



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal



Dormência física e atributos funcionais em sementes de
leguminosas neotropicais

Aluno: Gustavo Ferreira Pereira

Orientadora: Dra. Maria Cristina Sanches

Coorientador: Dr. Ailton Gonçalves Rodrigues Junior

UBERLÂNDIA-MG

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal



Dormência física e atributos funcionais em sementes de
leguminosas neotropicais

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

UBERLÂNDIA-MG

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P436
2022 Pereira, Gustavo Ferreira, 1998-
Dormência física e atributos funcionais em sementes de
leguminosas neotropicais [recurso eletrônico] / Gustavo
Ferreira Pereira. - 2022.

Orientadora: Maria Cristina Sanches .
Coorientador: Ailton Gonçalves Rodrigues Junior.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Biologia Vegetal.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.424>
Inclui bibliografia.

1. Botânica. I. , Maria Cristina Sanches, 1968-,
(Orient.). II. Rodrigues Junior, Ailton Gonçalves ,
1989-, (Coorient.). III. Universidade Federal de
Uberlândia. Pós-graduação em Biologia Vegetal. IV.
Título.

CDU: 581



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Biologia Vegetal				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico nº 82 /PPGBV				
Data:	vinte e seis de agosto de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:14
Matrícula do Discente:	12012BVE004				
Nome do Discente:	Gustavo Ferreira Pereira				
Título do Trabalho:	Dormência física e atributos funcionais em sementes de leguminosas neotropicais				
Área de concentração:	Biologia Vegetal				
Linha de pesquisa:	Processo em Biologia Vegetal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Medidas morfo-fisiológicas na seleção de espécies potenciais para uso em recomposição de áreas degradadas				

Reuniu-se na Sala 49 do Bloco 2D, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, assim composta: Professores Doutores: Tatiana Arantes Afonso Vaz (ICS/UFTM); Orlando Cavallari de Paula (INBIO/UFU) e Maria Cristina Sanches (INBIO/UFU) orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Maria Cristina Sanches, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Cristina Sanches, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/08/2022, às 17:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tatiana Arantes Afonso Vaz, Usuário Externo**, em 26/08/2022, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Orlando Cavallari de Paula, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/08/2022, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3851628** e o código CRC **23B28A12**.

Dedico em memória de meu avô Isoldino Jesus do Nascimento, que sempre me encorajou a sonhar e correr atrás dos meus sonhos e a meus pais José João Pereira do Nascimento e Norma Maria Ferreira Pereira que sempre me apoiaram, nunca me deixaram desistir e fizeram o possível e o impossível para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter força pra seguir minha caminhada e chegar a esse momento.

Agradeço por todo apoio e carinho dos meus pais José João Pereira do Nascimento e Norma Maria Ferreira Pereira, que sempre me encorajaram a lutar e nunca desistir.

Agradeço a Thayná Hauana Macedo Gomes de Lima Ferreira, por ser uma grande companheira, estar sempre ao meu lado e pelo auxílio na coleta de sementes.

Agradeço a Davi Lucca Gomes de Oliveira por sempre me alegrar, me dar forças para lutar e também pelo auxílio na coleta de sementes.

Agradeço ao meu irmão Gabriel Ferreira Pereira pela amizade, aos demais membros de minha família e amigos que a todo momento me apoiam.

Agradeço ao Professor Dr. Ailton Gonçalves Rodrigues Junior pela amizade, pelos conselhos e pelos ensinamentos ao longo dessa caminhada.

Agradeço a Professora Dra. Maria Cristina Sanches pela dedicação ao nosso trabalho e por bons conselhos nesse período.

Agradeço a João Bosco Oliveira pela grande amizade, pelo auxílio em laboratório e por se tonar um grande amigo e conselheiro.

Agradeço a Nívia Mara Silva Rodrigues por todo apoio e orientações sobre as atividades realizadas nesse período.

Agradeço a Angelina Rosa Marques Alves pela amizade e auxílio em laboratório.

Agradeço aos membros da banca examinadora pela disposição de ler e contribuir com o trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV).

