brazil and recognized for its ecological and economic importance. Pyrenes were collected in Lavras, Minas Gerais, and subjected to two moisture levels: 23.6% (freshly harvested) and dried to 5%, then stored for 45 days under three conditions: controlled room (20 °C; 80% RH), cold chamber (5–8 °C; 40% RH), and freezer (–20 °C). Germination, germination speed index, and mean germination time were evaluated, along with isoenzyme patterns (SOD, CAT, POX, and EST). The results showed that the interaction between moisture content and storage environment was decisive for conservation. Seeds with 23.6% moisture showed higher germination when stored in controlled room (70%) and cold chamber (75%), whereas dried seeds performed better in freezer (37%) and cold chamber (52%). Storage in a cold chamber stood out as the most efficient condition for both moisture levels, ensuring higher germination and emergence speed. In contrast, seeds with 23.6% moisture stored in a freezer and seeds dried to 5% stored under controlled room conditions completely lost their germination capacity. Enzymatic analysis revealed maintenance of SOD and CAT activity in all treatments, while POX and EST showed reductions in some environments, indicating the impact of oxidative stress, although without completely compromising viability. It is concluded that *S. romanzoffiana* seeds can be stored after drying under low-temperature conditions, allowing short-term storage.

Keywords: seed conservation, palms, vigor, oxidative stress, storage.

1 INTRODUÇÃO

Após a dispersão, o destino das sementes é influenciado por fatores intrínsecos e ambientais, que afetam sua longevidade e germinação (Bewley *et al.*, 2013). O comportamento das sementes nesse estágio é crucial para a propagação (Ferraz *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2019). Durante o armazenamento, é comum a perda gradual de viabilidade e vigor (Bewley *et al.*, 2013; Chhabra *et al.*, 2019), cuja velocidade depende da eficiência dos mecanismos de proteção contra a deterioração (Waterworth *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2018).

O estresse oxidativo, causado pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs), é um dos principais fatores de deterioração, provocando a peroxidação lipídica e comprometendo a integridade das membranas celulares (Schwember; Bradford, 2010; Araldi *et al.*, 2016).

As plantas desenvolveram um sistema antioxidante complexo, com mecanismos enzimáticos e não enzimáticos, para neutralizar os efeitos das EROs nas células (Sharma *et al.*, 2012; Matos *et al.*, 2014). Em sementes, esse sistema é regulado por enzimas como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX) (Aguilar *et al.*, 2023). Embora as EROs em baixas concentrações sejam importantes na germinação, seu acúmulo pode causar danos celulares e metabólicos (Bailly *et al.*, 2008). Seu excesso pode levar à perda de viabilidade, redução do ATP, peroxidação lipídica e ruptura das membranas (Matos *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2017). Com isso, a integridade das membranas é vital para a sobrevivência (Zheng *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2021), tornando estudos envolvendo a atuação de mecanismos antioxidantes essencial para entender o comportamento das sementes durante o armazenamento.

Conhecer a biologia das sementes, incluindo aspectos como germinação e armazenamento, é fundamental para aprimorar as técnicas de conservação e para aplicação em programas de restauração ecológica (Costa *et al.*, 2016; Kildisheva *et al.*, 2019). Para garantir a conservação eficaz das sementes de uma espécie, é essencial avaliar tanto os requisitos para a germinação quanto a categoria de comportamento frente ao armazenamento, de modo a identificar o ambiente e o período ideais para sua conservação (Hong; Ellis, 1996; Teixeira *et al.*, 2017). No entanto, informações sobre o comportamento de armazenamento ainda são escassas para diversas espécies nativas silvestres no Brasil (Ribeiro *et al.*, 2016), os estudos realizados também têm se concentrado em um número relativamente pequeno de espécies de palmeiras (Jagannathan, 2021).

Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman é uma palmeira (família Arecaceae), popularmente conhecida como jerivá, nativa da América do Sul e amplamente distribuída, especialmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil (Souza *et al.*, 2022). Apresenta grande potencial de uso, sendo fonte de óleo, fibra e palmito, além de possuir valor ornamental, podendo atingir cerca de 20 metros de altura (Bernacci *et al.*, 2008; Laindorf *et al.*, 2018). Tem ainda importância ecológica, já que seus frutos adocicados são consumidos por psitacídeos e outros animais silvestres (Weirich Neto *et al.*, 2020). No entanto, ainda não existem informações sobre os mecanismos envolvidos e sobre como a viabilidade das sementes se alteram ao longo do armazenamento.

Diversos estudos têm demonstrado que a conservação *ex situ* de sementes de palmeiras está frequentemente associada à perda de viabilidade ao longo do tempo (Félix *et al.*, 2017; Beltrame *et al.*, 2018; Bastos *et al.*, 2021). No armazenamento dessas sementes, a viabilidade é influenciada por uma combinação de fatores externos, como temperatura e duração do armazenamento, e internos, como umidade e grau de maturidade das sementes (Baskin & Baskin, 2014; Sano *et al.*, 2016; Soares *et al.*, 2022). Diante disso, o objetivo neste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica e a atividade enzimática de sementes de *Syagrus romanzoffiana* com diferentes teores de água e armazenadas em diferentes ambientes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

