

# CARACTERIZAÇÃO E GERMINAÇÃO DE DIÁSPOROS DE *Emmotum nitens*

CHARACTERIZATION AND GERMINATION OF DIASPORES OF *Emmotum nitens*

**José Carlos Pina**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil.  
Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. E-mail: josecarlospina@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-5414-9386>

**Francisco Eduardo Torres**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil.  
Doutor em Agronomia. E-mail: feduardo@uems.br  
<https://orcid.org/0000-0002-6114-0096>

**Rosemary Matias**

Universidade Anhanguera, UNIDERP, Campo Grande, MS, Brasil.  
Doutora em Química. E-mail: rosematias@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-0154-1015>

**Ademir Kleber Morbeck de Oliveira**

Universidade Anhanguera, UNIDERP, Campo Grande, MS, Brasil.  
Doutor em Ciências. E-mail: akmorbeckoliveira@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-9373-9573>

Submissão: 02-05-2024

Aceite: 25-04-2025

**Resumo:** O Cerrado Rupestre, com sua vasta diversidade vegetal, abriga espécies de grande potencial ecológico e econômico. No entanto, pouco se sabe sobre as características dos diásporos dessas plantas, que são as estruturas responsáveis pela dispersão e reprodução das mesmas. Para preencher essa lacuna, objetivou-se realizar a biometria dos diásporos e a identificação das classes de metabólitos secundários no pericarpo e mesocarpo de *Emmotum nitens*, além de avaliar o efeito de diferentes temperaturas em seu processo germinativo e formação de plântulas, em câmara de germinação. Os diásporos foram coletados no Cerrado Rupestre e caracterizados quanto ao tamanho, peso e metabólitos secundários. Subsequentemente, foram submetidos a testes de germinação em diferentes temperaturas: 20, 25, 30, 35, 20-30 e 25-35 °C. Foram quantificados a percentagem, o índice de



velocidade e o tempo médio de germinação, bem como o desenvolvimento de plântulas. As análises fitoquímicas indicaram presença de compostos fenólicos, taninos, flavonoides e antraquinonas nos diásporos. Quanto à biometria, a maioria apresentou altura entre 8 e 10 mm, largura entre 12 e 14 mm e peso médio de 0,86 g, com teor de água entre 0,37 e 1,31%. A germinação estendeu-se por 67 dias, destacando-se a temperatura de 35 °C para protrusão da raiz e crescimento das plântulas, com 90% de germinação e 15 cm de altura média das plântulas. Os diásporos mostraram preferência por temperaturas elevadas, indicando adaptação estenotérmica. Conclui-se que os diásporos apresentam características adaptativas e são fontes promissoras de metabólitos secundários com potencial farmacológico e biotecnológico.

**Palavras-chave:** Cerrado. Sôbro. Biometria de sementes. Processo germinativo. Análise fitoquímica.

**Abstract:** The *Cerrado Rupestre*, with its vast plant diversity, houses species of great ecological and economic potential. However, little is known about the characteristics of these plants' diaspores, which are the structures responsible for their dispersion and reproduction. To fill this gap, this study aimed to perform the biometry of the diaspores and identify the classes of secondary metabolites in the pericarp and mesocarp of *Emmotum nitens*, as well as evaluate the effect of different temperatures on their germination process and seedling formation, in a germination chamber. The diaspores collected in the *Cerrado Rupestre* were characterized by size, weight, and secondary metabolites. Subsequently, they were subjected to germination tests at different temperatures: 20, 25, 30, 35, 20-30, and 25-35 °C. The percentage, speed index, and average germination time were quantified, as well as seedling development. Phytochemical analyses indicated the presence of phenolic compounds, tannins, flavonoids, and anthraquinones in the diaspores. Regarding biometry, most showed a height between 8 and 10 mm, width between 12 and 14 mm, and average weight of 0.86 g, with a water content between 0.37 and 1.31%. Germination extended for 67 days, with the temperature of 35 °C standing out for root protrusion and seedling growth, with 90% germination and an average height of 15 cm. The diaspores showed a preference for elevated temperatures, indicating stenothermal adaptation. It is concluded that the diaspores present adaptive characteristics and are promising sources of secondary metabolites with pharmacological and biotechnological potential.

**Keywords:** *Cerrado. Sôbro*, Seed biometry. Germination process. Phytochemical analysis.

## Introdução

A conservação da biodiversidade é um dos grandes desafios da atualidade, especialmente em países megadiversos como o Brasil. No entanto, muitos biomas brasileiros sofrem com a degradação ambiental causada por atividades humanas, colocando em risco a sobrevivência de inúmeras espécies. Um desses biomas é o Cerrado, considerado um dos mais ameaçados no Brasil e classificado como um *hotspot* (Myers *et al.*, 2000), enfrentando ameaças significativas devido à ocupação antrópica por atividades agropecuárias, especialmente em áreas de cerradão e cerrado *stricto sensu*, impactando a conservação de várias espécies.

Dentre as espécies afetadas, *Emmotum nitens* (Benth.) Miers (Metteniusaceae) é uma das espécies nativas do Cerrado que se destaca por seu elevado índice de valor de importância em diversas fitofisionomias desse bioma (Alves e Silva, 2013). É importante lembrar que o Cerrado é um dos maiores e mais ricos ecossistemas do Brasil, que abrange diferentes tipos de vegetação, como o Cerrado Rupestre, que ocorre em áreas pedregosas, o Cerradão, uma formação florestal densa e alta, e o Cerrado *stricto sensu*, que é a forma mais comum e característica, com árvores baixas e tortuosas e presença de gramíneas (Alves e Silva, 2013). Nesse contexto, essa árvore, popularmente conhecida como faia ou sôbro, entre outros nomes, é encontrada principalmente nessas três fitofisionomias, sendo uma planta secundária, perenifólia, heliófila e seletiva xerófila, que pode atingir até 10 m de altura (Stefano e Fernández-Concha, 2011; Lorenzi, 2016). Além disso, ela apresenta diversas características e usos que a tornam uma espécie de interesse ecológico, econômico e social (Alves, 2012ab).

No que se refere à sua interação com a fauna, as sementes de *E. nitens* são dispersas por morcegos que se alimentam da polpa dos frutos e provavelmente por aves e alguns animais terrestres (Lorenzi, 2016). Essa interação é importante para a manutenção da biodiversidade e da dinâmica do ecossistema, pois favorece a regeneração natural e a distribuição espacial da espécie. Por outro lado, no que diz respeito ao seu aproveitamento humano, a madeira de *E. nitens* é utilizada em construção civil, compensados e móveis rústicos, além da produção de lenha e carvão. Esses usos podem representar uma fonte de renda para as comunidades locais, mas também implicam em uma exploração predatória e uma redução da população da espécie. Entretanto, há outras formas de aproveitamento da árvore que podem ser mais sustentáveis, como o consumo de frutos e o artesanato. Seus frutos são consumidos por morcegos e alguns outros animais silvestres e, quando secos, são utilizados para confecção de objetos de artesanato (Silva Júnior e Pereira, 2009; Lorenzi, 2016). A espécie também é considerada de uso medicinal por populações tradicionais, com suas raízes maceradas utilizadas para combater processos inflamatórios (Ribeiro *et al.*, 2017).

Em suma, *E. nitens* é uma espécie nativa do Cerrado que possui uma grande relevância ecológica, econômica e social, mas que também enfrenta ameaças e desafios para sua conservação. É necessário, portanto, que sejam desenvolvidas estratégias de manejo e proteção da espécie, que considerem seus múltiplos aspectos e benefícios, bem como seus potenciais impactos e riscos.

Para a conservação das espécies, é fundamental conhecer os processos germinativos. Por isso, fatores ambientais, como uma temperatura adequada, podem permitir que o maior vigor de germinação seja alcançado, além de poder propiciar a produção de um maior número de plântulas. No entanto, não existe uma temperatura ideal para todas as espécies, sendo necessários testes em diferentes condições térmicas, que representem, teoricamente, a grande extensão territorial do Brasil e seus biomas. Assim, Brancalion *et al.* (2010) afirmam que a maioria das espécies arbóreas brasileiras tem na temperatura de 25 °C seu melhor desempenho, sendo 30 °C, a segunda mais adequada. Nessa faixa de temperatura, encontra-se a temperatura ótima, que resulta em maior percentagem de germinação em menor tempo. Tais informações são fundamentais para subsidiar estudos sobre produção de mudas e recuperação de áreas degradadas (Leonhardt *et al.*, 2008). Além disso, compreender as características químicas dos frutos pode revelar seu potencial de uso e sua relação com mecanismos de dispersão de sementes por zoocoria, um aspecto crucial para a conservação das espécies.