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001"

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	10
REFERÊNCIAS.....	13

CAPÍTULO 1. ASPECTOS FUNCIONAIS E DORMÊNCIA FÍSICA EM SEMENTES DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS

FUNCTIONAL ASPECTS AND PHYSICAL DORMANCY IN SEEDS OF LEGUMINOUS SPECIES	16
INTRODUÇÃO	18
MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS.....	22
DISCUSSÃO.....	29
REFÊRENCIAS.....	31

CAPÍTULO 2. A PRESENÇA DE UM ENVOLTÓRIO SEMINAL RÍGIDO NÃO IMPLICA EM DORMENCIA FÍSICA: O CASO DE UMA ESPÉCIE LEGUMINOSA TROPICAL

HARD SEED DOES NOT MEAN PHYSICALLY DORMANT SEED: THE CASE OF A TROPICAL SPECIES.....	34
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS.....	41
DISCUSSÃO.....	49
REFÊRENCIAS.....	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

RESUMO GERAL

A dormência é um estado em que sementes viáveis não conseguem germinar, mesmo em condições propícias para a germinação. A dormência física (PY) ocorre exclusivamente devido a impermeabilidade do envoltório ou do pericarpo, que possuem camadas de células justapostas contendo substâncias hidrofóbicas que repelem água. Devido à presença dessa dormência são necessárias técnicas artificiais para sua superação, e no caso da PY, o embrião pode seguir seu desenvolvimento, visto que não possui outro impedimento à germinação. Essa classe de dormência é recorrente em sementes de espécies da família Fabaceae. Com isso objetivou-se neste trabalho investigar a presença ou ausência de dormência física em sete espécies da família Fabaceae, avaliar atributos físicos e fisiológicos das sementes, testar técnicas artificiais efetivas para a superação da dormência e avaliar a tolerância ao armazenamento. Foram utilizadas as seguintes espécies neste trabalho: *Adenantha pavonina*, *Copaifera langsdorffii*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea courbaril*, *H. stigonocarpa*, *Ormosia arborea* e *Stryphnodendron adstringens*. Para as sementes de *C. langsdorffii*, uma investigação sobre a relação do arilo com a germinação também foi realizada. Foram utilizados testes de embebição, contendo sementes intactas e escarificadas mecanicamente, testes de superação de dormência utilizando tratamentos com água quente, escarificação mecânica e ácida com H₂SO₄. Adicionalmente, após 1 e 1,5 anos de armazenamento as sementes foram colocadas para germinar, avaliando se são tolerantes ao armazenamento e o efeito sobre a dormência. Sementes de seis espécies apresentaram PY, com apenas *C. langsdorffii* não possuindo dormência. Escarificação mecânica foi eficiente na superação de dormência das seis espécies dormentes. Para *D. mollis*, *H. stigonocarpa* e *S. adstringens* a imersão em água a altas temperaturas foi eficiente para romper a dormência, enquanto que para *O. arborea* a escarificação ácida foi efetiva para superação de dormência das sementes. Sementes de *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea* e *S. adstringens* são tolerantes ao armazenamento, enquanto que sementes de *C. langsdorffii* reduziram a germinação ao longo do armazenamento. O arilo interfere na germinação de *C. langsdorffii*, mas não impede a absorção de água. O comportamento de espécies de uma mesma família é diferente quanto a presença ou ausência de dormência, resposta a estímulos de superação de dormência e comportamento em relação ao armazenamento.

Palavras-chave: Fabaceae, germinação, impermeabilidade do envoltório, superação de dormência.

