

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 17 (4)

Jul/Ago 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/17420241921>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1921>



Sensibilidade à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* coletadas na Amazônia Norte Mato Grossense e em floresta de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia

Sensitivity to desiccation in *Copaifera langsdorffii* seeds collected in the Northern Amazon of Mato Grossense and in a transition forest between the Cerrado and Amazon biomes

Elaine Sidone Wottrich

Universidade Federal de Mato grosso – Campus de Sinop

Corresponding author

Carlos Vinicio Vieira

Universidade Federal de Mato grosso – Campus de Sinop

carlos.vieira@ufmt.br

Domingos de Jesus Rodrigues

Universidade Federal de Mato grosso – Campus de Sinop

Ednaldo Antônio de Andrade

Universidade Federal de Mato grosso – Campus de Sinop

Resumo. As sementes são divididas em três grupos quanto à capacidade de armazenamento e dessecação: ortodoxas, intermediárias e recalcitrantes. O grau de tolerância à dessecação está relacionado com a capacidade que a semente tem de recuperar suas funções biológicas, quando são reidratadas, após passar por um processo de desidratação no meio natural ou não. O objetivo deste trabalho foi classificar as sementes de *Copaifera langsdorffii* quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento, em relação ao comportamento se a espécie produz sementes recalcitrantes, intermediárias ou ortodoxas. As sementes foram coletadas na Estação Ecológica Rio Ronuro (área de mata ciliar Cerrado, e área de mata ciliar transição Cerrado/Amazônia) no município de Nova Ubitatã -MT, e no município de Sinop -MT (área de mata ciliar Amazônia. Após determinar a germinação e o teor de água inicial, amostras de sementes foram colocados em recipiente fechado e vedado contendo sílica gel até atingirem teor de água aproximado de 7%. Em seguida, as amostras foram armazenadas por 90 dias em temperatura de -20°C. Após o processo de dessecação e armazenamento foi realizado os testes de germinação, em germinador do tipo BOD na temperatura de 30°C com fotoperíodo de 12h, utilizando caixa gerbox e como substrato o ágar na concentração de 0,06 g/L. Os dados foram avaliados através da porcentagem final de germinação. Os resultados apontam que as sementes de *Copaifera langsdorffii* podem ser fisiologicamente classificadas como ortodoxas, sendo capaz de suportar a dessecação até aproximadamente 7% de teor de água, e o armazenamento por longos períodos em temperaturas negativas.

Palavras-chaves: ortodoxa, fisiologia, armazenamento, viabilidade

Abstract. The seeds are divided into three groups regarding their storage and desiccation capacity: orthodox, intermediate, and recalcitrant. The degree of desiccation tolerance is related to the seed ability to recover its biological functions when rehydrated after undergoing a dehydration process in the natural environment or otherwise. The aim of this work was to classify *Copaifera langsdorffii* seeds in terms of desiccation and storage tolerance, determining whether the species has recalcitrant, intermediate, or orthodox seeds. The seeds were collected in the Rio Ronuro Ecological Station (riparian forest areas from Cerrado and Cerrado/Amazon transition) locate at Nova Ubitatã - MT, and the other collect was made at Sinop – MT (Amazon riparian forest area). After determining germination and initial water content, seed samples were placed in a sealed container with silica gel until reaching an approximate water content of 7%.

Subsequently, the samples were stored during 90 days at -20°C . After the desiccation and storage process, germination tests were conducted in a BOD-type germinator chamber at 30°C with a 12-hour photoperiod, using a gerbox and agar as substrate at a concentration of 0.06 g/L. The data were evaluated based on the final germination percentage. The results indicate that *Copaifera langsdorffii* seeds can be physiologically classified as orthodox, withstanding desiccation up to approximately 7% water content, and storage for extended periods at negative temperatures.

Keywords: orthodox, physiology, storage, viability

Introdução

Sementes são divididas em três grupos quanto a capacidade de tolerância à dessecação e armazenamento (ROBERTS, 1973; ELLIS et al., 1990; BALLESTEROS et al., 2021). Sementes ortodoxas, que suportam dessecação a graus de umidade de até 5% e suportam armazenamento em temperaturas negativas (COLVILLE e PRITCHARD, 2019); sementes recalcitrantes que não toleram dessecação a graus de umidade inferiores a 15% ou 20% e não suportam armazenamento em temperaturas negativas (WYSE e DICKIE, 2017); e sementes intermediárias que toleram dessecação a teores de água entre 5% e 12%, mas não suportam armazenamento em baixas temperaturas e (DUSSERT et al., 2018).

O grau de tolerância à dessecação está relacionado com a capacidade que a semente possui em recuperar suas funções biológicas, quando são reidratadas, após passar por um processo de desidratação natural ou não. Durante o processo de diminuição do teor de água, as células precisam manter a integridade da membrana e prevenir a desnaturação das proteínas (OLIVER et al., 2020).