Além dos processos germinativos, o conhecimento sobre as características fitoquímicas e biométricas dos diásporos (endocarpo + sementes) e as taxas de germinação de sementes e desenvolvimento inicial das plântulas são fundamentais. De acordo com Fonseca *et al.* (2013), Alves *et al.* (2014) e Pagliarini *et al.* (2014), existe uma carência de informações em relação a estes aspectos, o que prejudica os esforços conservacionistas, em relação à recuperação de áreas degradadas. Neste sentido, objetivou-se realizar a biometria de diásporos e avaliar a presença de metabolitos secundários nesta estrutura, além de avaliar diferentes temperaturas no processo de germinação e formação de plântulas, em câmara de germinação.

## Metodologia

### Área de coleta

A coleta de diásporos (endocarpo + sementes) de *Emmotum nitens* foi realizada em junho de 2021, em uma área de vegetação nativa situada nas coordenadas 19°41'54.04" S, 55°19'51.94" O, na região do Taboco, município de Corguinho, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Foram selecionadas oito árvores-matrizes, distribuídas em uma área contínua de Cerrado *stricto sensu*, localizada na borda do Bioma Pantanal, região de ocorrência natural da espécie.

A região apresenta clima tropical com estação seca, temperatura média anual de 23,5 °C e precipitação média anual de 1.400 mm. Os solos são rasos e rochosos, com baixa capacidade de retenção hídrica, o que resulta em rápida perda de umidade após as chuvas. O período chuvoso ocorre entre setembro/outubro e se estende até abril, seguido por meses com redução significativa da precipitação (Oliveira *et al.*, 2020).

A vegetação predominante é o Cerrado, caracterizado por árvores de porte médio, arbustos e gramíneas. Dentre as espécies vegetais mais comuns destacam-se o pequi (*Caryocar brasiliense*), ipê (*Tabebuia* spp.), buriti (*Mauritia flexuosa*) e araticum (*Annona crassiflora*) (Oliveira, 2008). A fauna é diversa e inclui representantes notáveis de aves, mamíferos e répteis, como o tucano (*Ramphastos toco*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), caititu (*Pecari tajacu*) e anta (*Tapirus terrestris*) (ISPN, 2020).

A seleção das árvores-matrizes baseou-se em critérios fenotípicos de vigor vegetativo, sanidade fitossanitária e produtividade de frutos, avaliados visualmente em campo. A escolha foi conduzida por amostragem intencional (não probabilística), sem aplicação de procedimentos estatísticos formais, visando à obtenção de diásporos com elevado potencial fisiológico.

Cada árvore foi identificada e georreferenciada. Os diásporos maduros foram coletados diretamente do solo sob as copas, acondicionados em sacos de papel e transportados até o Laboratório de Pesquisa da instituição, localizado em Campo Grande, MS. Uma exsicata foi preparada e incorporada ao acervo do Herbário da instituição, sob o número de registro 8559.

### Biometria dos diásporos

A avaliação biométrica foi realizada com um lote composto por 1.498 diásporos completos (pericarpo, mesocarpo, endocarpo e semente), com o objetivo de caracterizar o padrão

morfológico médio do material coletado e representar o perfil fenotípico geral da população amostrada.

Considerando que os critérios de seleção das árvores-matrizes foram homogêneos — vigor vegetativo, sanidade fitossanitária e produtividade —, as variações entre indivíduos foram mínimas, dispensando a análise separada por matriz. Em estudos exploratórios ou voltados à produção de mudas, análises agregadas são práticas comuns, pois buscam avaliar a qualidade geral dos diásporos em termos fisiológicos, e não diferenças entre indivíduos. Além disso, a separação por matriz demandaria maior esforço logístico em campo e em laboratório (coleta, marcação, rastreio e análise), o que não se justificaria neste contexto.

Foram mensuradas as variáveis altura (do ápice à base), largura (na região mediana), com paquímetro digital (precisão de 0,01 mm), e peso, com balança analítica (precisão de 0,001 g), conforme procedimentos adaptados das Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009).

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e submetidos à análise descritiva (mínimo, máximo, média e desvio padrão), representando a variabilidade morfológica observada na área de coleta por meio de um lote único.

## Separação dos diásporos

Os diásporos coletados foram separados em dois grupos, os imaturos, apresentando tricomas de coloração marrom-claro, sendo considerados diásporos “novos”; e em processo de maturação, de coloração marrom-escuro (diásporos “velhos”), sendo estes, atricomados, conforme caracterização morfológica para a espécie de Alves *et al.* (2014). De acordo com os autores, o mesocarpo é muito resistente, sendo formado por três, cinco ou sete lóculos, com sementes de diferentes tamanhos que ocupam todo o espaço do lóculo.

## Obtenção dos extratos etanólicos

Em laboratório, os diásporos dos dois grupos (“novo” e “velho”) foram lavados em água corrente para eliminação de sujidades superficiais e despoldados manualmente (retirado o pericarpo e mesocarpo), com faca inox, sendo as polpas homogeneizadas individualmente em processador doméstico de alimento (*Philips-Walita*, R17625). Os dois lotes, separadamente, foram extraídos com álcool etílico em banho de ultrassom (*Ultrasonic Cleaner*) por 60 minutos, seguido de maceração estática por 24 horas em geladeira. Após estes procedimentos, os extratos foram submetidos novamente a banho de ultrassom por 60 minutos e mantidos em repouso (24 h) em geladeira; em sequência, foram filtrados em funil de vidro e algodão. O processo de extração ocorreu por sete dias, com o líquido extrator de cada processo reunido e eliminado sob pressão reduzida a  $55 \pm 5$  °C em evaporador rotativo (*Tecnal*, MA120), produzindo os extratos etanólicos brutos secos.

## Prospecção fitoquímica de metabólitos secundários e quantificação de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides

As análises foram executadas em triplicatas, de acordo com Matos (2009), ocorrendo por via úmida, por meio de reações de precipitação e/ou mudança de cor. Os resultados, comparados

e contrastados com o extrato original, foram classificados como reação negativa (- = 0%), parcial ( $\pm$  = 10%), fracamente positiva (+ = 25%), positiva (++) = 50%), fortemente positiva (+++ = 75%) e, alta intensidade (+++ = 100%) (Fontoura *et al.*, 2015). Foram realizadas análises de caracterização (frequência/intensidade) de compostos fenólicos, naftoquinona, flavonoides, taninos, cumarinas, triterpenos, esteroides, saponinas, heterosídeos cianogênicos e cardioativos (Athayde *et al.*, 2017).

A determinação dos teores de compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides ocorreu por verificação dos grupos químicos majoritários por meio de varredura do espectro na região UV-visível (*Femto*<sup>®</sup>, 800XI), determinando-se as faixas de comprimento de onda de 200 a 800 nm, com três repetições por amostra, comparando-se com espectros de ultravioleta da literatura (Silverstein *et al.*, 2014).

## Compostos fenólicos e flavonoides

Para quantificar os fenóis totais, foi utilizado o método *Folin-Ciocalteu* com ácido gálico como padrão. Os flavonoides foram avaliados pelo método do cloreto de alumínio e, como padrão, quercetina (Sousa *et al.*, 2007; Peixoto Sobrinho *et al.*, 2008; Do *et al.*, 2014).

## Carotenoides

Para realizar o procedimento de extração de carotenoides descrito por Rodriguez-Amaya (2001), a amostra foi homogeneizada com acetona e água em um processador doméstico de alimento (Philips-Walita, R17625), filtrada e transferida para um funil de separação. Em seguida, após a adição de éter de petróleo ao filtrado e a agitação vigorosa, as fases foram deixadas para se separarem e a fase superior (éter de petróleo) foi coletada em um balão volumétrico. A extração com éter de petróleo foi repetida até que a fase aquosa ficou incolor. Posteriormente, o éter de petróleo foi evaporado em banho-maria e o extrato foi ressuspensão em acetona. Por fim, a absorbância do extrato foi medida em um espectrofotômetro a 450 nm para determinar o teor de carotenoides totais.

## Medidas de pH e sólidos solúveis

A determinação do pH dos extratos obtidos a partir do pericarpo e mesocarpo dos diásporos foi conduzida por leitura potenciométrica, utilizando um pHmetro de bancada previamente calibrado com soluções tampão padrão (pH 4,0; 7,0 e 10,0), conforme recomendado pelas metodologias oficiais descritas pela AOAC (2000).