ABSTRACT

Dormancy is a state in which viable seeds fail to germinate, even under favorable conditions for germination. Physical dormancy (PY) occurs exclusively due to the impermeability of the seed coat or the pericarp, which have layers of juxtaposed cells containing hydrophobic substances that repel water. Due to the presence of this dormancy, artificial techniques are necessary to overcome it, and in the case of PY, the embryo can continue its development since it has no other impediment to germination. This dormancy class is recurrent in seeds of species of the Fabaceae family. The purpose of this work was to investigate the presence or absence of physical dormancy in seven species of the Fabaceae family, evaluate physical and physiological attributes of seeds, test effective artificial techniques to overcome dormancy and evaluate the storage tolerance. The following species were used in this work: *Adenantha pavonina*, *Copaifera langsdorffii*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea courbaril*, *H. stigonocarpa*, *Ormosia arborea* and *Stryphnodendron adstringens*. For *C. langsdorffii* seeds, an investigation into the relationship between aril and germination was also carried out. Imbibition tests with intact seeds and mechanically scarified, dormancy breaking tests using hot water treatments, mechanical and acid scarification with H₂SO₄ were carried out. Additionally, after 1 and 1,5 years of storage, the seeds were placed to germinate, evaluating whether they are tolerant to storage and the effect on dormancy. Seeds of six species showed PY, with only *C. langsdorffii* not having dormancy. Mechanical scarification was efficient in overcoming the dormancy of the six dormant species. For *D. mollis*, *H. stigonocarpa* and *S. adstringens*, immersion in water at high temperatures was efficient in breaking dormancy, while for *O. arborea* acid scarification effectively overcame seed dormancy. Seeds of *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea*, and *S. adstringens* are storage tolerant, while seeds of *C. langsdorffii* reduced germination during storage. The aril affects seed germination of *C. langsdorffii* but does not prevent water absorption. The behavior of species of the same family is different regarding the presence or absence of dormancy, response to dormancy breaking treatments and storage.

Keywords: Dormancy breaking, Fabaceae, germination, seed coat impermeability.

INTRODUÇÃO GERAL

Sementes são originadas através da fecundação de óvulos, sendo nutridas durante seu desenvolvimento pela planta mãe. Ao final da maturação, a semente se separa da planta e se torna um sistema metabólico fechado, podendo reduzir drasticamente o seu conteúdo de água, apresentando baixa atividade metabólica (em sementes ortodoxas). A retomada do metabolismo ocorre com o início da germinação que é, basicamente, caracterizada como a retomada do processo fisiológico de desenvolvimento do embrião, originando assim uma nova planta (Ferreira e Borghetti, 2004; Raven et al., 2014). A germinação e o desenvolvimento das plântulas são estágios críticos e extremamente importantes no ciclo de vida das plantas (Meulebrouck et al., 2008). Uma semente pode germinar quando o conjunto de condições do ambiente estiverem propícios para a emergência da raiz primária (Baskin e Baskin, 2004).

Para dar início à germinação, o primeiro processo que ocorre é a embebição, apresentando um padrão trifásico (Bewley e Black, 1994; Guimarães et al., 2013). Na fase I, ocorre uma rápida absorção de água (embebição), este é um processo físico que ocorre até mesmo em sementes inviáveis, mediado principalmente pelo potencial matricial (componente do potencial hídrico) das sementes. Caso o envoltório não seja impermeável à água e a semente esteja viável, o processo de germinação se inicia e segue para a próxima fase (fase II), em que a absorção de água é menor. Essa fase é caracterizada pela reativação metabólica da semente, se preparando para a protrusão da raiz. A fase III é a parte final do processo de germinação, onde ocorre novamente uma grande absorção de água devido ao alongamento do eixo embrionário. A radícula rompe os tecidos externos e segue seu desenvolvimento como raiz primária marcando o término da germinação (Bewley e Black, 1994). Resumidamente, a germinação se inicia com entrada de água na semente e termina com o alongamento do eixo embrionário (Bewley, 1997).

No entanto, várias sementes não seguem o processo de germinação logo após a dispersão pela planta mãe, pois podem se encontrar em uma fase conhecida como dormência. Uma semente dormente não possui a capacidade de germinar mesmo sob condições ambientais propícias em um determinado período de tempo (Baskin e Baskin, 2004; 2014). Essa característica é extremamente importante em diversas plantas, pois sementes dormentes podem germinar somente com condições ambientais específicas, dando assim uma maior chance de sobrevivência à futura planta. A dormência pode, também, implicar em uma maior heterogeneidade entre a progênie da planta, ampliando

a probabilidade de recrutamento. Além disso, a dormência pode auxiliar na formação dos bancos de sementes no solo, onde as sementes podem germinar em diferentes épocas do ano por causa de algum distúrbio ambiental (Penfield, 2017).