Existem várias substâncias e mecanismos que promovem a tolerância à dessecação em tecidos vegetais, dentre eles: características físicas das células como o volume reduzido dos vacúolos; ajustes da sequência metabólica para prevenir a geração de agentes que provocam danos durante a desidratação; sistemas antioxidantes que previnem a ocorrência de danos provocados por radicais livres; acúmulo de proteínas protetoras e de outros solutos, como proteínas do tipo LEA (Late Embryogenesis Abundant) e alguns açúcares; mecanismos que previnem a fusão de membranas; ação de mecanismos de reparo durante a reidratação, sendo que em sementes recalcitrantes é possível observar a ausência em pelo menos um desses mecanismos (SMOLIKOVA et al., 2021; MATILLA, 2022; PENG et al., 2022).

Dentre as possíveis interferências durante o desenvolvimento de sementes, há relatos em que as condições do ambiente das plantas matrizes são capazes de causar alterações fenotípicas e fisiológicas que interferem na germinação e tolerância a dessecação de suas sementes (JACOBS e LESMEISTER, 2012; DAWS et al., 2006).

A produção de conhecimento relacionados às áreas de secagem e armazenamento de sementes, são importantes, pois visam a manutenção da variabilidade genética. A falta de conhecimento relacionadas às condições ideais para o armazenamento de sementes dificulta a

manutenção da qualidade fisiológica por longos períodos, uma vez que o envelhecimento das sementes é um processo natural (TRUSIAK et al., 2023; De VITIS et al., 2020). Estudos dessa natureza oferecem subsídios que propiciam conhecimento das espécies florestais nativas, possibilitando assim, oferecer métodos e ferramentas adequadas para coleta e armazenamento que possibilitem a manutenção da viabilidade das sementes por longos períodos e, conseqüentemente, evitar o processo de extinção.

Copaifera langsdorffii é uma espécie arbórea característica das formações de transição do Cerrado para a floresta semidecídua (PEDRONI et al., 2002; SIQUEIRA et al., 2023), sugerindo ampla distribuição geográfica de *Copaifera langsdorffii* em áreas de Cerrado como reflexo do potencial plástico exibido pela espécie em resposta aos diferentes regimes ambientais, produzindo diferenças morfológicas e anatômicas intraespecíficas em suas populações, sendo assim, uma espécie chave para compreender a influência das condições ambientais sobre seu potencial adaptativo. Essas características adaptativas podem também estarem representadas em suas sementes quando dispersas, alterando a capacidade de tolerância à dessecação e armazenamento prolongados.

Na literatura há relatos sobre a influência do ambiente materno na perda de tolerância a dessecação em sementes após a dispersão. Portanto, este trabalho teve como objetivo classificar as sementes de *Copaifera langsdorffii* quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento coletadas na região norte do estado de Mato Grosso em área de mata ciliar de plantas matrizes pertencente a três localidades distintas, Bioma Cerrado, transição entre Biomas Cerrado/Amazônia, e Bioma Amazônia.

Material e Métodos

Área de coleta

A coleta das sementes foi realizada em três regiões no norte de Mato Grosso, sendo duas localizadas na Estação Ecológica Rio Ronuro (bioma Cerrado e transição entre biomas), no município de Nova Ubiratã – MT e uma na margem do Rio Teles Pires (bioma Amazônia), no município de Sinop – MT (Figura 1). A ESEC Rio Ronuro (áreas de coleta de sementes 1 e 2), situado às margens do rio que leva o mesmo nome, pertence a bacia do rio Xingu. Apresenta características do bioma Cerrado, com clima estacional, temperatura média superior a 25°C e pluviosidade média em torno de 2.000mm anuais (SILVA et al., 2009). Considerando que os rios que formam a bacia do rio

Xingu, apresentam características de floresta amazônica, é possível observar modificações na fisionomia, conforme se avança para o Sul, por causa do clima estacional (EMBRAPA, 2017), adquirindo características de cerrado, caracterizando-se assim, uma área de transição (Marimon Junior e Haridasan; 2005). A região às margens do Rio Teles Pires (área de coleta 3), no município de Sinop é caracterizada como Floresta Semidecidual. Durante todos o ano, as temperaturas máximas variam de 32°C a 38°C, e as mínimas variam de 16° a 22°, com menores temperaturas ocorrendo nos meses de junho e julho. Os maiores volumes de chuva ocorrem entre os meses de outubro a abril, podendo atingir 2100mm, e um período de estiagem nos meses de maio a setembro, variando de 3mm a 75mm (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), 2010).

Coleta de sementes

As sementes foram coletadas em três áreas conforme descritas anteriormente. Bioma Cerrado, em dois pontos (P1 – S 13° 05' 31"; W 54° 25' 17" / P2 – S 12° 51' 35"; W 54° 19' 39"), e no bioma Amazônia (P3 – S 11° 41' 44"; W 55° 43' 09").