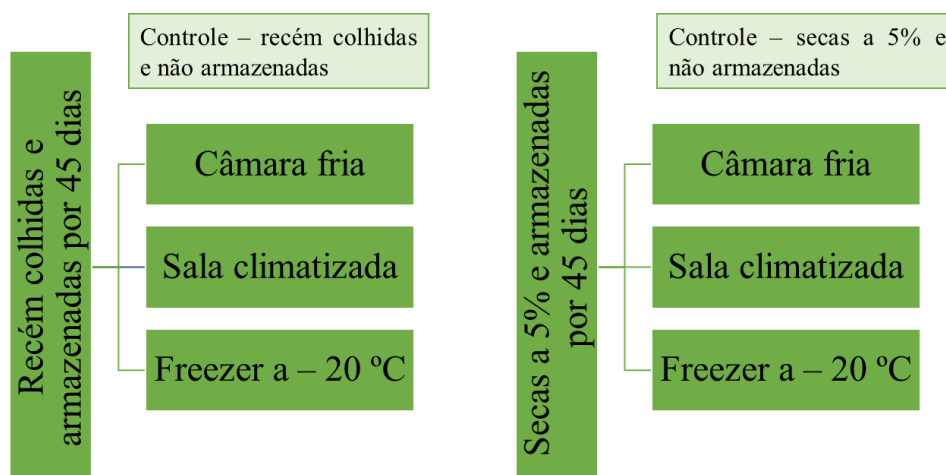
2.1 Coleta e armazenamento dos pirênios

Frutos maduros de *Syagrus romanzoffiana* foram coletados em fevereiro de 2025, diretamente de quatro árvores matrizes localizados na Universidade Federal de Lavras - Minas Gerais (21°14'43"S e 44°59'59"O). Após a coleta, os frutos foram levados para o viveiro florestal, onde foram armazenados em sacos plásticos para uma fermentação inicial de cinco dias, e em seguida, colocados para despolpar em uma betoneira elétrica (contendo água e brita) por um período de aproximadamente duas horas, com a remoção do restante da polpa sendo feita, manualmente (Oliveira *et al.*, 2015). Ao final desse processo, obteve-se o pirênio (endocarpo + semente). O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais (LSF), do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras. Para a caracterização do lote foram realizadas a determinação do conteúdo de água e o teste de germinação.

Para avaliar a qualidade fisiológica, as sementes foram armazenadas recém colhidas (conteúdo de água de aproximadamente 24%) e quando o conteúdo de água

atingiu 5% (para a obtenção do conteúdo de água as sementes foram mantidas em sala climatizada com aproximadamente 50% de umidade relativa do ar e temperatura de 20 °C, em seguida eram feitos testes de umidade com as sementes até que atingissem 5% de conteúdo de água), em recipiente hermético em três ambientes diferentes: câmara fria (temperatura de 5 a 8 °C e umidade relativa do ar de 40%), sala climatizada (temperatura 20 °C e umidade relativa do ar de 80%) e freezer a -20 °C, por um período de 45 dias, mais os tratamentos controles que não foram armazenados (Figura 1).

Figura 1 - Esquema dos tratamentos aplicados em sementes de *S. romanzoffiana* recém-colhidas e secadas a 5% do conteúdo de água, armazenadas por 45 dias em câmara fria, sala climatizada e freezer a -20 °C. Controles não foram armazenados.



Fonte: Autora, 2025.

2.2 Teste de germinação

No teste de germinação, os pirênios foram desinfetados com hipoclorito de sódio a 2% por cinco minutos, seguido por quatro lavagens com água destilada. Logo após quatro repetições de 25 pirênios foram dispostos em bandeja contendo areia esterilizada umedecida e mantidas em câmara de germinação tipo Mangelsdorf, sob temperatura de 30°C e luz constante. Durante um período de 90 dias avaliou-se a germinação (%), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG, dias). O critério de germinação utilizado foi a emergência do pecíolo cotiledonar.

Após esse período, as sementes que não germinaram foram removidas do endocarpo utilizando uma morsa de bancada e para a excisão dos embriões utilizando um bisturi. A viabilidade dos embriões foi avaliada pelo teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio). Os embriões foram mantidos em solução de tetrazólio com 0,5%

de concentração por 24 horas, a uma temperatura constante de 30°C, conforme a metodologia proposta por Ribeiro *et al.* (2010) para *Acrocomia aculeata*. Embriões que coloriram após a incubação foram considerados viáveis e contabilizados como sementes viáveis não germinadas. As sementes cujos embriões não coloriram ou apresentaram-se amolecidos antes do teste de tetrazólio, foram consideradas como sementes deterioradas.

2.3 Eletroforese dos perfis isoenzimáticos

Foram realizadas análises eletroforéticas das isoenzimas catalase, esterase, superóxido dismutase e peroxidase, no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes da Universidade Federal de Lavras. Embriões de cada tratamento foram macerados em nitrogênio líquido com adição de polivinil pirrolidona (PVP), em cadinhos de porcelana. Após a maceração, amostras contendo 100 mg do material passaram por uma lavagem para delipidação. Em cada microtubo foram adicionados 300 µL de água destilada e 300 µL de éter etílico. As amostras foram homogeneizadas em vórtex e deixadas de repouso em geladeira por 1 hora. Em seguida, o material foi centrifugado a 14.000 rpm por 30 minutos a 4 °C, e, após este processo, retirou-se o sobrenadante para posterior aplicação do tampão de extração.

Para a extração das isoenzimas, foi utilizado o tampão Tris-HCl 0,2M pH 8 e 0,1% de β-mercaptoetanol, exceto para a enzima peroxidase que foi extraída em tampão fosfato de potássio, na proporção de 250 µl por 100 mg de embriões. A mistura foi homogeneizada em vortex e mantida overnight a 4 °C e posteriormente, centrifugada a 14.000 rpm por 30 minutos a 4°C. A corrida eletroforética foi realizada em sistema de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 50 µL do sobrenadante da amostra e a corrida efetuada a 150 V, por seis horas. Terminada a corrida, a revelação dos géis para os sistemas isoenzimáticos citados acima foi realizada conforme metodologia descrita por Alfenas (2006).