Atualmente, foi proposta uma classificação contendo cinco diferentes classes de dormência em sementes (Baskin e Baskin, 2004; 2014), sendo elas: dormência fisiológica (PD), onde o embrião apresenta um baixo potencial de crescimento, regulado principalmente pelos hormônios ácido abscísico (ABA) e giberelina (GA), com os tecidos da semente podendo dificultar a germinação; a dormência morfológica (MD), relacionada apenas ao embrião, o qual é subdesenvolvido no período de dispersão da planta mãe; dormência morfofisiológica (MPD), que é a combinação das dormências fisiológica e morfológica; dormência física (PY), devido à impermeabilidade do envoltório ou do pericarpo dos frutos à água; e a dormência combinada (PD+PY), sendo a combinação da dormência física com a dormência fisiológica. Além de existirem sementes sem dormência (ND) (Baskin e Baskin, 2004; 2014).

A germinação de sementes dormentes somente ocorrerá com a superação do mecanismo de bloqueio (Baskin e Baskin 2004; Cardoso, 2009). No ambiente natural, a quebra de dormência ocorre por diversos motivos, como: passagem pelo trato digestivo de animais (onde pode haver escarificação mecânica e ácida), degradação por microrganismos, lixiviação, alternância de temperaturas e também o fogo pode atuar como mecanismo de superação de dormência. Mesmo com essa quantidade de agentes para superar a dormência das sementes, no ambiente natural esse processo pode levar tempo (Ferreira e Borghetti, 2004). Sendo assim, para as sementes serem utilizadas, como em projetos de restauração ou produção de mudas, torna-se necessária a utilização de técnicas artificiais para superação da dormência (Kildisheva et al., 2020). Vários autores em seus trabalhos identificaram tratamentos para a superação de dormência em sementes, sendo estes: tratamentos térmicos, tratamentos químicos, choque térmico, escarificação mecânica, estratificação e imersão em soluções de giberelina (Baskin e Baskin, 2014; Burrows et al., 2009; Rodrigues-Junior et al., 2014; 2020; Rodrigues-Junior e Vaz, 2016).

A PY está presente em pelo menos 18 das famílias de angiospermas (Gama-Arachchige et al., 2013; Baskin e Baskin, 2014). A dormência é causada pela impermeabilidade do envoltório dessas sementes (pericarpo dos frutos), sendo conferida pela presença da camada paliádica, uma camada de células justapostas e recobertas por substâncias que repelem a água (Baskin e Baskin, 2004). Nesta classe de dormência, o embrião não está dormente e necessita somente de água para embeber e seguir seu

desenvolvimento (Baskin e Baskin, 2014). Caso o embrião também esteja dormente, essa semente pode ser classificada com outro tipo de dormência, a dormência combinada (Baskin e Baskin, 2004).

Para uma semente com PY se tornar não dormente, estruturas funcionais presentes no envoltório respondem a sinais ambientais e formam canais específicos para a entrada de água (Baskin et al., 2000; Baskin, 2003). Estes canais são denominados ‘*water gaps*’, e a principal estrutura responsável pela formação destes canais é a lente, presente em sementes de leguminosas. Outras estruturas como o hilo, micrópila e pleurograma também podem ser classificadas como funcionais para a entrada de água em sementes com PY (Gama-Arachchige et al., 2013; Baskin e Baskin, 2014; Rodrigues-Junior et al., 2014; 2019; 2020; 2021). Segundo Gama-Arachchige et al. (2013), existem três tipos de canais de entrada de água nas sementes, sendo classificados em diferentes tipos: Tipo I, uma abertura estreita e linear entre as células da camada paliçádica; Tipo II, uma estrutura semelhante à uma tampa, que se destaca da semente; e o Tipo III, caracterizados como um ‘plugue’ que se desloca para permitir a entrada da água. Quando as sementes superam a dormência não é mais possível retroceder esse processo. Dessa forma, espécies com PY não podem alternar entre o estado dormente e não dormente mais de uma vez, além de poderem germinar em uma ampla faixa de temperatura quando a dormência for superada (Jayasuriya et al., 2008; 2009).