A coleta foi realizada diretamente nas árvores com auxílio de um podão, e ainda foram coletadas sementes no solo recém dispersadas. O beneficiamento foi iniciado no campo, retirando as sementes dos frutos, e a remoção do arilo. O acondicionamento foi feito em sacos de papel, sendo feita uma amostragem aleatória simples por ponto de coleta. Em seguida, as sementes foram encaminhadas ao laboratório de sementes da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop. O processo de secagem foi feito com a utilização de bandejas, em temperatura controlada de 23°C pelo período de 10 dias, para que a perda de água ocorresse de forma natural. Foram realizados testes preliminares para verificar a porcentagem de germinação. As sementes ficaram armazenadas no laboratório em temperatura controlada em 23°C, pelo período de seis meses. As sementes utilizadas nas avaliações foram classificadas visualmente, sendo utilizadas aquelas que tinham tamanho uniforme e que não apresentavam danos mecânicos ou provocados por insetos. Para realização dos experimentos foram realizadas as seguintes etapas:

Determinação do teor de água das sementes

Anterior aos testes de germinação, foi verificado o teor de água das sementes com o método utilizando estufa a 105°C±2 °C por 24h com quatro subamostras com 10 sementes cada, e os cálculos conforme metodologia de Brasil (2009).

Processo de pré-umedecimento

As amostras passaram pelo processo de pré-umedecimento com o objetivo de evitar o dano nas membranas pela rápida absorção de água antes da realização dos testes de germinação. As

sementes de cada subamostra foram acondicionadas sobre telas de inox em caixas gerbox contendo 20 ml de água destilada, sendo armazenadas nos germinadores verticais do tipo BOD por 24 horas na temperatura de 30°C.

Superação de dormência e desinfestação das sementes

Para superação de dormência foi empregado o método de escarificação mecânica no lado oposto ao eixo embrionário utilizando lixa nº 80. Em seguida, as sementes foram desinfetadas em uma solução de hipoclorito de sódio na concentração de 2% por dez minutos, seguido de lavagem em água destilada.

Germinação e desenvolvimento inicial

Os testes foram implantados em caixa do tipo gerbox, em ágar a 0,06% como substrato. Os germinadores utilizados foram do tipo BOD na temperatura de 30°C com 12 horas de fotoperíodo, com quatro subamostras com 25 sementes cada. A protrusão da raiz primária foi utilizada como parâmetro de germinação. Foi realizada a contagem uma vez ao dia (intervalo de 24h) a partir da primeira semente germinada, e ocorreu enquanto houve o processo de germinação das sementes.

Os dados foram avaliados através da porcentagem final de germinação. Os dados foram analisados através da análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estudo de diferentes taxas de secagem

As sementes foram submetidas a dessecação usando sílica gel até atingir as seguintes taxas de secagem: a) 10 -12%; b) 7%; c) 7% + armazenamento por 90 dias, para área de mata ciliar do bioma Cerrado, bioma Amazônia e transição entre os biomas. A secagem foi conduzida em caixas hermeticamente fechadas com ambiente controlado a 20°C variando a umidade relativa dentro das caixas. Essas condições foram monitoradas diariamente com o auxílio de um datalogger da marca HOBO modelo U14-001. Testes de germinação foram realizados nas sementes à medida em que elas foram perdendo água, com objetivo de identificar o desempenho quanto a secagem, ou seja, se recalcitrantes, intermediárias ou ortodoxas. Em seguida, uma amostra de semente de cada área de coleta foi armazenada em embalagem de vidro vedada, pelo período de 90 dias em freezerna temperatura de -20°C. Para as amostras representativas de cada taxa de secagem foi realizado o teste de teor de água no método de estufa a 105°C±2 por 24h. Após o período de armazenamento, as sementes foram retiradas do freezer, e foi realizado o teste de germinação para verificar a viabilidade. A seguir encontra-se o fluxograma do protocolo adaptado de Hong & Ellis (1996) que foi utilizado para determinar a classificação fisiológica das sementes (Figura 1).