2.4 Análise de dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial 2 × 3 + 2, considerando dois níveis de umidade das sementes (23,6% e secas a 5%) e três ambientes de armazenamento (sala climatizada, câmara fria e freezer a -20 °C), além de duas testemunhas adicionais (sementes com o conteúdo de água de aproximadamente

24% não armazenadas e sementes secadas a 5% não armazenadas). A aderência dos resíduos à normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro–Wilk ($p < 0,05$) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene ($p < 0,05$). Quando constatada interação significativa entre os fatores, foi realizado o desdobramento das médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação entre os níveis de cada fator dentro do outro. As testemunhas foram comparadas com os tratamentos fatoriais por meio do teste de Dunnett ($p \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team, 2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes recém-coletadas apresentaram teor de água inicial de 23,6%, valor próximo aos relatados por Oliveira *et al.* (2015) e Magalhães (2021). No caso do pirênio, o teor de água foi de 12,3%, resultado semelhante aos observados por Sturião *et al.* (2012) e Goudel *et al.* (2013), que registraram 11% e 12,7%, respectivamente, para a mesma espécie. De acordo com Torres (2002), as sementes de *S. romanzoffiana* apresentam menor teor de água quando comparadas a outras espécies da mesma família, como *Euterpe oleracea* e *Dypsis lutescens*, cujos valores de umidade atingem 40% e 35%, respectivamente (Martins *et al.*, 1999; Negreiros; Perez, 2004).

Após a coleta e o beneficiamento, as sementes apresentaram 35% de germinação. No entanto, o teste de tetrazólio revelou que 50% das sementes não germinadas ainda estavam viáveis. Em pesquisa que avaliou a influência da época de coleta sobre a germinação de *S. romanzoffiana*, verificou-se que a dormência na espécie sofre interferência de fatores sazonais, como precipitação e temperatura. Nesse estudo, foram encontrados até 72% de sementes viáveis por meio do teste de tetrazólio que não germinaram, em lotes coletados também no mês de fevereiro, o que reforça a ocorrência de dormência primária, mais acentuada em períodos de maior disponibilidade hídrica (Magalhães, 2021). Ressalta-se ainda que, dentro de uma mesma população, tanto a presença quanto a intensidade desse mecanismo podem variar ao longo das estações (Marcos Filho, 2005).

Quanto à qualidade fisiológica das sementes após os tratamentos (Tabela 1), a análise de variância revelou efeito significativo para a condição das sementes quanto ao conteúdo de água ($p = 0,0071$) e ambiente de armazenamento ($p < 0,0001$), bem como da interação entre a condição de ambos ($p < 0,0001$) para a variável germinação. Esse

resultado indica que o comportamento germinativo depende da combinação entre o teor de água inicial da semente e o ambiente de armazenamento.

O desdobramento da interação mostrou que, em sala climatizada, as sementes recém-colhidas apresentaram maior germinação (70%) em relação às secadas (0%). Na câmara fria, as recém-colhidas (75%) também superaram as secadas (52%). Contudo, no freezer a -20 °C, o padrão se inverteu, e as sementes secas a 5% apresentaram maior germinação (37%) do que as recém-colhidas (0%). Considerando a análise dentro de cada condição de umidade, observou-se que sementes recém-colhidas mantiveram viabilidade em sala climatizada e câmara fria, mas não no freezer. Por outro lado, sementes secadas conservaram melhor desempenho em câmara fria e freezer, enquanto a sala climatizada resultou em completa perda da germinação.

Tabela 1 – Valores médios de Germinação (G%), Índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG) e Viabilidade (teste de tetrazólio para as sementes que não germinaram) de sementes de *Syagrus romanzoffiana* em função do conteúdo de água e do ambiente de armazenamento, além das testemunhas não armazenadas em ambos os conteúdos de água.

Variáveis	Ambiente de armazenamento	Conteúdo de água	
		Sementes recém colhidas (23,6%)	Sementes secas (5%)
G (%)	Testemunha	35	72
	Sala climatizada	70Aa*	0Bb*
	Câmara fria	75Aa*	52Ab ns
	freezer	0Bb*	37Aa*
IVG	Testemunha	0,19	0,34
	Sala climatizada	0,43Aa*	0Cb*
	Câmara fria	0,46Aa*	0,32Ab ns
	freezer	0Bb*	0,16Ba *
TMG	Testemunha	40,20	35,80
	Sala climatizada	29,9Aa ns	0Bb*
	Câmara fria	25,0Aa*	29,5Aa ns
	freezer	0Bb*	38,2Ba ns
V (%)	Testemunha	12	0
	Sala climatizada	7	50
	Câmara fria	0	5
	freezer	0	18

Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais não diferem entre si nas linhas e maiúsculas nas colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Diferença significativa (*) e não significativa (ns) em relação às testemunhas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

Quanto a testemunha composta por sementes recém-colhidas (não armazenadas), verificou-se germinação de 35%, valor significativamente inferior ao observado para sementes recém-colhidas e armazenadas em sala climatizada (70%) e câmara fria (75%), mas superior ao obtido no freezer (0%). Por outro lado, a testemunha formada por sementes secadas (não armazenadas) apresentou germinação de 72%, não diferindo estatisticamente das sementes secadas armazenadas em câmara fria.

O armazenamento em câmara fria, independentemente da condição de umidade, manteve a viabilidade das sementes, em contraste ao observado para *Pritchardia pacifica* (Arecaceae), cujas sementes apresentaram germinação nula (0%) após 50 dias em refrigerador (5 ± 4 °C; 28% de U.R. do ar) (Félix *et al.*, 2017b). De acordo com Meerow e Broschat (2015), sementes dessa família geralmente não são passíveis de armazenamento por longos períodos, o que justifica a realização de estudos voltados à identificação do ambiente mais adequado para sua conservação, considerando as variações de comportamento entre as diferentes espécies.