Várias espécies que ocorrem em zonas tropicais apresentam sementes com PY (Ferreira e Borghetti, 2004) e, de acordo com Baskin e Baskin (2014), 34% das espécies vegetais de savanas tropicais apresentam sementes com esta classe de dormência. O Cerrado brasileiro é considerado a savana mais rica em biodiversidade do mundo devido à alta taxa de endemismo, sendo considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade (Myers et al., 2000; Klink e Machado, 2005). O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro em questão de extensão territorial, abrangendo diversos estados brasileiros (Klink e Machado, 2005). Este bioma varia desde ambientes abertos a florestas densas (Ratter et al., 1997), entretanto, sofre intensa degradação devido ao grande aumento da fronteira agropecuária e ocupação humana (Embrapa Cerrados, 1999), grandes ameaças à biodiversidade e conservação deste bioma. Sendo assim, a compreensão dos mecanismos envolvidos no controle da germinação e recrutamento de plantas é de extrema importância para a restauração e conservação dos biomas, como o Cerrado.

A família Fabaceae apresenta ampla distribuição em zonas tropicais, contendo cerca de 770 gêneros e 19.500 espécies distribuídas no mundo. Fabaceae é considerada a

terceira maior família em número de espécies e a segunda em importância econômica (Lewis et al., 2005; LPWG, 2017). Esta família é considerada monofilética e atualmente contém seis subfamílias (LPWG, 2013, 2017). No Brasil, Fabaceae apresenta ampla distribuição em todos os biomas brasileiros, mas é na Amazônia onde está concentrado o maior número de representantes dessa família (Giulietti et al., 2005). De acordo com a *Fabaceae in Flora e Funga do Brasil* (2022), são encontrados 253 gêneros e 3.026 espécies da família Fabaceae no Brasil, sendo 18 gêneros e 1.577 espécies endêmicas. A dormência física é amplamente encontrada em várias espécies da família Fabaceae (Baskin et al., 2000; Baskin e Baskin, 2014; Kildisheva et al., 2020), sendo um interessante grupo para estudos relacionados a esta classe de dormência.

Este trabalho visa investigar algumas espécies neotropicais da família Fabaceae para identificação da presença ou não de dormência. Avaliação de seus atributos funcionais, da tolerância ao armazenamento, avaliação da sobrevivência e da superação da dormência em sementes com PY submetidas a diferentes tratamentos artificiais de superação de dormência.

REFERÊNCIAS

- BASKIN, J. M; BASKIN, C. C; LI, X. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, 15: 139–152, 2000.
- BASKIN, C. C. Breaking physical dormancy in seeds – focusing on the lens. *New Phytologist*, 158: 229–232, 2003.
- BASKIN, J. M; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1–16, 2004.
- BASKIN, C. C; BASKIN, J. M. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. 2nd. ed. Elsevier: Amsterdam, 2014.
- BEWLEY, J. D; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2nd. ed. New York: Plenum Press, 1994.
- BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. *Plant Cell*, v. 9, 1997.
- BURROWS, G. E; VIRGONA, J. M; HEADY, R. D. Effect of boiling water, seed coat structure and provenance on the germination of *Acacia melanoxylon* seeds. *Australian Journal of Botany*, 57, 139–147. 2009.
- CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. *Oecologia Brasiliensis*, 13(4): 619–630, 2009.
- EMBRAPA CERRADOS: Conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. Embrapa Cerrados; texto de Graça França Monteiro. Planaltina, 1517–5111, 1999.

- Fabaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB115>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- FERREIRA, A. G; BORGHETTI, F. Germinação do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- GAMA-ARACHCHIGE, N. S; BASKIN, J. M; GENEVE, R. L; BASKIN, C. C. Identification and characterization of ten new water gaps in seeds and fruits with physical dormancy and classification of water-gap complexes. *Annals of Botany*, 112: 69–84, 2013.
- GIULIETTI, A. M; HARLEY, R. M; QUEIROZ, L. P; WANDERLEY M. G. L; VAN DEN BERG. C. Biodiversity and conservation of plants in Brazil. *Conservation Biology*, 19: 632–639, 2005.
- GUIMARÃES, M. A; TELLO, J. P. J; DAMASCENO, L. A; VIANA, C. S; MONTEIRO, L. R. Pré-embebição de sementes e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento de plântulas de melancia. *Revista Ceres*, 442–446, 2013.
- JAYASURIYA, K. M. G. G; BASKIN, J. M; GENEVE, R. L; BASKIN, C. C; CHIEN, C. T. Physical dormancy in seeds of the holoparasitic angiosperm *Cuscuta australis* (Convolvulaceae, Cuscutaceae): dormancy breaking requirements, anatomy of the water gap and sensitivity cycling. *Annals of Botany*, 102: 39–48, 2008.
- JAYASURIYA, K. M. G. G; BASKIN, J. M; BASKIN, C. C. Sensitivity cycling and its ecological role in seeds with physical dormancy. *Seed Science Research*, 19: 3–13, 2009.
- KILDISHEVA, O. A; DIXON, K. W; SILVEIRA, F. A. O; CHAPMAN, T; DI-SACCO, A; MONDONI, A; TURNER, S. R; CROSS, A. T. Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology*, v. 28, 2020.
- KLINK, C. A; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 707–713, 2005.
- LEWIS, G; SCHRIRE, B; MACKINDER, B; LOCK, M. (eds.). *Legumes of the world*. Richmond, Royal Botanic Gardens, 2005.
- LPWG, Legume Phylogeny Working Group. Legume phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospects and lessons for other species-rich clades. *Taxon*, 62: 217–24, 2013.
- LPWG, Legume Phylogeny Working Group. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny *Taxon*, 66: 44–77, 2017.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Macmillan Magazines Ltd Nature*, 403: 853–858, 2000.
- MEULEBROUCK, K; AMELOOT, E; ASSCHE, J. A. V; VERHEYEN, K; HERMY, M; BASKIN, C. C. Germination ecology of the holoparasite *Cuscuta epithimum*. *Seed Science Research*, 18: 25–34, 2008.
- PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. *Current. Biology*, 27: 853–909, 2017.

- RATTER, J. A; RIBEIRO J. F; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany*, 80: 223–230, 1997.
- RAVEN, P; EVERT, R. F; EICHORN, S. *Biologia Vegetal*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; FARIA J. M. R; VAZ, T. A. A; NAKAMURA, A. T; JOSÉ, A. C. Physical dormancy in *Senna multijuga* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: the role of seed structures in water uptake. *Seed Science Research* 24: 147–157, 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; VAZ, T. A. A. *Fisiologia de sementes aplicada à tecnologia e produção. Bases sustentáveis do agronegócio*. Uberlândia: Composer, 2016.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; MELLO, A. C. M. P; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M; OLIVEIRA, D. M. T; GARCIA, Q. S. A function for the pleurogram in physically dormant seeds. *Annals of Botany*, 123: 867–876, 2019.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; SANTOS, M. T. A; HASS, J; PASCHOAL, B. S. M; DE-PAULA, O. C. What kind of seed dormancy occurs in the legume genus *Cassia*? *Scientific Reports*, 10: 12194, 2020.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M; DE-PAULA, O. C. The pleurogram, an under-investigated functional trait in seeds. *Annals of Botany*, 127: 167–174, 2021.

CAPÍTULO 1. ASPECTOS FUNCIONAIS E DORMÊNCIA FÍSICA EM SEMENTES DE ESPÉCIES DE LEGUMINOSAS

FUNCTIONAL ASPECTS AND PHYSICAL DORMANCY IN SEEDS OF LEGUMINOUS SPECIES

RESUMO

A dormência física é causada pela impermeabilidade da camada paliçádica presente no envoltório da semente ou no fruto, repelindo a água e impedindo a germinação. Essa classe de dormência é frequentemente encontrada na família Fabaceae. Assim, o presente trabalho teve como objetivo identificar a presença da dormência física em seis espécies da família Fabaceae, testar métodos efetivos para superação da dormência e avaliação da tolerância ao armazenamento. Sementes de *Adenantha pavonina*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea courbaril*, *H. stigonocarpa*, *Ormosia arborea* e *Stryphnodendron adstringens* foram separadas em dois grupos, sementes intactas e escarificadas com lixa d'água, posteriormente foram colocadas para embeber e pesadas em diferentes intervalos. Sementes intactas que não absorveram água comprovaram a existência da dormência física na espécie. Diversos tratamentos pré-germinativos foram empregados para superação da dormência das sementes, dentre eles, tratamentos com água quente, escarificação mecânica e ácida com H₂SO₄. Sementes armazenadas por 1,5 anos foram separadas em dois grupos, intactas e escarificadas com lixa d'água, e a germinação foi avaliada e comparada com testes realizados com sementes recém-colhidas. A dormência física foi comprovada em todas as seis espécies desse estudo. A escarificação mecânica foi eficiente na superação de dormência de todas as espécies. Para *D. mollis*, *H. stigonocarpa* e *S. adstringens* a utilização de água em altas temperaturas foi eficiente para superar a dormência. Em sementes de *O. arborea* a escarificação ácida conseguiu romper a dormência das sementes. Sementes de *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea* e *S. adstringens* são tolerantes ao armazenamento em condições de laboratório. Espécies de uma mesma família, que apresentam dormência física, respondem diferentemente aos tratamentos de superação de dormência. Cada espécie responde de uma determinada forma aos estímulos recebidos, evidenciando a variação interespecífica que existe na dormência física.