A quantificação dos sólidos solúveis totais (SST) foi realizada com o uso de um refratômetro digital de bancada, com os resultados expressos em graus Brix (°Brix). Esta unidade representa a porcentagem mássica de sacarose em solução aquosa e é amplamente utilizada como indicador da doçura e do teor de açúcares nos tecidos vegetais. As leituras foram corrigidas para 20 °C, seguindo os procedimentos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (Zenebon *et al.*, 2008), a fim de compensar a influência da temperatura sobre o índice de refração e garantir a confiabilidade dos dados.

## Germinação e formação de plântulas - diásporos “novos” e “velhos”

Os diásporos da espécie *E. nitens* são carnosos do tipo drupóide, com um pericarpo liso e amarelo que se torna negro na maturação (Figuras 1A e 1B). O mesocarpo é polposo, às vezes succulento, e tem um sabor adstringente, enquanto o endocarpo é marrom ou pardo, rijo e áspero (Figura 1C), e contém de 0 a 7 sementes (Alves *et al.*, 2014).

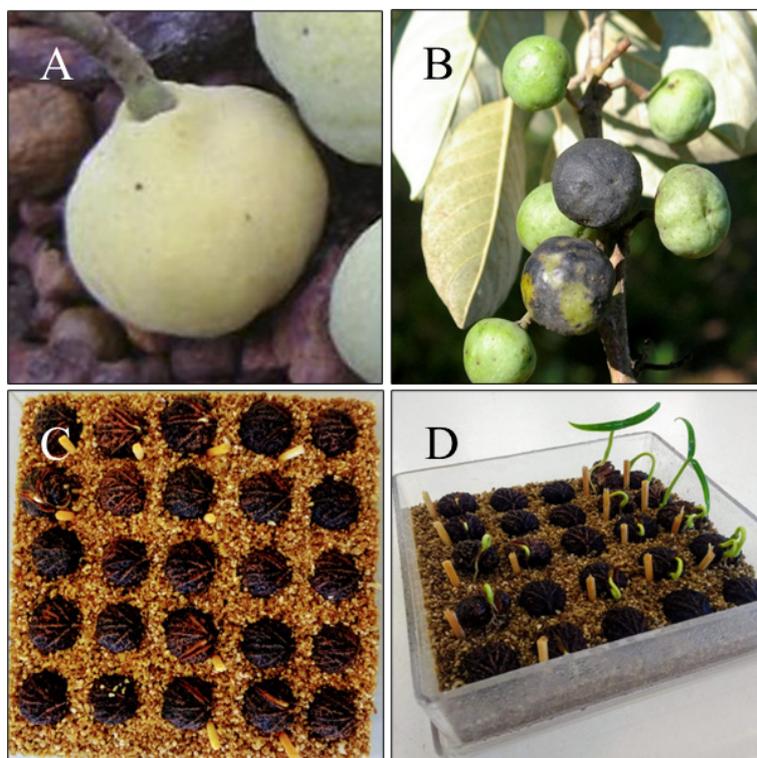
As sementes são consideradas recalcitrantes, pois não toleram a dessecação abaixo de um certo nível de umidade, sem que seja prejudicado seu vigor de germinação. Portanto, a propagação de *E. nitens* é feita por meio de sementes dentro do endocarpo (Figura 1C), provenientes de frutos maduros e com a superfície completamente isenta de resíduos da polpa (Alves, 2012a). As sementes apresentam alta viabilidade com média de 90% de germinação (Alves, 2012b).

Para realizar os testes de germinação, dois grupos de diásporos foram separados e cada grupo (“novo” e “velho”) foi submetido aos testes, separadamente. Antes dos testes, os diásporos foram desinfetados superficialmente, utilizando-se imersão em hipoclorito de sódio (2%) por três minutos, seguido por lavagem em água corrente por um minuto. Em seguida, foram colocados 25 diásporos por caixas plásticas transparentes (11x11x3,5 cm), com quatro repetições por tratamento (Figuras 1C e 1D).

As caixas foram forradas com substrato de vermiculita umedecida com volume de água equivalente a 1,5 vez a sua massa seca, o que garante um nível ideal de umidade para a germinação sem provocar encharcamento. Em seguida, foram colocadas em câmaras de germinação com controle de temperatura e luz, nas quais foram testadas seis condições térmicas: quatro temperaturas constantes (20, 25, 30 e 35 °C) e duas temperaturas alternadas (20–30 °C e 25–35 °C).

Nas condições com temperatura alternada, foi aplicada uma oscilação térmica simulando o ciclo natural de dia e noite: durante as 12 horas de fotoperíodo (luz), a temperatura era mantida na faixa mais alta (30 ou 35 °C), e nas 12 horas de escuro, a temperatura era ajustada para a faixa mais baixa (20 ou 25 °C, respectivamente).

Figura 1. Aspectos morfológicos dos frutos e sementes de *Emmotum nitens* durante o desenvolvimento e germinação. (A) Fruto imaturo com pericarpo liso e coloração amarela. (B) Fruto maduro apresentando pericarpo escurecido (negro), característico da maturação. (C) Endocarpos de coloração marrom a parda, com superfície rígida e áspera, dispostos para sementeira. (D) Processo de germinação em substrato arenoso, com plântulas emergindo dos endocarpos



Fonte: Acervo pessoal dos autores

O fotoperíodo aplicado foi de 12 horas de luz branca, fornecida por quatro lâmpadas fluorescentes de 20 W ( $\pm 660$  lux), seguido de 12 horas de escuro, acompanhando o ciclo térmico diário.

Durante os testes, registros diários foram realizados, sendo considerados como germinados os diásporos com raiz primária de 2 mm, sendo que alguns produziram duas raízes primárias, mas com formação de apenas uma parte aérea. Foram calculados a percentagem de germinação, tempo médio de germinação (TMG), em período de dias (Labouriau, 1983) e, índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962). Contudo, devido à dificuldade de rompimento do tegumento sem danos aos embriões, não foi possível realizar o teste de tetrazólio com as sementes não germinadas. Desta maneira, os diásporos foram avaliados por meio da visualização da integridade do tegumento, ao final do experimento.

Após a germinação, os diásporos germinados foram utilizados para realizar a avaliação de crescimento (raiz e parte aérea). A raiz primária (colo da planta até o ápice meristemático do sistema radicular) e parte aérea (colo da planta até o ápice do meristema apical), foram medidas com auxílio de paquímetro digital (mm). Posteriormente foram pesadas em balança de precisão, secas em estufas de ventilação forçada (até 50 °C) e novamente pesadas. Para a avaliação das

plântulas normais, foi seguido o critério das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), com a presença de sistema radicular e dos primórdios do primeiro par de folhas, após 67 dias de avaliação.

## Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Inicialmente, verificou-se a normalidade dos resíduos pelo teste de *Shapiro-Wilk* e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Atendidos esses pressupostos, procedeu-se à análise de variância (ANOVA). Quando identificados efeitos significativos, aplicou-se o teste de *Tukey*, adotando-se nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas no *software BioEstat*, versão 5.0.

Os dados foram apresentados em valores reais, não transformados, por atenderem aos pressupostos das análises. Para a variável germinação, o experimento seguiu um esquema bifatorial, sendo analisado conforme o modelo estatístico apropriado.

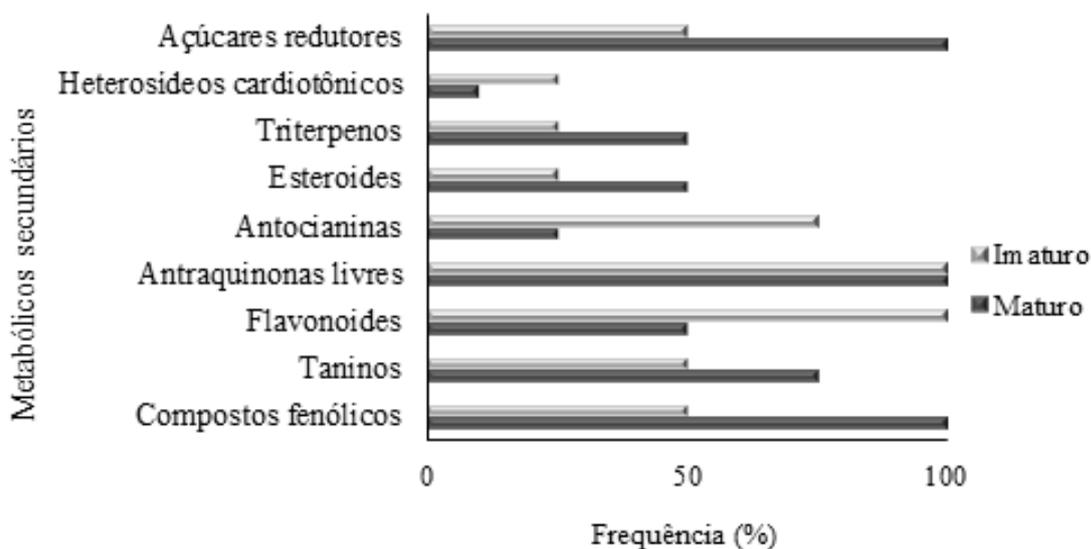
## Resultados e discussões

### Prospecção fitoquímica

Os resultados obtidos na triagem fitoquímica dos diásporos indicaram a presença de nove classes distintas de metabólitos secundários. Entre esses compostos, destacaram-se pela maior intensidade as antraquinonas livres, compostos fenólicos, taninos, flavonoides e antocianinas, evidenciando um perfil fitoquímico diversificado com funções ecológicas e fisiológicas relevantes. Por outro lado, outras classes, como esteroides, triterpenos, heterosídeos cardiotônicos e açúcares redutores, apresentaram-se com menor frequência relativa, sendo que os açúcares redutores merecem atenção especial por sua ocorrência significativa, com intensidade de 50% nos diásporos maduros (Figura 2).