A manutenção da viabilidade das sementes de *Syagrus romanzoffiana* após a secagem e o armazenamento em câmara fria e freezer confirma seu comportamento ortodoxo, corroborando os resultados de Masetto *et al.* (2012) para *Copernicia alba*, que conservaram viabilidade e vigor mesmo após refrigeração a 16 °C e congelamento a -18 °C por 30 dias. O fato das sementes recém-colhidas armazenadas em freezer, bem como naquelas secadas e mantidas em sala climatizada não terem germinado pode estar associado ao desequilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras da germinação (Marcos Filho, 2015), uma vez que tais variações podem ocorrer entre diferentes lotes coletados.

Para o índice de velocidade de germinação (IVG), observaram-se efeitos significativos do conteúdo de água ($p = 0,0007$) e ambiente de armazenamento ($p < 0,0001$), além de interação altamente significativa entre ambos ($p < 0,0001$). O desdobramento da interação evidenciou que, em sala climatizada e em câmara fria, as sementes recém-colhidas apresentaram maiores valores de IVG (0,43 e 0,46, respectivamente) em comparação às sementes secas (0,00 e 0,32, respectivamente) (Tabela 1). No freezer a -20 °C, entretanto, como esperado, o padrão também se inverteu, com maior IVG para sementes secas (0,16) em relação às recém-colhidas (0,00). Analisando os ambientes de armazenamento dentro de cada condição de umidade, verificou-se que sementes recém-colhidas mantiveram a velocidade de germinação em sala climatizada e câmara fria, mas não germinaram no freezer. Por outro lado, sementes

secas conservaram maior velocidade na câmara fria, desempenho intermediário no freezer e ausência de germinação em sala climatizada.

A comparação das testemunhas com os tratamentos armazenados pelo teste de Dunnett revelou que o controle (sementes recém-colhidas) não armazenado (0,19) apresentou valores significativamente diferentes em relação às sementes recém-colhidas armazenadas em câmara fria (0,46), no freezer (0,00) e em sala climatizada (0,43). O controle (sementes secas não armazenadas) (0,34) diferiu significativamente das sementes secas armazenadas no freezer (0,16) e em sala climatizada (0,00). Entretanto, não diferiu das sementes secas armazenadas em câmara fria (0,32).

Em tecnologia de sementes, o teor de água influencia diretamente as características físicas e bioquímicas, sendo essencial sua determinação nas diferentes etapas do processo de produção, especialmente no armazenamento (Carvalho, 2005). De acordo com Nascimento e Moraes (2011), sementes armazenadas com grau de umidade superior a 25% favorecem o desenvolvimento de fungos, que aceleram a deterioração devido ao consumo das reservas do embrião e à liberação de toxinas, comprometendo a estocagem por longos períodos. No presente estudo, entretanto, não foi constatada a presença de fungos, mesmo nas sementes armazenadas sem secagem prévia, descartando-se a hipótese de que a ausência de germinação em determinados tratamentos estivesse relacionada a esse fator.

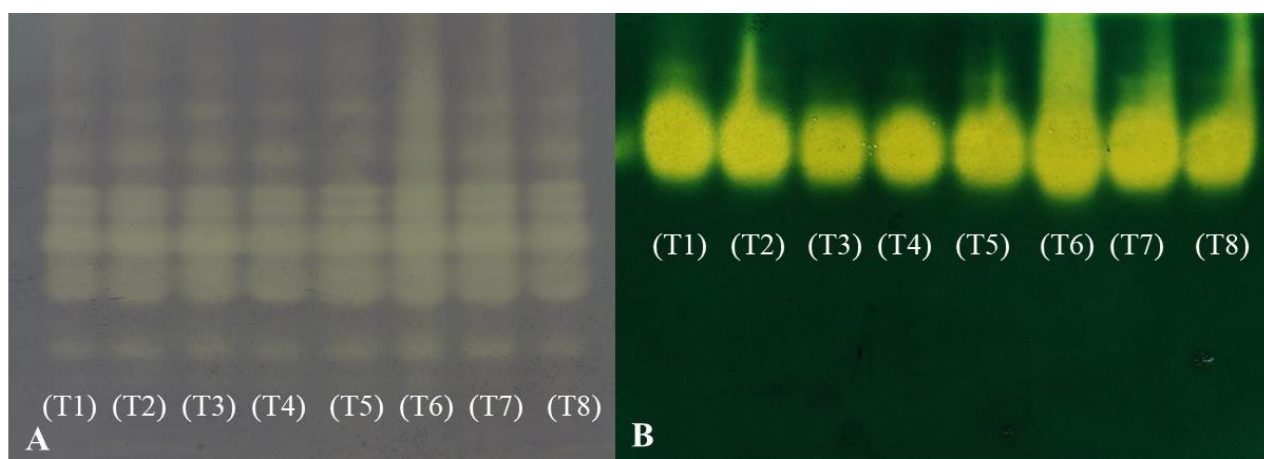
Em sala climatizada, sementes recém-colhidas apresentaram um TMG de 29,98 dias, enquanto as sementes secadas não germinaram (0,00 dias) (Tabela 1). Na câmara fria, não houve diferença quando comparadas sementes com diferentes conteúdos de água, com médias de 25,03 dias para sementes recém-colhidas e 29,51 dias para sementes secadas. Já no freezer (-20 °C), sementes secadas apresentaram maior TMG (38,21 dias), enquanto sementes recém-colhidas não germinaram (0,00 dias). Considerando os ambientes dentro de cada condição de umidade, sementes recém-colhidas apresentaram maior TMG em sala climatizada (29,98 dias) e na câmara fria (25,03 dias). Já as sementes secas apresentaram maior TMG no freezer (38,21 dias) e na câmara fria (29,51 dias).