Palavras-chave: Armazenamento, germinação, superação de dormência.

ABSTRACT

Physical dormancy is caused by the impermeability of the palisade layer in the seed-coat or pericarp, repelling water and preventing germination. This dormancy class is often found in the Fabaceae family. Thus, the present work aimed to identify the presence of physical dormancy in six species of the Fabaceae family, test effective methods to overcome dormancy and evaluate storage tolerance. *Adenantha pavonina*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea courbaril*, *H. stigonocarpa*, *Ormosia arborea* and *Stryphnodendron adstringens* were separated into two groups, seeds intact and scarified with sandpaper, placed to soak and weighed at different intervals. Intact seeds that did not absorb water proved the existence of physical dormancy in the species. Several pre-germination treatments were used to overcome seed dormancy, including treatments with hot water, mechanical and acid scarification with H₂SO₄. Seeds stored for 1,5 years were separated into two groups, intact and scarified with sandpaper, and germination was evaluated and compared with tests performed with freshly harvested seeds. Physical dormancy was proven in all six species in this study. Mechanical scarification was efficient in overcoming dormancy in all species. For *D. mollis*, *H. stigonocarpa*, and *S. adstringens*, the use of water at high temperatures efficiently overcame dormancy. In *O. arborea* seeds, acid scarification was able to break seed dormancy. Seeds of *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea*, and *S. adstringens* are storage tolerant under laboratory conditions. Species of the same family, which have physical dormancy, respond differently to treatments to overcome dormancy. Each species responds in a certain way to the stimuli received, showing the interspecific variation in physical dormancy.

Keywords: Germination, overcoming dormancy, storage.

INTRODUÇÃO

A germinação inicia-se com entrada de água na semente e termina com a protrusão raiz primária (Bewley, 1997). Sementes quando expostas a condições propícias para sua germinação e não germinam em até quatro semanas são consideradas sementes dormentes (Baskin e Baskin, 2014). Existem cinco classes de dormência em sementes, além de sementes não dormentes (ND). Sementes com dormência fisiológica (PD) não germinam devido ao desbalanço hormonal entre ácido abscísico (ABA) e giberelina (GA), com isso o embrião apresenta um baixo potencial de crescimento. Dormência morfológica (MD) é imposta pelo embrião que é disperso subdesenvolvido. Quando sementes apresentam essas duas classes de dormência é denominado dormência morfofisiológica (MPD). Sementes com envoltórios impermeáveis à água possuem dormência física (PY). Sementes com PD e PY possuem dormência combinada (PD+PY) (Baskin e Baskin, 2004; 2014).

A dormência apresenta um importante papel ecológico pois permite que as sementes germinem em condições ambientais favoráveis para seguirem seu desenvolvimento e continuar perpetuando a espécie. Sementes dormentes conseguem colonizar novos ambientes sazonalmente diversos, e se estabelecerem nesse local (Baskin e Baskin, 2014; Willis et al., 2014). A dormência viabiliza a formação de banco de sementes no solo, onde as sementes podem germinar em diferentes épocas e permanecerem viáveis por longos períodos de tempo (no caso de sementes ortodoxas), aumentando a chance do recrutamento (Ferreira e Borghetti, 2004; Penfield, 2017).