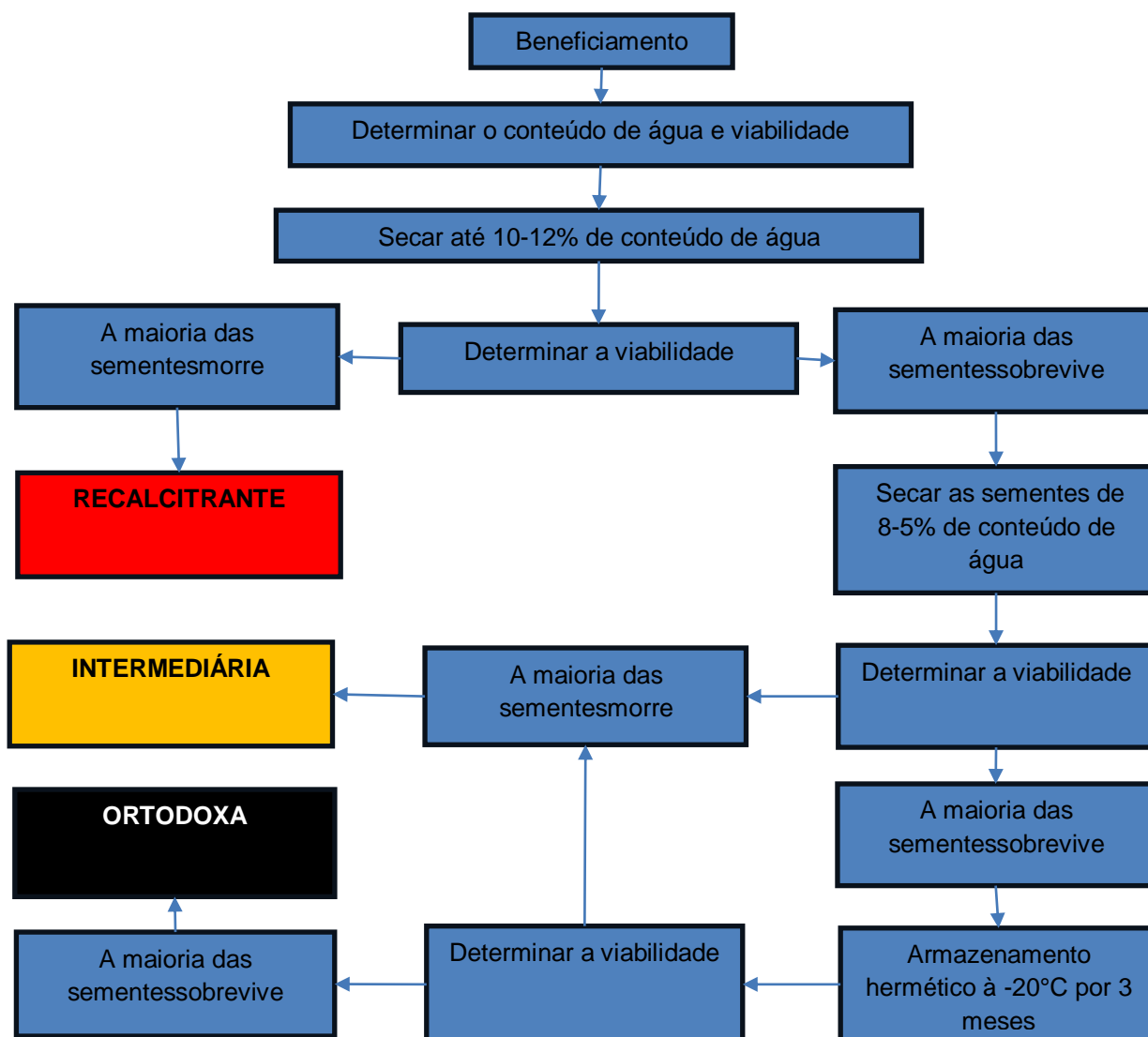


Figura 1 - Protocolo utilizado para classificação fisiológica de sementes de Copaíba quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento (adaptado de Hong & Ellis, 1996)

Resultados e Discussões

Os resultados obtidos para sementes de *Copaifera langsdorffii* foram influenciados pelo conteúdo de água antes e após a secagem até atingir níveis de 7%. As sementes apresentaram umidade inicial quando coletadas de 12,69%, 10,48% e 11,50%, para as áreas do Bioma Cerrado, transição entre Biomas Cerrado/Amazônia, e Bioma Amazônia, respectivamente. As porcentagens de germinação obtidas nesta fase foram acima de 80%. Sementes submetidas à secagem em níveis de 10-12% com base em peso seco, expressaram taxa de germinação entre 80-84%, e quando a secagem atingiu os 7% conforme desejado para obter sua classificação fisiológica, a taxa de germinação reduziu para valores entre 69-75% (Tabela 1). De certa forma, durante a secagem foi possível notar

que ao atingir 10-12%, e realizado teste de germinação para verificar a viabilidade, não ocorreram danos severos às sementes. Porém, mesmo não havendo diferenças significativas entre as taxas de germinação pós secagem a 7%, foi possível notar que ocorreram danos devido à redução na taxa de germinação. Esses danos refletem a sensibilidade das sementes de *Copaifera langsdorffii* a níveis críticos de secagem ao ponto de verificar que esse é o limite abaixo do qual sua germinação pode ser afetada negativamente.

No entanto, ao analisar o comportamento germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii*, as taxas de germinação obtidas nesse estudo são compatíveis com estudos realizados por Pereira et al. (2014), avaliando o efeito de tratamentos pré-germinativos em sementes dessa espécie,

encontraram 86% de germinação. Portanto, mesmo submetendo as sementes em condições de secagem a níveis mínimos de conteúdo de água, foi possível verificar um padrão semelhante para a espécie quanto ao potencial de germinação, levando em consideração que as sementes foram coletadas em matas ciliares pertencentes a diferentes biomas com condições climáticas distintas.

Ao nível de classificação fisiológica, a germinação final pós secagem variou entre 69% e 75%, não havendo diferença significativa entre os biomas de coleta. Portanto, com base nos resultados obtidos durante o armazenamento, as sementes de *Copaifera langsdorffii* apresentaram comportamento semelhante para as três áreas de coleta, atingindo viabilidade acima de 50% de germinação quando secadas a 7% de umidade e congeladas a -20°C durante 90 dias (Tabela 1). Dessa forma, sementes da espécie *Copaifera langsdorffii* podem ser armazenadas por períodos relativamente longos em condições apropriadas sem perda significativa de viabilidade. Porém, é importante destacar que as sementes da espécie *Copaifera langsdorffii* apresentam sensibilidade a níveis de umidade muito baixos quando atingidos os 7%, sugerindo que as sementes ainda possuem uma leve sensibilidade à dessecação e podem ter sofrido danos durante o processo de secagem. Do ponto de vista prático, sementes ortodoxas com esse comportamento, nos ajuda a compreender os requisitos de armazenamento e manuseio com base na sua tolerância à secagem como ponto importante a ser observado para conservação e propagação. As sementes desseçadas até o teor de água de 7%, e armazenadas em temperaturas negativas pelo