A comparação das testemunhas com os tratamentos fatoriais pelo teste de Dunnett evidenciou que a testemunha de sementes recém-colhidas não armazenadas (40,20 dias), não diferiu das sementes recém-colhidas armazenadas em sala climatizada (29,99 dias). Já para a testemunha de sementes secadas não armazenadas (35,84 dias) não diferiu das sementes secas armazenadas em câmara fria (29,5) e freezer (38,2).

Quando sementes são armazenadas em ambientes de baixa temperatura (como no freezer utilizado no presente estudo) e apresentam redução na viabilidade, esse efeito geralmente está associado a danos em nível celular, principalmente à diminuição da atividade metabólica e à desestabilização do sistema de membranas do embrião, o que resulta na liberação de substâncias orgânicas essenciais (Bewley *et al.*, 2013). Além disso, sementes armazenadas com elevado conteúdo de água, quando expostas a temperaturas próximas de zero, apresentam redução da viabilidade e do vigor em função do tempo de armazenamento (Marcos Filho, 2015). Esse declínio está associado ao processo de deterioração, que inclui a formação de cristais de gelo, consumo de reservas, alterações na composição bioquímica, peroxidação de lipídios, desnaturação de proteínas, modificações em enzimas e nucleotídeos, aumento da permeabilidade das biomembranas e desorganização celular (Villela; Peres, 2004).

Com relação às análises dos padrões enzimáticos observa-se que para a enzima superóxido dismutase (SOD), as sementes armazenadas recém colhidas e com 5% do conteúdo de água apresentaram padrões semelhantes aos observados em sementes que não foram armazenadas, não apresentando diferenças em relação ao conteúdo de água e ao tipo de ambiente em que foram armazenadas (Figura 2A). A superóxido dismutase (SOD) é uma importante enzima antioxidante, participando ativamente do sistema de inativação das espécies reativas de oxigênio (ERO's), convertendo radicais superóxido em peróxido de hidrogênio (Taiz; Zeiger, 2017). Ela está entre as mais importantes enzimas do sistema de defesa, quando acoplada a rotas de eventos necessários à completa eliminação dos radicais livres ou espécies reativas de oxigênio (Alscher *et al.*, 2002).

Figura 2 – Padrões isoenzimáticos para as enzimas superóxido dismutase (A) e catalase (B) em sementes de *S. romanzoffiana* submetidas aos tratamentos: recém-colhidas e não armazenadas (T1); secadas a 5% do conteúdo de água e não armazenadas (T2); recém colhidas e armazenadas por 45 dias em sala climatizada (T3), câmara fria (T4), e freezer a -20 °C (T5); secadas a 5% do conteúdo de água e armazenadas por 45 dias em sala climatizada (T6), câmara fria (T7), e freezer a -20 °C (T8).



Apesar da grande efetividade na neutralização do oxigênio reativo (O_2^-), a SOD produz peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que, apesar de menos reativo, em altas concentrações torna-se tóxico (Taiz; Zeiger, 2004). Assim, sua atividade isoladamente é pouco funcional na proteção da semente, sendo necessária a formação de um sistema removedor de radicais livres, conjuntamente com as enzimas catalase, peroxidase e carotenoides, entre outros (Araújo *et al.*, 2018).

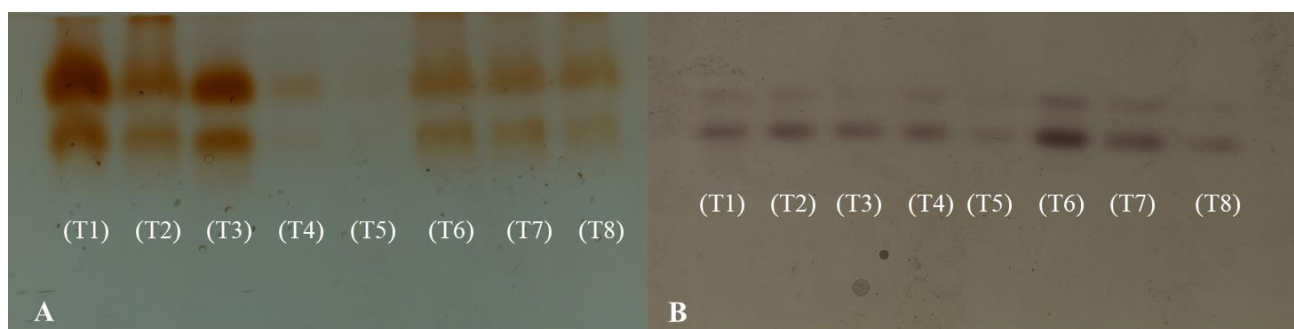
Após a atuação da SOD, ocorre a formação de peróxido de hidrogênio. Surge então a segunda enzima, a catalase (CAT), que irá atuar na proteção das sementes, pois a mesma tem a capacidade de transformar o peróxido em oxigênio e água (Taiz; Zeiger, 2004; Buchanan *et al.*, 2005). Espera-se que ocorra um aumento na atuação do mecanismo de defesa nas sementes devido ao avanço no processo deteriorativo que ocorre durante o armazenamento (Nakada, 2010). No entanto, um comportamento semelhante foi observado para a enzima catalase (Figura 2B), onde não houve diferença na intensidade de atividade dessa enzima entre as sementes armazenadas e não armazenadas em ambos conteúdos de água.