A ausência de análise estatística para os metabólitos secundários representados na figura 2 está relacionada ao caráter qualitativo da triagem fitoquímica empregada. Essa análise foi realizada por meio de testes colorimétricos e/ou de precipitação, conforme Matos (2009), que permitem apenas a avaliação semiquantitativa da presença dos compostos.

Figura 2. Proporção relativa (%) das diferentes classes de metabólitos secundários identificadas no pericarpo e mesocarpo de diásporos de *Emmotum nitens*, coletados em ambiente de cerrado rupestre na região do Taboco, município de Corguinho, Mato Grosso do Sul



No contexto ecológico, os açúcares redutores (Figura 2) — como glicose e frutose — assumem papel central como fontes rápidas de energia, especialmente relevantes para organismos consumidores como os quirópteros. Esses animais, por realizarem voo ativo, apresentam maior gasto energético do que frugívoros terrestres. Como aponta Silva (2021), a atração exercida pelo odor dos frutos, potencializado pela presença de triterpenos, favorece o consumo desses diásporos ricos em açúcares de assimilação rápida. A presença desses açúcares foi confirmada também por meio da determinação de sólidos solúveis (Tabela 1), reforçando sua importância tanto fisiológica quanto ecológica.

O perfil químico dos frutos imaturos e maduros são dados importantes para entender a interação morcego-planta e tem importância ecológica, por afetar diretamente a estrutura e dinâmica das comunidades vegetais, principalmente em ambientes tropicais (Aziz *et al.*, 2021). Os morcegos frugívoros têm os frutos como uma fonte de alimento e, em contrapartida, as plantas se beneficiam com a dispersão das sementes, fundamental para seu sucesso reprodutivo, em especial para ambientes alterados (Parolin *et al.*, 2021). Os morcegos usam uma combinação de ecolocalização e odor para localizar e consumir os frutos nas plantas, tendendo a defecar com maior frequência durante o voo, o que contribui para a dispersão das sementes e a manutenção dos ecossistemas (Thies *et al.*, 1998; Schupp *et al.*, 2010).

Logo, a dispersão das sementes por determinadas espécies de morcegos depende de fatores, tais como a fenologia da frutificação e estágio de desenvolvimento dos frutos (verdes ou maduros), por exemplo. Em se tratando de frutos carnosos, a presença de substâncias aromáticas atrativas, como óleos essenciais e flavonoides (Bianconi *et al.*, 2007), contribui para aumentar a atração dos herbívoros e a posterior dispersão de sementes, podendo acelerar o processo de sucessão ecológica, por exemplo (Fleming, 1988). Para os frutos de *E. nitens*, constatou-se que os teores de flavonoides foram superiores nos frutos maduros, fator provavelmente associado a maior concentração de açúcares redutores, aos sólidos solúveis e a menor acidez (Tabela 1),

características importantes para a atração e o forrageamento por morcegos e outros herbívoros (Lorenzi, 2016).

Tabela 1. Quantificação de compostos fenólicos, flavonoides totais, carotenoides totais, pH e sólidos solúveis encontrados no pericarpo e mesocarpo de diásporos de *Emmotum nitens* coletados em áreas de cerrado rupestre, região do Taboco, Corguinho, Mato Grosso do Sul, Brasil

Polpa	Compostos fenólicos (AG mg g <sup>-1</sup> )	Flavonoides (QE mg g <sup>-1</sup> )	Carotenoides mg g <sup>-1</sup>	pH	Sólidos solúveis (%)
Imaturas*	179.4 ± 0.0 a	81.7 ± 0.7 b	9.7 ± 0.1 a	6.1 ± 0.0 b	3.0 ± 0.0 b
Maduras*	157.3 ± 0.2 b	107.6 ± 0.4 a	9.3 ± 0.5 a	6.7 ± 0.0 a	5.4 ± 0.0 a

\*Média ± desvio padrão ( $p < 0.01$ ). Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Por outro lado, os teores de fenóis totais nos frutos imaturos foram superiores aos frutos maduros. Os fenóis são compostos químicos que possuem propriedades antioxidantes, ou seja, eles ajudam a proteger as células contra os danos causados pelos radicais livres e a presença de maiores teores de fenóis totais nos frutos imaturos pode indicar uma maior atividade antioxidante nessa fase de desenvolvimento (Bernardes *et al.*, 2011). Isso pode ter várias consequências. Por exemplo, os fenóis podem estar atuando na proteção dos frutos contra o estresse oxidativo durante o processo de amadurecimento e além disso, esses compostos podem contribuir para a defesa da planta contra herbívoros e patógenos, uma vez que muitos desses compostos têm propriedades antimicrobianas (Simões *et al.*, 2017).

No entanto, é importante notar que a presença de altos teores de fenóis em frutos imaturos não é necessariamente uma característica positiva do ponto de vista nutricional para os humanos. Muitos desses compostos podem ter um sabor amargo ou adstringente, o que pode tornar os frutos imaturos menos palatáveis e alguns fenóis podem interferir na absorção de nutrientes no trato gastrointestinal (Simões *et al.*, 2017). Portanto, embora a presença de altos teores de fenóis em frutos imaturos possa ter implicações importantes para a biologia e ecologia da planta, as consequências para a nutrição humana podem variar dependendo do contexto específico. Além disso, um fator responsável por essa baixa concentração de fenóis totais nos frutos maduros de *E. nitens* pode ser a metodologia de extração, que é um fator limitante para a observação do conteúdo fenólico das plantas (Agostini-Costa *et al.*, 2003).

Os compostos fenólicos e flavonoides são classes conhecidas por suas características antioxidantes e anti-inflamatórias, por exemplo, além de atuar com um mecanismo de adaptação e resistência da planta a estresses ambientais e contra patógenos (Giada e Mancini Filho, 2006; Simões *et al.*, 2017). A redução na concentração dos fenóis totais nos frutos maduros, em relação aos imaturos (Tabela 1), pode ser justificada pela rota biossintética das plantas na produção de flavonoides. No caso da *E. nitens*, em geral a frutificação inicia-se normalmente em setembro (Silva Júnior e Pereira, 2009; Lorenzi, 2016), período em que as temperaturas aumentam, com dias mais longos e maior umidade, fatores que propiciam a produção de flavonoides e antocianinas (um grupo de flavonoides), como forma de proteção contra os danos causados pela

radiação ultravioleta (Taiz *et al.*, 2016), favorecendo um deslocamento da rota biossintética, tanto via ácido chiquímico quanto pela rota do ácido malônico, induzindo maior produção de flavonoides e antocianinas.

O perfil químico dos polifenóis, representados pelos taninos e flavonoides, pode ser relacionado ao seu valor nutricional e sensorial, conferindo atributos de textura, cor, amargor e adstringência, dentre outros aspectos (Simões *et al.*, 2017). Enquanto os flavonoides atuam como antioxidantes naturais, além de conferir aroma e cor aos frutos maduros (Faehrich *et al.*, 2016), características importantes para influenciar os herbívoros na exploração de recursos alimentares, os taninos têm ação negativa no valor nutritivo, inibindo a ação de enzimas digestivas e reduzindo a digestibilidade de proteínas, por exemplo (Pereira e Cardoso, 2012). Por este motivo, podem vir a causar complicações na digestão dos herbívoros, gerando problemas na evacuação, por exemplo, sendo necessária a ingestão de outros metabólitos capazes de regular o funcionamento do sistema digestório desses animais, como as antraquinonas (Silva *et al.*, 2001). Entretanto, para os frutos maduros ocorreu uma diminuição desta classe (taninos), provavelmente tornando os frutos mais palatáveis. Por outro lado, as antraquinonas são uma classe de substâncias conhecidas por agirem irritando o intestino grosso, causando um aumento em sua motilidade e por esse motivo, comumente utilizados terapêuticamente como laxativos e catárticos (Carvalho, 2012). Por esse motivo, facilitam a evacuação de determinados alimentos que possuam presença significativa de celulose, lignina e tanino, o que pode indicar sua importância nos frutos de *E. nitens*, imaturos e maduros.