período de 90 dias, apresentaram 51%, 58% e 60% de germinação respectivamente (Tabela 1e Figura 2). Sementes de *Copaifera langsdorffii* foram coletadas em mata ciliar de ambientes úmidos caracterizados por altas temperaturas. Esses fatores poderiam de fato contribuir para aumentar a sensibilidade à dessecação. As sementes provenientes de ambientes mais úmidos podem não ter desenvolvido o mesmo nível de tolerância à dessecação que as sementes provenientes de habitats mais secos, a exemplo da área de coleta cerrado. Compreender estas características específicas do habitat é crucial quando se consideram protocolos de manuseamento e armazenamento de sementes.

Para os resultados obtidos neste estudo, o comportamento quanto a capacidade de tolerância à dessecação e armazenamento não expressaram diferenças estatísticas para as três áreas de coleta. Porém, para cada bioma onde foram coletadas as sementes, na medida que progride a secagem, e secagem seguida de armazenamento a -20°C, a taxa de germinação reduziu, mas mantendo a sobrevivência das sementes acima de 50% (Figura 2). Algumas espécies possuem sementes que são mais tolerantes ao baixo teor de umidade e ao estresse de dessecação, enquanto outras são mais sensíveis, e essa sensibilidade à dessecação pode ser devida às suas características fisiológicas específicas, que podem variar entre as diferentes espécies de plantas. Pereira et al (2017), relataram que o ambiente de origem da planta matriz de *Copaifera langsdorffii* exerce impacto na sensibilidade à tolerância a dessecação de suas sementes.

Tabela 1 – Porcentagem média de germinação em sementes de *Copaifera langsdorffii*, em diferentes taxas de secagem no norte de Mato Grosso.

Biomas	Secagem/Armazenamento			Média Geral
	10-12%	7%	7% (-20°C)	
Amazônia (A)	83,00 aA	75,00 aA	60,00 aB	72,67 a
Cerrado (C)	84,00 aA	69,00 aB	58,00 aB	70,33 a
Transição A/C	80,00 aA	75,00 aA	51,00 aB	68,67 a
Média Geral	82,33 A	73,00 A	56,33 B	CV = 15,76

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si à 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O ambiente caracterizado como cerrado mantém temperaturas mais elevadas e com estação seca bem definida. No ambiente de coleta transição Cerrado/Amazônia, a vegetação é mais densa com temperaturas diurnas altas e noturnas mais amenas mantendo um microclima característico de transição para Amazônia. Já para o ambiente de coleta bioma Amazônia, a condição de seca no período de coleta é semelhante aos demais biomas, mas para essa

situação, o microclima úmido permanece mais elevado. Era esperado que ao sair do Bioma Cerrado, em direção ao Bioma Amazônia, sementes de *Copaifera langsdorffii* apresentariam se mais sensíveis à tolerância à dessecação em resposta às diferenças climáticas dos biomas. Isso devido estudos anteriores realizados por Pereira et al (2017) utilizando sementes germinadas, demonstraram que o ambiente materno da espécie

Copaifera langsdorffii reflete diretamente na sensibilidade a dessecação. No entanto, comportamento semelhante não foi observado quando considerado os dois biomas e a região de transição entre biomas em sementes intactas, não havendo diferenças significativas quanto ao ambiente materno de coleta de sementes para essa espécie. Portanto, a resposta fisiológica de maior capacidade de suportar tolerância à dessecação, ou sensibilidade à dessecação não foi manifestada nas sementes intactas coletadas de mata ciliar entre os Biomas cerrado e Amazônia (Figura 2).

Diferentes espécies que ocorrem em área de mata ciliar apresentaram elevada porcentagem de germinação apontando para um padrão semelhante aos resultados obtidos neste trabalho. Levando em consideração o processo de dessecação e armazenamento em baixas temperaturas, sementes de *Tapirira obtusa* Benth (PEREIRA, 2011); *Casearia sylvestris* e *Eremanthusincanus* (NERY et al., 2014); *Miconia albicans*, *Platycamus regnellii*, *Styracxamporum* e *Piptadenia gonoacanthaforam* (MAYRINCK et al., 2016); *Zanthoxylum rhoifolium* (CORRÊA et al., 2021); *Swietenia macrophylla* e *Eschweilera juruensis* (OLIVEIRA MORAES et al., 2020) foram classificadas fisiologicamente como ortodoxas. As referidas espécies têm seu desenvolvimento em áreas de mata ciliar, assim como *Copaifera langsdorffii* neste estudo.

Os resultados indicam que as sementes de *Copaifera langsdorffii* suportam baixos níveis de umidade, sem comprometer a reativação dos processos metabólicos que promovem a retomada do crescimento do eixo embrionário quando iniciada a germinação, que ocorre logo que as condições favoráveis são oferecidas. Outros trabalhos indicam que é possível estabelecer uma relação entre as condições climáticas e ambientais, e a adaptação das espécies ao meio (DE ALMEIDA GARCIA RODRIGUES et al., 2022; DAWS et al., 2004). Também, uma vez que quanto maior a disponibilidade de água em um ambiente, menor é a tolerância à dessecação das sementes e, sementes oriundas de ambientes mais secos, são mais tolerantes à dessecação (MARTINS, 2015).