As catalases são as enzimas responsáveis por converter o peróxido de hidrogênio em H_2O e O_2 , sendo consideradas como um importante canal de limpeza na remoção das ERO's das células (Taiz; Zeiger, 2017). Elas constituem um eficiente mecanismo de desintoxicação, atuando na remoção de radicais livres (McDonald, 1999). Mecanismos de defesa em sementes são de extrema importância para conservação da qualidade fisiológica principalmente quando se tem por objetivo o seu armazenamento.

A enzima peroxidase (PO) utiliza o peróxido de hidrogênio para oxidar uma grande variedade de substâncias doadoras de hidrogênio como fenóis, grupos com anéis aromáticos, diaminas, ácido ascórbico, aminoácidos e alguns íons inorgânicos (Nkang,

1996). Observou-se que a atividade desta enzima foi menor em sementes recém colhidas armazenadas em câmara fria (T4) e freezer a -20 °C (T5) (Figura 3A).

Figura 3 – Padrões isoenzimáticos das enzimas peroxidase (A) e esterase (B) em sementes de *S. romanzoffiana* submetidas aos tratamentos: recém-colhidas e não armazenadas (T1); secas a 5% do conteúdo de água e não armazenadas (T2); recém colhidas e armazenadas por 45 dias em sala climatizada (T3), câmara fria (T4), e freezer a -20 °C (T5); secadas a 5% do conteúdo de água e armazenadas por 45 dias em sala climatizada (T6), câmara fria (T7), e freezer a -20 °C (T8).



Também foram observadas bandas de menor intensidade nos tratamentos em que as sementes foram submetidas à secagem e ao armazenamento (T6; T7; T8), quando comparada aos tratamentos controle (sementes não armazenadas). Esses resultados diferem dos relatados por Martins *et al.* (2011), em estudo com sementes de *Euterpe espirotosantensis*, no qual a redução do teor de água e o aumento do tempo de armazenamento comprometeram totalmente a atividade dessa enzima. Tal diferença pode ser explicada pelas características recalcitrantes das sementes de *E. espirotosantensis*, marcadas pela sensibilidade à desidratação e por dificuldades de conservação após a maturidade fisiológica (Martins *et al.*, 1999).

Já as sementes de *Syagrus romanzoffiana*, classificadas como ortodoxas (Magalhães, 2021), mesmo apresentando redução na intensidade da enzima PO, mantiveram sua atividade, o que evidencia preservação da qualidade fisiológica após a secagem e o armazenamento. Considerando que a peroxidase atua na remoção de peróxidos, sua perda de atividade pode tornar a semente mais suscetível aos efeitos do O₂ e de radicais livres sobre os ácidos graxos insaturados de membrana, favorecendo a degeneração dessas estruturas e o consequente comprometimento do vigor (Martins *et al.*, 2011).

A catalase e a peroxidase atuam na desintoxicação celular (Heberle *et al.*, 2019), a redução da enzima peroxidase em sementes recém colhidas armazenadas em freezer, demonstra que houve redução da capacidade de prevenção de danos oxidativos, visto que o percentual de germinação para esse ambiente foi nulo, ressaltando a importância da umidade das sementes para a manutenção da viabilidade durante o armazenamento.

Para a esterase (EST), antes e depois do armazenamento foi identificadas atividades dessas enzimas (Figura 3B), com exceção das sementes que foram armazenadas recém colhidas em freezer, observando-se uma menor intensidade. A enzima esterase está relacionada com o catabolismo de lipídios, fonte de carbono para a síntese de novas moléculas em plântulas (Bewley; Black, 1994). Alterações nos padrões dessa enzima evidenciam a ocorrência de deterioração que podem contribuir para a redução da germinação das sementes (Basavarajappa; Shetty; Prakash, 1991).

A esterase está envolvida na hidrólise de ésteres, e pode estar associada aos processos degenerativos de membranas e é neste contexto que Vieira *et al.* (2009) destacaram a importância deste sistema enzimático como marcador do processo de deterioração de sementes. Além de caracterizar sementes em deterioração, pode auxiliar no processo germinativo, segundo Aung e McDonald (1995), esse grande grupo de enzimas hidrolíticas liberam ácidos graxos dos lipídeos, os quais são usados na β -oxidação, como fonte de energia para os eventos germinativos.

Os resultados obtidos demonstram que sementes de *Syagrus romanzoffiana* são capazes de manter a viabilidade após secagem e armazenamento em câmara fria e freezer. A mortalidade observada em determinadas condições, como em sementes recém-colhidas mantidas em freezer e sementes secas e armazenadas em sala climatizada, reforça a importância da interação entre umidade e temperatura no processo de conservação.

Além disso, os padrões enzimáticos revelaram que, mesmo havendo redução na atividade de enzimas antioxidantes em alguns tratamentos, as sementes preservaram sua capacidade de defesa frente ao estresse oxidativo, o que contribuiu para a manutenção da qualidade fisiológica. Esses resultados reforçam a necessidade do manejo adequado do conteúdo de água e a escolha do ambiente de armazenamento como determinantes para prolongar a viabilidade das sementes, fornecendo subsídios relevantes para estratégias de conservação e uso da espécie em programas de recuperação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sementes de *Syagrus romanzoffiana*, podem ser armazenadas após a secagem em câmara fria pelo período de aproximadamente 45 dias, onde mantiveram elevada germinação e vigor. A interação entre conteúdo de água e condições de armazenamento mostrou-se determinante para a conservação da qualidade fisiológica de sementes de *S. romanzoffiana*. Padrões enzimáticos da enzima esterase sugere a atuação de mecanismos antioxidantes na manutenção da viabilidade de sementes de *Syagrus romanzoffiana* durante o armazenamento.