A concentração de carotenoides não apresentou diferenças estatísticas, independente do estágio de maturação dos frutos (Tabela 2). Com base nestes resultados é possível inferir que este pigmento natural, considerado antioxidante não-enzimático e precursor da vitamina A (Negro *et al.*, 2000), possui o mesmo valor nutricional, mesmo quando o fruto é forrageado em diferentes estágios de maturação.

Para *E. nitens*, os resultados observados na diversidade, frequência e concentração de metabólitos secundários entre os frutos imaturos e maduros, além de serem pioneiros para a espécie, indicam a interação ecológica da planta com os morcegos frugívoros, demonstrando as complexas relações entre animais e vegetais relacionadas ao forrageamento e dispersão de sementes. Segundo Whitehead *et al.* (2021), as plantas produzem uma enorme diversidade de metabólitos secundários e os fenótipos químicos são mantidos para benefício próprio, facilitando também as diferentes interações com outros organismos.

## Biometria dos diásporos

A maior parte dos diásporos possui altura entre 8 e 10 mm (78,2%), sendo os menores tamanhos obtidos entre 6 e 8 mm e os maiores, 12 e 14 mm. Em relação a largura, a maior parte possui entre 12 e 14 mm (67,8%), sendo os menores tamanhos encontrados entre 8 e 10 mm e os maiores, entre 18 e 20 nm (Figura 3). O peso médio dos diásporos foi de 0,86 g.

Os resultados indicaram a existência de um padrão de tamanho com pouca variação entre os diásporos coletados. Segundo Pereira *et al.* (2011), espécies arbóreas tropicais costumam apresentar ampla variabilidade no tamanho de seus frutos — o que contrasta com os achados para *E. nitens* neste estudo. Alves *et al.* (2014), ao analisarem a mesma espécie em Planaltina

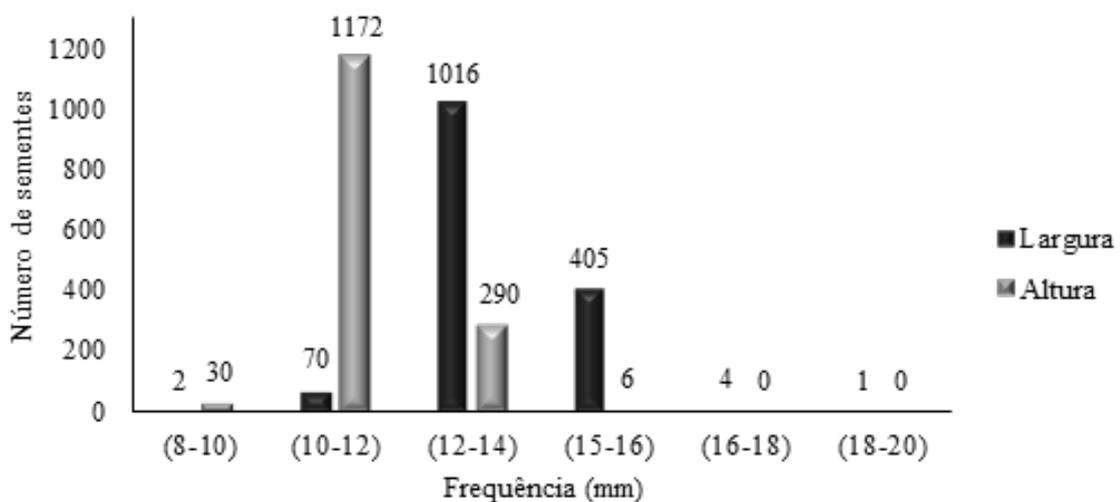
(DF), relataram larguras entre 3,2 e 6,8 mm e comprimentos entre 4,6 e 11,2 mm, baseando-se em uma amostragem menor ( $n = 200$ ) e sem delimitar classes de tamanho. Silva Júnior e Pereira (2009) também apontaram um comprimento médio de 6 mm. No presente estudo, os diásporos coletados na região do Taboco apresentaram tamanhos maiores, com amostras provenientes de oito árvores-matrizes distintas. A inclusão de múltiplos genótipos, como esperado para espécies nativas com alta diversidade genética, pode explicar a maior variabilidade morfológica detectada, reforçando a importância de se considerar a diversidade genética nas análises morfológicas.

Em relação ao peso, Peres (2011) menciona  $1,1 \pm 0,3$  g, com coletas realizadas em Goiás e Distrito Federal, demonstrando valores mais próximos aos encontrados por este trabalho. Essa proximidade de resultados relativos à biometria dos diásporos de *E. nitens* deve-se ao fato de a árvore ser nativa do bioma Cerrado, ocorrendo em diferentes formações florestais. Alves e Silva (2013) escrevem que a espécie tem um ciclo reprodutivo que depende das condições climáticas, principalmente da precipitação e da temperatura, ou seja, na dependência do ano da coleta podem ocorrer diferenças na biometria dos frutos coletados na mesma região.

A região do Taboco possui um clima tropical úmido, com uma estação chuvosa de outubro a abril e uma estação seca de maio a setembro, com vegetação predominante de Cerrado, com áreas de cerradão, cerrado *sensu stricto* e mata ciliar. Em contrapartida, as regiões de Goiás e do Distrito Federal, onde Peres (2011) realizou suas coletas, também fazem parte do bioma Cerrado, mas apresentam variações climáticas e fitofisionômicas, com clima tropical semiúmido e estação chuvosa de novembro a março e estação seca, abril a outubro, com a vegetação composta por diferentes tipos de Cerrado, como cerradão, cerrado típico, campo sujo e campo limpo.

Diante disso, as comparações entre os resultados obtidos na região do Taboco e os citados por Peres (2011) podem fazer sentido, desde que se considere as diferenças ambientais entre as áreas de estudo, pois o tipo de ambiente não é exatamente o mesmo, embora sejam pertencentes ao mesmo bioma, com características similares.

Figura 3. Biometria de diásporos de *Emmotum nitens* coletadas em áreas de cerrado rupestre, região do Taboco, Corguinho, Mato Grosso do Sul, Brasil



## Germinação e formação de plântulas

Os diásporos de *Emmotum nitens* apresentaram baixos teores de água: 0,37% nos diásporos senescentes (velhos) e 1,31% nos recém-dispersos (novos). Esses valores refletem a tolerância à dessecação, a presença de dormência e a adaptação da espécie ao bioma Cerrado e a ambientes tropicais sazonais, atuando como mecanismo de proteção das sementes.

O diásporo, unidade de dispersão da planta, corresponde ao fruto seco contendo a semente envolta por um endocarpo lenhoso e lignificado. Durante a desidratação, a perda de água ocorre, sobretudo, nas camadas externas — como o tegumento e o mesocarpo — enquanto o embrião e os tecidos internos permanecem hidratados, assegurando a viabilidade germinativa.

Como a medição do teor de água é feita considerando o diásporo completo, os valores obtidos tendem a ser baixos e não refletem com precisão o conteúdo hídrico da semente viável. A espécie apresenta dormência combinada, resultante de fatores endógenos (como a imaturidade fisiológica) e exógenos (por exemplo, tegumentos impermeáveis que dificultam a entrada de água e gases essenciais à germinação) (Fowler e Bianchetti, 2000).

Embora não haja evidências de que essa característica ocorra em outras espécies da família Humiriaceae, os dados referentes a *E. nitens* sugerem uma adaptação à dispersão em ambientes secos, evidenciada pela baixa umidade dos diásporos.

Apesar dos baixos teores de água observados no diásporo como um todo, as sementes de *E. nitens* são recalcitrantes — ou seja, sensíveis à dessecação severa. Por isso, a propagação é feita pela semeadura das sementes ainda envoltas no endocarpo, que atua como barreira protetora. Assim, os baixos valores de água não contradizem a recalcitrância, desde que o embrião se mantenha hidratado e funcional.

As características morfoanatômicas dos diásporos e sementes demonstram a plasticidade fenotípica da espécie, revelando uma estratégia ecológica de sobrevivência frente à sazonalidade hídrica do Cerrado.