Mayrinck et al., (2019) estudaram tolerância e sensibilidade à dessecação em espécies arbóreas pertencentes a mesma família da *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). Esses autores identificaram que as espécies *Dalbergia miscolobium*, *Hymenaeacourbaril*, *Platypodium elegans* e *Piptadenia gonoacantha* todas de ocorrência no bioma Cerrado, são tolerantes à dessecação. O estudo foi conduzido seguindo o mesmo protocolo de secagem e armazenamento a -20°C durante 90 dias conforme descrito para *Copaifera langsdorffii*. Essas espécies são classificadas como ortodoxas

devido suportar a dessecação a níveis críticos de umidade. Isso é possível devido a existência de vários mecanismos celulares e moleculares de tolerância à dessecação já bastante explorados (LANG et al., 2017; LEPRINCE et al., 2017; JING et al., 2018). Mecanismos como esses permitem que as sementes de *Copaifera langsdorffii* mantenham se viáveis em bancos de sementes nas condições de campo, ou em condições de armazenamento submetidas a temperaturas negativas por longos períodos.

Copaifera langsdorffii é uma espécie que apresenta plasticidade em suas características fenotípicas relacionados aos fatores climáticos, local de ocorrência e às condições edáficas. Ocorre tanto em áreas de solo fértil e bem drenado como em áreas de solo muito pobre, ácido e álico do cerrado. Essa espécie ocorre ainda em terrenos úmidos, sendo comum em matas ciliares. Carvalho et al., (2006), demonstraram que as características de clima e solo em áreas de mata ciliar oferecem condições favoráveis para a implantação e desenvolvimento de espécies classificadas como ortodoxas, e dessa forma, é possível constatar um processo de adaptação como resultado da seleção natural, de acordo com as condições ambientais em que a espécie se desenvolve.

Ambientes como esses são semelhantes às matas ciliares das regiões de coleta para esse estudo (bioma Cerrado, bioma Amazônia, e transição entre os dois biomas). Observa-se que existe uma plasticidade em adaptação ao ambiente de acordo com o bioma onde a espécie *Copaifera langsdorffii* está situada. O interessante foi que essas condições não afetaram a sensibilidade à dessecação de suas sementes. Um detalhe comum para esses biomas em relação a sua localização (região Centro-Oeste do Brasil - Mato Grosso) é a temperatura diurna elevada, e uma estação seca bem definida durante a dispersão das sementes. A combinação entre baixa umidade relativa e altas temperaturas são fatores que induzem tolerância à dessecação em sementes.

Os biomas situados na região Centro Oeste são expostos a condições de estresse hídrico, baixa umidade relativa e altas temperaturas nos meses de dispersão das sementes de *Copaifera langsdorffii*. Essas condições promovem naturalmente o processo de redução do teor de água em sementes, e aquelas que permanecem viáveis após perda dos níveis críticos de umidade são classificadas como ortodoxas. Sementes com essas propriedades, são importantes em espécies para a formação de banco de sementes, para a manutenção de populações viáveis, bem como para a restauração de áreas degradadas.

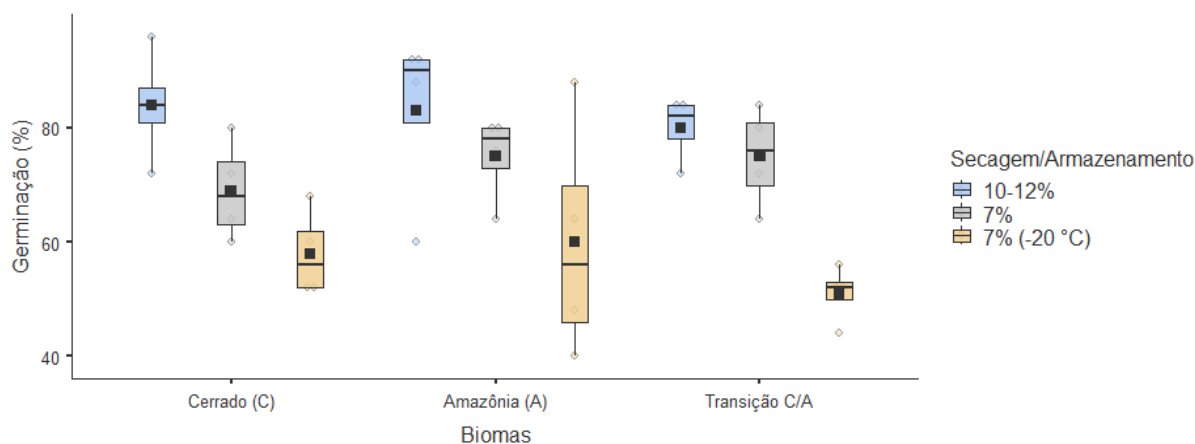


Figura 2: Comportamento da germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* pós secagem e armazenamento em relação a cada área de coleta. Cerrado (C); Amazônia (A) e Transição entre biomas (C/A). Nas caixas, a linha preta representa a mediana, e o quadrante preto representa a média. Símbolos fora das caixas representam os valores atípicos.