CONCLUSÃO

A germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana* é limitada por fatores fisiológicos e bioquímicos, com destaque para a presença de compostos fenólicos com potencial inibitório, que contribuem para a dormência da espécie. Os reguladores de crescimento testados não foram eficazes na superação dessas limitações, indicando a necessidade de ajustes metodológicos e da exploração de novas abordagens. O armazenamento mostrou-se altamente prejudicial à viabilidade das sementes, sendo fortemente dependente do teor de água e das condições ambientais, com destaque para a câmara fria como a alternativa mais eficiente. As alterações enzimáticas observadas evidenciam a atuação do sistema antioxidante frente ao estresse oxidativo durante o armazenamento. Dessa forma, recomenda-se o uso de sementes recém-coletadas para a produção de mudas, bem como o aprofundamento de estudos voltados à identificação de compostos inibidores e ao desenvolvimento de técnicas mais eficientes para superação da dormência e conservação das sementes.

REFERÊNCIA

AGUILAR, A. S. *et al.* Physiological quality and antioxidant enzymes activity in eggplant seeds with different ages and resting periods after harvest. **Horticultura Brasileira**, v. 41, p. e2478, 2023.

ALFENAS, A.C.; DUZI, A.; ZERBINI JÚNIOR, F. M.; ROBINSON, I. P.; MICALES, J. A.; OLIVERIA, J. R.; DIAS, L. A. S.; SCORTICHINI, M.; PEREIRA, M. C. B.; BONDE, R. B.; ALONSO, S. K.; JUNGHANS, T. G.; BRUNE, W.; **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microorganismos**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006, 627p.

ALSCHER, R. G.; ERTURK, N.; HEATH, L. S. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 372, p. 1331-1341, 2002.

ARALDI, C. G.; COELHO, C. M. M.; GAZIOLA, S. A.; AZEVEDO, R. A. Storage elicits a fast antioxidant enzyme activity in *Araucaria angustifolia* embryos. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, p. 1-10, 2016.

ARAÚJO, R. F.; ABUD, H. F.; DA SILVA, L. J.; ARAUJO, E. F.; PINTO, C. M. F.; SILVA, F. W. S. Alterações fisiológicas e atividade de enzimas antioxidantes em sementes de pimentas *Capsicum chinense* Jacq e *Capsicum frutescens* L. durante o processo de maturação. **Revista Ceres**, v. 65, n. 6, p. 534-545, 2018.

AUNG, U. T.; McDONALD, M. B. Changes in esterase activity associated with peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed deterioration. **Seed Science and Technology**, v.23, n.1, p.101-111, 1995.

BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intracellular signaling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes Rendus. Biologies**, v. 331, n. 10, p. 806-814, 2008.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. What kind of seed dormancy might palms have?. **Seed Science Research**, v. 24, n. 1, p. 17-22, 2014.

BASTOS, L. L. D. S.; CALVI, G. P.; LIMA, M. D. J. V.; FERRAZ, I. D. K. Degree of seed desiccation sensitivity of the Amazonian palm *Oenocarpus bacaba* depends on the criterion for germination. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 2, p. 85-90, 2021.

BELTRAME, R. A.; JASMIM, J. M.; VIEIRA, H. D. Physiological quality of *Syagrus schizophylla* (Arecaceae) seeds during storage. **Seed Science and Technology**, v. 46, n. 2, p. 305-315, 2018.

BERNACCI, L. C.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Estrutura de estádios ontogenéticos em população nativa da palmeira *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 119-130, 2008.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAK, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. Springer: New York, p. 341-376, 2013.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. American Society of Plant Physiologists: Rockville, Maryland, 2005. 451p.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Funep, São Paulo, 184 p. 2005.

CHHABRA, R.; SINGH, T. Seed aging, storage and deterioration: An irresistible physiological phenomenon. **Agricultural Reviews**, v. 40, n. 3, p. 234-238, 2019.

COSTA, M. L. M.; MAUNDER, M.; PEREIRA, T. S.; PEIXOTO, A. L. Brazilian botanic gardens: an assessment of conservation capacity. **Sibbaldia: the International Journal of Botanic Garden Horticulture**, n. 14, p. 97-117, 2016.

FÉLIX, F. C.; ARAÚJO, F. D. S.; FERRARI, C. D. S.; PACHECO, M. V. Desiccation and storage in *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc. seeds. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** (Agrária), vol. 12, n. 1, p. 86-91, 2017a.

FELIX, F. C.; DE PÁDUA, G. V.; ARAÚJO, F. S.; FERRARI, C. S.; PACHECO, M. V. Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017b.

FERRAZ, D.; RAMALHO, W. P.; VALE, L. S. R. Methods for overcoming dormancy and seed storage of *Enterolobium contortisiliquum*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, p. e42602, 2019.

HEBERLE, E.; ARAUJO, E. F.; LACERDA FILHO, A. F.; CECON, P. R.; ARAUJO, R. F.; AMARO, H. T. R. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 657-665, 2019.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Bioversity International, 1996.

JAGANATHAN, G. K. Ecological insights into the coexistence of dormancy and desiccation sensitivity in Arecaceae species. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 1, p. 1-14, 2021.

KILDISHEVA, O. A.; ERICKSON, T. E.; KRAMER, A. T.; ZELDIN, J.; MERRITT, D. J. Optimizing physiological dormancy break of understudied cold desert perennials to improve seed-based restoration. **Journal of Arid Environments**, v. 170, p. 104001, 2019.

LAINDORF, B. L.; FREITAS, K. E.; LUCINI, F.; STEFENON, V. M.; KÜSTER, M. C.; SCHÜNEMANN, A. L.; JAIR PUTZKE, J.; VICTORIA, F. C.; PEREIRA, A. B. Genetic diversity and structure of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) in southern Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2018.