Os resultados indicaram que apenas os diásporos senescentes (velhos), com menor teor de água (0,37%), apresentaram protrusão da radícula, sugerindo que os diásporos recém-dispersos ainda não atingiram a maturidade fisiológica. A análise dos tempos e percentuais de germinação confirma que, após a liberação dos frutos, as sementes necessitam de um período adicional para completar sua maturação.

Considerando que a dispersão ocorre durante o período seco do ano (junho, inverno), é plausível que essa condição favoreça tanto a maturação dos frutos quanto a subsequente dessecação, contribuindo para a adaptação da espécie à estacionalidade climática do Cerrado. Esse padrão também foi observado em *Caryocar brasiliense* (pequizeiro), cuja maturação pós-dispersão foi registrada por Rodrigues (2017).

A baixa umidade observada nos diásporos reflete principalmente a presença do endocarpo lignificado, que atua como barreira física contra a perda hídrica, permitindo a manutenção da viabilidade do embrião mesmo em ambientes áridos. Tal comportamento é compatível com outras espécies recalcitrantes do Cerrado e demonstra uma clara adaptação ecológica ao regime hídrico sazonal (Berjak e Pammenter, 2007; Peres, 2011).

A constatação de que apenas os diásporos senescentes germinaram reforça a hipótese de que a maturação fisiológica ocorre gradualmente sob condições secas, favorecendo a sobrevivência da espécie em ambientes tropicais sazonais. Ainda que não se possa generalizar essa característica para toda a família Humiriaceae, os dados obtidos para *E. nitens* evidenciam uma alta plasticidade fenotípica, uma vantagem adaptativa significativa frente às variações hídricas sazonais.

A germinação de diásporos de *E. nitens* foi significativamente influenciada pelo grau de maturação das sementes e pela temperatura de incubação, conforme evidenciado pelos dados da tabela 2. Diásporos maduros apresentaram maior porcentagem de germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG) e menor tempo médio de germinação (TMG), especialmente a 35 °C, onde a germinação atingiu 62%.

Esses resultados sugerem que sementes em diásporos maduros estão em estágios mais avançados de desenvolvimento fisiológico, com reservas energéticas e estruturas adequadas para o início da germinação. Em temperaturas intermediárias, como 25–35 °C e 20–30 °C, a germinação foi reduzida para 28% e 12%, respectivamente. Já diásporos imaturos demonstraram desempenho limitado, com germinação de até 12% apenas a 35 °C, o que evidencia sua menor qualidade fisiológica.

Tabela 2. Germinação (%), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) em dias, dois tipos de diásporos senescentes (velhos) e recém-dispersos (novos) de *Emmotum nitens*, em câmara de germinação Fatores: Maturação (Imaturo, Maturo) e Temperatura (20, 25, 30, 35, 20-30, 25-35 °C)

Maturação	Temperatura (°C)	G (%)	IVG	TMG (dias)
IMATURO	20	0 (e)	-	-
	25	0 (e)	-	-
	30	0 (e)	-	-
	35	12 (d)	0,21 (d)	58,7 (b)
	20-30	8 (d)	0,13 (d)	60,5 (b)
	25-35	4 (e)	0,07 (e)	61,0 (b)
MATURO	20	0 (e)	-	-
	25	0 (e)	-	-
	30	0 (e)	-	-
	35	62 (a)	1,38 (a)	43,5 (a)
	20-30	12 (d)	0,22 (d)	55,0 (b)
	25-35	28 (c)	0,66 (c)	43,7 (a)

Nota: Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas significativas segundo a ANOVA bifatorial, com teste de comparação de médias de *Tukey* a 5% de probabilidade ( $\alpha = 0,05$ ), considerando a interação entre maturação e temperatura. O símbolo “-” indica ausência de germinação, impossibilitando o cálculo do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e do Tempo Médio de Germinação (TMG). A interação entre maturação e

temperatura foi significativa para todas as variáveis analisadas: Temperatura (°C), Germinação (G%), IVG e TMG (dias).

O IVG reforça esse padrão, com o maior valor (1,38) registrado em diásporos maduros a 35 °C, refletindo tanto maior taxa quanto maior rapidez germinativa. Por outro lado, os imaturos atingiram no máximo 0,21 nessa mesma temperatura, apontando para baixo vigor. O TMG também revelou maior eficiência dos maduros, com germinação mais rápida a 35 °C (43,5 dias), enquanto os imaturos mantiveram tempos mais longos, indicando possível atraso metabólico ou maior resistência física à protrusão da radícula.

A interação entre temperatura e maturação foi estatisticamente significativa, revelando que o efeito térmico depende do grau de desenvolvimento dos diásporos. Essa constatação reforça a necessidade de considerar ambas as variáveis no delineamento de estratégias de produção de mudas e recuperação ambiental.

A germinação, do tipo fanerocotiledonar epígea (Polhill, 1981), ocorreu apenas nas temperaturas de 35, 20–30 e 25–35 °C, caracterizando a espécie como estenotérmica. Este padrão, típico de organismos com exigências térmicas estreitas, está de acordo com as condições ambientais do cerrado rupestre — local de origem das sementes —, marcado por altas temperaturas diurnas e forte sazonalidade hídrica.

Comparando com a literatura, Silva Júnior e Pereira (2009) relataram germinação de 20% em até 20 dias após a semeadura. No presente estudo, a protrusão da raiz iniciou aos 35 dias, com germinação estendendo-se por até 67 dias. Tal diferença pode estar relacionada à presença de antraquinonas nos frutos, metabólitos com atividade alelopática e inibitória da germinação (Willis, 2010; Simões *et al.*, 2017). A maior germinação a 35 °C pode estar associada à degradação térmica parcial desses compostos, como sugerido por Matias *et al.* (2021), que destacam o papel do calor na modificação química de aleloquímicos.

Diversos autores relatam períodos germinativos variáveis: Alves *et al.* (2014) observaram de 28 a 90 dias; Lorenzi (2016), entre 4 e 6 semanas; Salomão *et al.* (2003), cerca de 54 dias em campo; e Alves (2012b) registrou 74% de germinação em viveiro telado após 28 dias, com emergência até 95 dias. Tais discrepâncias refletem diferenças metodológicas e ambientais, como temperatura, umidade, armazenamento dos diásporos e manejo pós-colheita, dificultando comparações diretas.

Apesar da variabilidade, os dados aqui obtidos apontam para um vigor germinativo geral relativamente baixo em *E. nitens*, com IVGs reduzidos, TMGs elevados e emergência distribuída de forma não uniforme ao longo do tempo. Tal padrão pode refletir uma estratégia adaptativa da espécie ao ambiente do cerrado, em que a germinação escalonada favorece o sucesso das plântulas ao coincidir com períodos de maior disponibilidade hídrica (Brançalion e Marcos Filho, 2008; Carvalho e Nakagawa, 2012).

Dessa forma, recomenda-se o uso de diásporos maduros e a incubação em temperaturas próximas a 35 °C para maximizar o potencial germinativo da espécie. Tais condições se mostraram ideais para promover maior porcentagem, velocidade e rapidez na germinação, sendo essenciais para ações de restauração e conservação da flora nativa do cerrado.

## Maturação Fisiológica e da Temperatura na Germinação

O processo de germinação de *E. nitens* apresentou variações significativas relacionadas à origem dos diásporos (senescentes versus recém-dispersos) e às condições térmicas aplicadas. Os diásporos senescentes demonstraram maior taxa de germinação e desenvolvimento, especialmente sob temperatura constante de 35 °C, resultando em plântulas maiores e mais vigorosas. Nessa condição, foram registrados os maiores valores médios de comprimento da raiz (29,2 mm), parte aérea (26,4 mm), comprimento total (55,6 mm), peso fresco (1,291 g) e peso seco (0,321 g), sugerindo que esses diásporos passaram por um processo de pós-maturação fisiológica que favoreceu a superação da dormência e o crescimento inicial.

Temperaturas entre 20 e 30 °C proporcionaram desenvolvimento intermediário para os diásporos senescentes, enquanto o regime alternado de 25–35 °C foi o menos eficaz, indicando uma possível exigência térmica mais específica para a germinação ideal. Em contraste, os diásporos recém-dispersos apresentaram desempenho extremamente limitado em todas as faixas térmicas testadas, com radículas inferiores a 0,02 mm, comprimento total abaixo de 1,5 mm e peso seco inferior a 0,01 g. Esses dados reforçam a hipótese de dormência fisiológica nesse grupo, que impediria a germinação imediata após a dispersão.