Conclusão

O teor de água encontrado nas sementes neste trabalho, 7% mostram que *Copaifera langsdorffii* pode ser fisiologicamente classificada como ortodoxa, pois tolera a dessecação e o armazenamento em temperaturas negativas semelhante para outras espécies de ocorrência em habitats semelhantes, e posteriormente, quando oferecidas condições favoráveis tiveram altas taxas de porcentagem de germinação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao programa de pós-graduação em ciências ambientais (PPGCAM) da UFMT-campus de Sinop pelo suporte na execução dos experimentos.

Referências

Ballesteros D, Fanega-Sleziak N, Davies RM. Cryopreservation of Seeds and Seed Embryos in Orthodox-, Intermediate-, and Recalcitrant-Seeded Species. *Methods Mol Biol.* 2021; 2180:663-682. doi: 10.1007/978-1-0716-0783-1_36. PMID: 32797442.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2009. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, DF, Mapa/ ACS. 395p.

Carvalho, L. R. de., Silva, E. A. A. da., & Davide, A. C.. (2006). Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. *Revista Brasileira De Sementes*, 28(2), 15–25. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200003>

Colville, L. and Pritchard, H.W. (2019), Seed life span and food security. *New Phytol*, 224: 557-562. <https://doi.org/10.1111/nph.16006>

Corrêa, B. J. S., Oliveira, L. M. de, Sá, A. C. S., Dambros, V. G., Delfes, L. da R., Lopes, B. C., &

Souza, A. C. de. (2021). Sementes de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.: tolerância à secagem, ao armazenamento e ao descongelamento. *Advances in Forestry Science*, 7(4). <https://doi.org/10.34062/afs.v7i4.10854>

Daws MI, Cleland H, Chmielarz P, Gorian F, Leprince O, Mullins CE, Thanos CA, Vandvik V, Pritchard HW. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Funct Plant Biol.* 2006 Feb;33(1):59-66. doi: 10.1071/FP04206. PMID: 32689214.

Daws, M.I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C.A. and Pritchard, H.W. (2004), Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist*, 162: 157-166. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01012.x>

Daws MI, Gaméné CS, Glidewell SM, Pritchard HW. Seed mass variation potentially masks a single critical water content in recalcitrant seeds. *Seed Science Research.* 2004;14(2):185-195. doi:10.1079/SSR2004168

de Almeida Garcia Rodrigues G, da Silva D, Ribeiro MI, Loaiza-Loaiza OA, Alcantara S, Komatsu RA, Barbedo CJ, Steiner N. What affects the desiccation tolerance threshold of Brazilian *Eugenia* (Myrtaceae) seeds? *J Plant Res.* 2022 Jul;135(4):579-591. doi: 10.1007/s10265-022-01396-7. Epub 2022 Jun 7. PMID: 35670888.

De Vitis, M., Hay, F.R., Dickie, J.B., Trivedi, C., Choi, J. and Fiegner, R. (2020), Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *RestorEcol*, 28: S249-S255. <https://doi.org/10.1111/rec.13174>

Dussert S, Serret J, Bastos-Siqueira A, Morcillo F, Déchamp E, Rofidal V, Lashermes P, Etienne H,