LIMA, C. *et al.* Antioxidant enzyme activity in germination of *Dalbergia spruceana* seeds under different temperatures. **Journal of Seed Science**, v. 43, p. e202143006, 2021.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, FEALQ, 2.^a ed., 660 p. 2015.

MARTINS C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Tolerância à dessecação de sementes de palmitero-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes). **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.3, p.391-396, 1999.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, P. R. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirotosantensis* Fernandes. **Revista Árvore**, v. 35, p. 85-90, 2011.

MASETTO, T. E.; SCALON, S. P. Q.; BRITO, J. Q.; MOREIRA, F. H.; RIBEIRO, D. M.; REZENDE, R. K. S. Germinação e armazenamento de sementes de carandá

(*Copernicia alba*). *Cerne*, vol. 18, n. 4, p. 541-546, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000400003>.

MATOS, A. C. B.; BORGES, E. E. de L.; SEKITA, M. C. Production of reactive oxygen species in *Dalbergia nigra* seeds under thermal stress. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 282-289, 2014.

McDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.22, n.3, p.531-539, 1999.

MEEROW, A. W.; BROCHAT, T. K. (2015) – Palm seed germination. Tropical Ornamental Horticulture/ Department of Environmental Horticulture. UF/IFAS Extension. Florida/ USS. BUL274, p. 9, 2015.

NAKADA, P. G.; OLIVEIRA, J. A.; MELO, L. C. D.; SILVA, A. A. D.; SILVA, P. A. D.; PERINA, F. J. Desempenho durante o armazenamento de sementes de pepino submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, p. 42-51, 2010.

NASCIMENTO, W. M. O.; 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**, vol. 33, n. 3, p. 415-425, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000300004>.

NKANG, A. Effect of cyanide pretreatment on Peroxidase activity in germinating seeds of *Guilfoylia monostylis*. **Journal Plant Physiology**, v.149, p.3-8, 1996.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, G. V.; TEIXIDO, A. L.; BARBOSA, N. P.; SILVEIRA, F. A. Assessing bias and knowledge gaps on seed ecology research: implications for conservation agenda and policy. **Ecological Applications**, v. 26, n. 7, p. 2033-2043, 2016.

SANO, N.; RAJJOU, L.; NORTH, H. M.; DEBEAUJON, I.; MARION-POLL, A.; SEO, M. Staying alive: molecular aspects of seed longevity. **Plant and Cell Physiology**, v. 57, n. 4, p. 660-674, 2016.

SANTOS, M. M.; BORGES, E. E. D. L. E.; ATAIDE, G. D. M.; SOUZA, G. A. D. Germination of seeds of *Melanoxylon brauna* Schott. under heat stress: production of reactive oxygen species and antioxidant activity. **Forests**, v. 8, n. 11, p. 405, 2017.

SCHWEMBER, A. R.; BRADFORD, K. J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of experimental botany**, v. 61, n. 15, p. 4423-4436, 2010.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of botany**, v. 2012, n. 1, p. 217037, 2012.

SHARMA, S. N.; MAHESHWARI, A.; SHARMA, C.; SHUKLA, N. Gene expression patterns regulating the seed metabolism in relation to deterioration/ageing of primed mung bean (*Vigna radiata* L.) seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 124, p. 40-49, 2018.

SILVA, D. D.; STUEPP, C. A.; WENDLING, I.; HELM, C.; ANGELO, A. C. Influence of seed storage conditions on quality of *Torresea acreana* seedlings. **Cerne**, v. 25, n. 1, p. 60-67, 2019.

SOARES, V. C.; DAIBES, L. F.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; LIMA, L. B. D. Water immersion and one-year storage influence the germination of the pyrenes of *Copernicia alba* Morong, a palm tree from a neotropical wetland. **Hoehnea**, v. 49, p. e782021, 2022.

SOUZA, A. M. B. D.; CHIODA, L. B.; FERREIRA, K. B.; VIEIRA, G. R.; CAMPOS, T. S.; PIVETTA, K. F. L. Initial growth of *Syagrus romanzoffiana* seedlings in biosolid-based substrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER E. **Plant physiology**. Califórnia, Artmed. 565p, 2004.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TEIXIDO, A. L.; TOOROP, P. E.; LIU, U.; RIBEIRO, G. V.; FUZESSY, L. F.; GUERRA, T. J.; SILVEIRA, F. A. Gaps in seed banking are compromising the GSPC's Target 8 in a megadiverse country. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, p. 703-716, 2017.

VIEIRA, E. S. N. et al. Caracterização de cultivares de soja por descritores morfológicos e marcadores bioquímicos de proteínas e isoenzimas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 85 86-94, 2009.

VILLELA, F. A.; PERES, W.B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: Ferreira, A.G. e Borghetti, F. Germinação:do básico ao aplicado. Artmed, Porto Alegre. 4 ed.^a, p. 265-282, 2004.

WATERWORTH, W. M.; BRAY, C. M.; WEST, C. E. The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 12, p. 3549-3558, 2015.

WEIRICH NETO, P. H.; DELALIBERA, H. C.; SOUZA, N. M.; MARTINI, J.; GOMES, J. A. *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glass. palm fruit energy capacity. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 2, p. 225-235, 2020.

ZHENG, G.; TIAN, B. O.; ZHANG, F.; TAO, F.; LI, W. Plant adaptation to frequent alterations between high and low temperatures: remodelling of membrane lipids and maintenance of unsaturation levels. **Plant, cell & environment**, v. 34, n. 9, p. 1431-1442, 2011.