As diferenças observadas entre os dois tipos de diásporos destacam a relevância da maturação fisiológica e o papel central da temperatura no processo germinativo e no desenvolvimento inicial das plântulas. Em ambientes naturais, esse comportamento pode representar uma estratégia adaptativa da espécie, permitindo a germinação apenas sob condições ambientais favoráveis. Assim, o uso de diásporos senescentes e a aplicação de condições térmicas adequadas, como temperaturas elevadas, mostram-se estratégias eficientes para a produção de mudas viáveis em viveiros (Tabela 3).

Tabela 3. Comprimento da raiz, parte aérea (PA) e comprimento total, além do peso fresco e seco de plântulas de *Emmotum nitens* originadas de diásporos senescentes (velhos) e recém-dispersos (novos), cultivadas em câmara de germinação com substrato de vermiculita

°C	Senescentes (velhos)			Recém-dispersos (novos)		
	35	20-30	25-35	35	20-30	25-35
<b>Raiz (mm)</b>	29,2 a	15,2b	6,0c	0,01d	0,015d	0,016d
<b>PA (mm)</b>	26,4a	19,0b	10,6c	0,13d	0,056d	0,044d
<b>Total (mm)</b>	55,6 a	34,2 b	16,6 c	1,44d	0,071d	0,060d
<b>Peso fresco (g)</b>	1,291 a	0,292 b	0,005 c	0,130	0,015d	0,016d
<b>Peso seco (g)</b>	0,321 a	0,092 b	0,003 c	0,010	0,005d	0,003d

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

De acordo com Borghetti e Ferreira (2012), a temperatura de 30 °C é considerada ideal para a divisão celular e o crescimento vegetal. Brancalion *et al.* (2010) também indicam 25 °C como a mais adequada para a maioria das espécies do bioma Cerrado. No entanto, no presente

estudo, essas temperaturas não favoreceram a germinação dos diásporos de *E. nitens*. Por outro lado, a temperatura de 35 °C demonstrou efeitos positivos sobre o processo germinativo, possivelmente por acelerar a absorção de água — em razão do aumento da pressão de difusão — e intensificar as reações químicas responsáveis pelo transporte de reservas e pela ressíntese de substâncias essenciais à formação de plântulas (Marcos-Filho, 2015).

É sabido que, em algumas espécies, temperaturas elevadas favorecem tanto a germinação quanto o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas. Um exemplo é o estudo de Oliveira e Pereira (2014), que avaliaram *Guibourtia hymenaeifolia* (Fabaceae) sob diferentes temperaturas e também identificaram 35 °C como uma das mais eficazes.

Esse efeito benéfico pode estar relacionado às características do local de coleta dos diásporos, marcado por elevadas temperaturas. As condições climáticas quentes da região podem ser um fator indutor da germinação e formação das plântulas da espécie. Neves e Conceição (2010), ao estudarem áreas rupestres na Chapada Diamantina (Bahia) — semelhantes à área de coleta —, relataram flutuações térmicas diárias intensas. Considerando que a dispersão das sementes de *E. nitens* ocorre por morcegos (Silva Júnior e Pereira, 2009; Lorenzi, 2016), é plausível supor que os diásporos sejam depositados em superfícies rochosas expostas a altas temperaturas e estresse hídrico, o que reforça sua possível adaptação a essas condições.

Temperaturas alternadas também promoveram a germinação, ainda que em menor proporção. Brancalion e Marcos-Filho (2008) sugerem que esse regime térmico pode estar associado à superação da impermeabilidade do tegumento, permitindo a hidratação dos diásporos. Masin *et al.* (2017) apontam as temperaturas alternadas como ideais para determinadas espécies, especialmente aquelas adaptadas a ambientes sucessionais, como clareiras, conforme discutido por Liu *et al.* (2013) e Vitis *et al.* (2014). Entretanto, no presente experimento, tais oscilações térmicas não apresentaram os efeitos esperados, indicando que *E. nitens* possui um padrão germinativo específico.

Já as temperaturas mais baixas, como 20 e 25 °C, mostraram-se inadequadas. Brancalion *et al.* (2010) destacam que muitas espécies tropicais são sensíveis a baixas temperaturas, o que reduz suas taxas de germinação. Nessas condições, as vias metabólicas essenciais ao início do processo germinativo podem ser interrompidas (Hendricks e Taylorson, 1976). Ao final do experimento, foi constatada a inviabilidade dos diásporos submetidos a essas temperaturas, possivelmente em decorrência da ação de fungos que degradaram o tegumento e levaram ao seu apodrecimento. Esse cenário está de acordo com as observações de Bewley *et al.* (2013), que relatam que o frio pode desacelerar o metabolismo, prolongando o tempo de exposição aos patógenos.

## Considerações finais

Os resultados obtidos indicam a existência de um determinado padrão de tamanho, com pouca variação de altura e largura, além de baixo teor de água nos diásporos de *Emmotum nitens*. A germinação prolongou-se por semanas, fator provavelmente relacionado à presença de antraquinonas na polpa, o que propiciou pequeno vigor de germinação. Por outro lado, a melhor temperatura para a protrusão da raiz primária foi de 35 °C, que também produziu o melhor crescimento das plântulas, indicando uma característica estenotérmica para a espécie.

## Referências

- AGOSTINI-COSTA, T. S.; LIMA, A.; LIMA, M. V. Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina versus método do butanol ácido. **Química Nova**, v. 26, n. 5, p. 763-765, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000500022>
- ALVES, M. V. P. Armazenamento, viabilidade e emergência de sementes e diásporos de *Emmotum nitens* (Benth.) Miers. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 163-168, 2012a. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1315>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- ALVES, M. V. P. Produção de mudas de *Emmotum nitens* (Benth.) Miers (Icacinaceae) em diferentes composições de substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 225-235, 2012b. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1297/1256>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- ALVES, M. V. P.; SILVA, J. C. S.; COSTA, C. J. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Emmotum nitens* (Benth.) Miers (Icacinaceae). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 59-67, 2014. <https://doi.org/10.18378/rvads.v9i3.2921>
- ALVES, M. V. P.; SILVA, J. C. S. Fenologia de *Emmotum nitens* (Benth.) Miers (Icacinaceae) na Reserva Ecológica Cerradão – Embrapa Cerrados, Planaltina – DF. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 125-131, 2013. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1913>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 17.ed. Gaithersburg, MD: AOAC International. 2000.
- ATHAYDE, M. L.; TAKETA, A. T. C.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Saponinas. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Orgs.). **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 285-303.
- AZIZ, S. A.; MCCONKEY, K. R.; TANALGO, K.; SRITONGCHUAY, T.; LOW, M.-R.; YONG, J. Y.; MILDENSTEIN, T. L.; NUEVO-DIEGO, C. E.; LIM, V.-C.; RACEY, P. A. The critical importance of old-world fruit bats for healthy ecosystems and economies. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 1-29, 2021. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.641411>
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. **Annals of Botany**, v. 101, n. 2, p. 213-228, 2007. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm168>
- BEWLEY, J. D.; BRANDFORD, K.; HILHORST, H.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormency**. 3. ed. New York: Springer, 2013.

BIANCONI, G. V.; MIKICH, S. B.; TEIXEIRA, S. D.; MAIA, B. H. L. Attraction of fruit-eating bats with essential oils of fruits: a potential tool for forest restoration. **Biotropica**, v. 39, n. 1, p. 136-140, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00236.x>

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2012. cap. 13. p. 209-222.

BRANCALION, P. H. S.; MARCOS FILHO, J. Distribuição da germinação no tempo: causas e importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais. **Informativo Abrates**, v. 18, n. 1-2-3, p. 11-17, 2008. Disponível em: <https://www.abrates.org.br/informativo-abrates/177/0122008v18n1231643682755pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima para germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400002>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

CARVALHO, J. C. T. Formulações fitoterápicas para distúrbios do aparelho digestório. In: Carvalho JCT. (Org.). **Formulário Médico-Farmacêutico de Fitoterapia**. 3. ed. Alfenas: LMC, 2012. p. 41-60.