- JOËT T. Integrative analysis of the late maturation programme and desiccation tolerance mechanisms in intermediate coffee seeds. *J Exp Bot.* 2018 Mar 24;69(7):1583-1597. doi: 10.1093/jxb/erx492. PMID: 29361125; PMCID: PMC5888931.
- EMBRAPA. 2017. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Estação meteorológica. <https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>. Acesso 07 fev. 2018.
- FONSECA, Fábio de Alcântara. Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2005. <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/443>
- HONG, T.D.; ELLIS, R.H. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour: Rome: IPGRI, 62p. (IPGRI. Technical bulletin, 1).
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). (2010). Análise técnica do EIA/RIMA e de documentos correlatos referentes à UHE Teles Pires visando emissão de parecer quanto à viabilidade ambiental do empreendimento. Parecer Técnico No. 111/2010 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. Brasília, 10 de dezembro de 2010. Processo No. 02001.006711/2008-79.
- Jacobs, B.S. and Lesmeister, S.A. (2012), Maternal environmental effects on fitness, morphology fruit and ballistic seed dispersal distance in an annual forb. *Ecologia Funcional*, 26: 588-597. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.01964.x>
- Jing Y, Lang S, Wang D, Xue H, Wang XF. Functional characterization of galactinol synthase and raffinose synthase in desiccation tolerance acquisition in developing *Arabidopsis* seeds. *J Plant Physiol.* 2018 Nov;230:109-121. doi: 10.1016/j.jplph.2018.10.011. Epub 2018 Oct 17. PMID: 30368031.
- Lang S, Liu X, Xue H, Li X, Wang X. Functional characterization of BnHSFA4a as a heat shock transcription factor in controlling the re-establishment of desiccation tolerance in seeds. *J Exp Bot.* 2017 Apr 1;68(9):2361-2375. doi: 10.1093/jxb/erx097. PMID: 28369570.
- Leprince O, Pellizzaro A, Berriri S, Buitink J. Late seed maturation: drying without dying. *J Exp Bot.* 2017 Feb 1;68(4):827-841. doi: 10.1093/jxb/erw363. PMID: 28391329.
- Martins, J. R., Edvaldo, A. A. S., Alvarenga, A. A., Rodrigues, A. C., Ribeiro, D. E., & Toorop, P. E. (2015). Seedling survival of *Handroanthus impetiginosus* (Mart ex DC) Mattos in a semi-arid environment through modified germination speed and post-germination desiccation tolerance. *Brazilian Journal of Biology*, 75(4), 812–820. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23413>
- Matilla, A.J. The Orthodox Dry Seeds Are Alive: A Clear Example of Desiccation Tolerance. *Plants* 2022, 11, 20. <https://doi.org/10.3390/plants11010020>
- Marimon Junior, B. H., & Haridasan, M. (2005). Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4), 913–926. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400026>
- Mayrinck, R.C., Vilela, L.C., Pereira, T.M. et al. Seed desiccation tolerance/sensitivity of tree species from Brazilian biodiversity hotspots: considerations for conservation. *Trees* 33, 777–785 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01815-8>
- MELO JÚNIOR, J.C.F., BONA, C., & CECCANTINI, G. 2012. Anatomia foliar de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae): interpretações ecológicas em diferentes condições edáficas de Cerrado. *Biotemas*, 25(4), 29-36. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p29>
- Nery, M. C., Davide, A. C., Silva, E. A. A. da., Soares, G. C. M., & Nery, F. C. (2014). Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *CERNE*, 20(3), 477–483. <https://doi.org/10.1590/01047760201420031450>
- OLIVEIRA MORAES, K. N.; OLIVEIRA, F. N. L. de; BENTO, M. de C.; MESQUITA, A. G. G.; BRITO, R. S. de. Physiological classification of forest seeds for desiccation and storage tolerance. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 01–05, 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i1.6625. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/6625>. Acesso em: 7 mar. 2024.
- Oliver MJ, Farrant JM, Hilhorst HWM, Mundree S, Williams B, Bewley JD. Desiccation Tolerance: Avoiding Cellular Damage During Drying and Rehydration. *Annu Rev Plant Biol.* 2020 Apr 29;71:435-460. doi: 10.1146/annurev-arplant-071219-105542. Epub 2020 Feb 10. PMID: 32040342.
- PEDRONI, F., SANCHEZ, M., & SANTOS, F. A. M. (2002). Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. -- Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 25(2), 183–194. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200007>

- Peng L, Huang X, Qi M, Pritchard HW, Xue H. Mechanistic insights derived from re-establishment of desiccation tolerance in germinating xerophytic seeds: *Caragana korshinskii* as an example. *Front Plant Sci.* 2022 Nov 7;13:1029997. doi: 10.3389/fpls.2022.1029997. PMID: 36420023; PMCID: PMC9677110.
- Pereira, W., Faria, J., Tonetti, O., & Silva, E..(2014). Loss of desiccation tolerance in *Copaifera langsdorffii* Desf. seeds during germination. *Brazilian Journal of Biology*, 74(2), 501–508. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.19712>
- PEREIRA, W.V.S.2011. Tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Tapirira obtusa*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, 68p.
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. 2001. *Biologia da Conservação*. Editora Planta, Londrina, 327p.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology*, Zürich, v.1, n. 3, p.499- 514, 1973.
- R. H. ELLIS, T. D. HONG, E.H. ROBERTS, An Intermediate Category of Seed Storage Behaviour? I. COFFEE, *Journal of Experimental Botany*, Volume 41, Issue 9, September 1990, Pages 1167–1174, <https://doi.org/10.1093/jxb/41.9.1167>
- SILVA, N.M. da; et. al. 2009. Monitoramento do desmatamento e focos de calor na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica estadual do Rio Ronuro, Nova Ubiratã, Mato Grosso. Mato Grosso.
- SIQUEIRA, M. V. B. M., SILVÉRIO, G. H., CARLOS, J. S., TOLEDO, J. A. M., SILVA, C. J. D., PAULA-SOUZA, J. D., & GALASTRI, N. A..(2023). Phenotypic plasticity in *Copaifera langsdorffii* Desf. in different forest fragments in São Paulo state, Brazil. *Anais Da Academia Brasileira De Ciências*, 95(1), e20210541. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320210541>
- Smolikova G, Leonova T, Vashurina N, Frolov A, Medvedev S. Desiccation Tolerance as the Basis of Long-Term Seed Viability. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22(1):101. <https://doi.org/10.3390/ijms22010101>
- Trusiak M, Plitta-Michalak BP, Michalak M. Choosing the Right Path for the Successful Storage of Seeds. *Plants (Basel)*. 2022 Dec 23;12(1):72. doi: 10.3390/plants12010072. PMID: 36616200; PMCID: PMC9823941.
- W.V.S. Pereira, J.M.R. Faria, A.C. José, O.A.O. Tonetti, W. Ligterink, H.W.M. Hilhorst. Is the loss of desiccation tolerance in orthodox seeds affected by provenance? *South African Journal of Botany*,