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

DE VITIS, M.; SEAL, C. E.; ULIAN, T.; PRITCHARD, H. W.; MAGRINI, S.; FABRINI, G.; MATTANA, E. Rapid adaptation of seed germination requirements of the threatened Mediterranean species *Malcolmia littorea* (Brassicaceae) and implications for its reintroduction. **South African Journal of Botany**, v. 94, p. 46-50, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.05.008>

DO, Q. D.; ANGKAWIJAYA, A. E.; TRAN-NGUYEN, P. L.; HUYNH, L. H.; SOETAREDJO, F.E.; ISMADJI, S.; JU, Y. H. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 22, n. 3, p. 296-302, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>

FAEHNRIK, B.; LUKAS, B.; HUMER, E.; ZEBELI, Q. Phytochemical pigments in animal nutrition: potentials and risks. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 5, p. 1420-1430, 2016. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7478>

FLEMING, T. H. **The short-tailed fruit bat: A study in plant-animal interactions**. 2. ed. Chicago: University Chicago Press, 1988.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. **Documentos Embrapa Florestas**. Colombo, n. 40, 2000. p. 1-40.

- FONSECA, M. D. S.; FREITAS, T. A. S.; MENDONÇA, A. V. R.; SOUZA, L. S.; ABDALLA, S. D. Morfometria de sementes e plântulas e verificação da dormência da espécie *Plathymenia foliolosa* Benth. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 4, p. 368-376, 2013. <https://doi.org/10.14295/cs.v4i4.253>
- FONTOURA, F. M.; MATIAS, R.; LUDWIG, J.; OLIVEIRA, A. K. M.; BONO, J. A. M.; MARTINS, P. F. R. B.; CORSINO, J.; GUEDES, N. M. R. Seasonal effects and antifungal activity from bark chemical constituents of *Sterculia apetala* (Malvaceae) at Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 3, p. 283-292, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201500011>
- GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publicatio UEPG**, v. 12, n. 4, p. 7-15, 2006. <https://doi.org/10.5212/Publ.Biologicas.v.12i4.0001>
- HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Variation in germination and aminoacid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. **Plant Physiology**, v. 58, n. 1, p. 7-11, 1976. <https://doi.org/10.1104/pp.58.1.7>
- ISP. Instituto Sociedade, População e Natureza. **Cerrado: fauna e flora do Cerrado**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://ispn.org.br/biomas/cerrado/fauna-e-flora-do-cerrado/>. Acesso em: 6 mar. 2024.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington, DC.: OEA, 1983.
- LEONHARDT, C.; BUENO, O. L.; CALIL, A. C.; BUSNELLO, A.; ROSA, R. Morfologia e desenvolvimento de plântulas de 29 espécies arbóreas nativas da área da Bacia Hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, v. 63, n. 1, p. 5-14, 2008. Disponível em: <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/156>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- LIU, K.; BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; BU, H.; DU, G.; MA, M. Effect of diurnal fluctuating versus constant temperatures on germination of 445 species from the Eastern Tibet Plateau. **PLoS One**, v. 8, n. 7, p. 1-9, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069364>
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2016. v. 3.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination — Aid in selection and evaluation for seedling and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015.
- MASIN, R.; ONOFRI, A.; GASPARINI, V.; ZANIN, G. Can alternating temperatures be used to estimate base temperature for seed germination? **An International Journal of Weed Biology, Ecology and Vegetation Management**, v. 57, n. 6, p. 390-398, 2017. <https://doi.org/10.1111/wre.12270>

MATIAS, R.; PAULIQUEVIS, C. P.; OJEDA, P. T. A.; PINA, J. C.; OLIVEIRA, A. K. M. Potencial alelopático de extratos etanólicos e pó de folhas de Tapirira obtusa na germinação e formação de plântulas de diferentes espécies-alvo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13841>

MATOS, F. J. A. **Introdução a fitoquímica experimental**. 2. ed. Fortaleza: UFC, 2009.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M. J.; PARAJÓ, J. C. Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00223-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00223-5)

MURAKAMI, C.; CARDOSO, F. L.; MAYWORM, M. A. S. Potencial fitotóxico de extratos foliares de *Aloe arborescens* Miller (Asphodelaceae) produzidos em diferentes épocas do ano. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 111-117, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100014>

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000. <https://doi.org/10.1038/35002501>

NEGRO, J. J.; GRANDE, J. M.; TELLA, J. L.; GARRIDO, J.; HORNERO, D.; DONÁZAR, J. A.; SANCHEZ-ZAPATA, J. A.; BENÍTEZ, J. R.; BARCELL, M. An unusual source of essential carotenoids. **Nature**, v. 416, n. 6883, p. 807-808, 2002. <https://doi.org/10.1038/416807a>

NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 697-707, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000300013>

OLIVEIRA, A. K. M.; FERNANDES, R. M.; ABREU, C. A. A.; PINA, J. C. Effect of Different Temperatures on the Germination of *Callisthene major* (Vochysiaceae). **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2020. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.085417>

OLIVEIRA, A. K. M.; PEREIRA, K. C. L. Efeito de diferentes temperaturas na germinação e crescimento radicular de sementes de jatobá-mirim (*Guibourtia hymenaeifolia* (Moric.) J. Léonard). **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 111-116, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813328>

OLIVEIRA, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2008. p. 169-188.

PAGLIARINI, M. K.; NASSER, M.; CAVICHIOLI, J. C.; CASTILHO, R. Influência do tamanho de sementes e substratos na germinação e biometria de plântulas de jatobá. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 5, p. 33-38, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/326782656\\_Influencia\\_do\\_tamanho\\_de\\_sementes\\_e\\_substratos\\_na\\_germinacao\\_e\\_biometria\\_de\\_plantulas\\_de\\_jatoba](https://www.researchgate.net/publication/326782656_Influencia_do_tamanho_de_sementes_e_substratos_na_germinacao_e_biometria_de_plantulas_de_jatoba). Acesso em: 12 mar. 2024.

PAROLIN, L. C.; LACHER JUNIOR, T. E.; BIANCONI, G. V.; MIKICH, S. B. Frugivorous bats as facilitators of natural regeneration in degraded habitats: A potential global tool. **Acta Oecologica**, v. 111, p. 1-8, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103748>

PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S.; SILVA, C. H. T. P.; NASCIMENTO, J. E.; MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Validação de metodologia espectrofotométrica para quantificação dos flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 4, p. 683-689, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000400015>

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012. Disponível em: <https://todafruta.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Metabólitos-secundários-ARTIGO.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-Cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae - Caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 141-48, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100016>

PERES, M. K. **Diásporos do Cerrado atrativos para fauna: Chave interativa, caracterização visual e relações ecológicas**. 2011. 122f. Dissertação (Mestrado em Botânica) — Departamento de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília.

POLHILL, R. M. Seedlings of Leguminosae. In: POLHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (Eds.) *Advances in legume Systematics*. Richmond: Royal Botanic Gardens Kew, 1981. Parts 1-2. p. 941-949.

RIBEIRO, R. V.; BIESKI, I. G. C.; BALOGUN, S. O.; MARTINS, D. T. O. Ethnobotanical study of medicinal plants used by riparian in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 9, n. 205, p. 69-102, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.023>

RODRIGUES, I. V. **Estrutura e germinação de sementes de pequi antes e após a dispersão**. 2017. 56f. Dissertação (Mestre em Produção Vegetal) — Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 2001.

SALOMÃO, N. A.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do Cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003.

SCHUPP, E. W.; JORDANO, P.; GÓMEZ, J. M. Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. **New Phytologist**, v. 188, n. 2, p. 333-353, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03402.x>

- SILVA, C. F. **Potencial fitoquímico de espécies vegetais nativas da mata atlântica provenientes de restauração ecológica**. 2021. 58f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) — Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, B. A. S. + **100 árvores do cerrado – Matas de Galeria: guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2009.
- SILVA, R. S. M.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudeste do estado de goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 330-334, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200026>
- SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J.; BRYCE, D. L. **Spectrometric identification of organic compounds**. 8. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2014.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Do produto natural ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017.
- SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA JÚNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200021>
- STEFANO, R. D.; FERNÁNDEZ-CONCHA, G. C. Morphology-inferred phylogeny and a revision of the genus *Emmotum* (Icacinaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 98, n. 1, p. 1-27, 2011. <https://doi.org/10.3417/2007129>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- THIES, W.; KALKO, E. K. V.; SCHNITZLER, H. U. The roles of echolocation and olfaction in two Neotropical fruit-eating bats, *Carollia perspicillata* and *C. castanea*, feeding on *Piper*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 42, p. 397-409, 1998. <https://doi.org/10.1007/s002650050454>
- WHITEHEAD, S. R.; SCHNEIDER, G. F.; DYBZINSKI, R.; NELSON, A. S.; GELAMBI, M.; JOS, E.; BECKMAN, N. G. Fruits, frugivores, and the evolution of phytochemical diversity. **Oikos**, v. 2022, n. 2, p. 1–16, 2021. <https://doi.org/10.1111/oik.08332>
- WILLIS, R. J. **The history of allelopathy**. Dordrecht: Springer, 2010.
- ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.