No ambiente natural, a quebra da dormência ocorre por diferentes estímulos ambientais, como a passagem pelo trato digestivo de animais, degradação por microrganismos, lixiviação, alternância de temperaturas e calor (Baskin e Baskin, 2014). No entanto, a superação da dormência pode levar tempo (Ferreira e Borghetti, 2004). Quando há necessidade de uma rápida propagação da espécie, são necessárias técnicas artificiais para superação da dormência (Kildisheva et al., 2020). Existem várias técnicas que podem ser empregadas para a superação da dormência, como: escarificação mecânica e ácida, tratamentos térmicos, choque térmico e estratificação (Baskin e Baskin, 2014; Burrows et al., 2009; Rodrigues-Junior et al., 2014; 2020).

Espécies com PY possuem sementes com impermeabilidade em seu envoltório, devido à presença da camada paliçádica com células justapostas contendo substâncias hidrofóbicas (Baskin e Baskin, 2004). Para que essas sementes possam germinar essa camada deve ser rompida, criando canais para a entrada de água, os “*water gaps*” (Baskin,

2003; Gama-Arachchige et al., 2013). Existem estruturas específicas no envoltório das sementes para formação dos “*water gaps*”, e a lente, o hilo, a micrópila e o pleurograma podem ser funcionais para entrada de água em sementes com PY (Gama-Arachchige et al., 2013; Baskin e Baskin, 2014; Rodrigues-Junior et al., 2014; 2019; 2020; 2021). Com a PY superada não existe outra restrição para a germinação dessas sementes (Baskin e Baskin, 2014). Após a superação da PY, as sementes não podem retornar ao estado dormente, devido ao canal de entrada de água estar aberto, podendo germinar em diferentes temperaturas (Jayasuriya et al., 2008; 2009).

Diversas espécies, que ocorrem em zonas tropicais, apresentam sementes fisicamente dormentes (Ferreira e Borghetti, 2004), com cerca de 34% de espécies que ocorrem em savanas tropicais apresentando PY (Baskin e Baskin, 2014). O Cerrado é considerado a savana mais rica em biodiversidade do mundo, e o segundo maior bioma brasileiro (Myers et al., 2000; Klink e Machado, 2005). Esse bioma sofre com a intensa degradação devido ao aumento da fronteira agropecuária e ocupação humana (Embrapa Cerrados, 1999). Devido a sua intensa degradação, técnicas para possibilitar a germinação, produção e propagação das espécies vegetais que ocorrem nesse bioma são muito importantes para sua conservação.

No Brasil, a família Fabaceae (ou Leguminosae) apresenta grande distribuição (Giulietti et al., 2005). São encontrados 253 gêneros e 3.026 espécies pertencentes a essa família no Brasil, 18 gêneros e 1.577 espécies são endêmicas (Flora e Funga do Brasil, 2022). As leguminosas são a segunda maior família em importância econômica a nível mundial, além de serem a terceira maior em número de espécies, sendo muito encontrada em regiões de savana (Lewis et al., 2005; LPWG, 2017). Muitas espécies dessa família apresentam PY (Baskin e Baskin, 2005; Kildisheva et al., 2020), sendo um importante grupo para compreensão dos mecanismos desse tipo de dormência.

Com isso, objetivou-se neste trabalho, verificar a ocorrência da dormência física em seis espécies da família Fabaceae, avaliar a superação da dormência e sobrevivência de sementes com PY submetidas a tratamentos pré-germinativos e analisar a tolerância dessas espécies ao armazenamento em condições de laboratório.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material vegetal

Sementes de seis espécies da família Fabaceae foram utilizadas, sendo elas: *Adenantha pavonina* L., *Dimorphandra mollis* Benth., *Hymenaea courbaril* L., *H. stigonocarpa* Mart. ex Hayne., *Ormosia arborea* (Vell.) Harms., e *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. Todas essas espécies apresentam porte arbóreo, produzem grande quantidade de sementes anualmente e são amplamente encontradas em território brasileiro, principalmente no Cerrado (Lorenzi, 2016; *Fabaceae in Flora e Funga do Brasil*, 2022). Todas as espécies descritas acima são nativas do Brasil, com exceção da espécie *A. pavonina*. Esta espécie será utilizada para comparação do comportamento da PY em relação às espécies nativas.

Coleta e beneficiamento das sementes

As sementes foram coletadas durante a dispersão natural, no terceiro e quarto trimestre de 2020, nas cidades de Iraí de Minas (18° 59' 23" S, 47° 28' 33" O) e Monte Carmelo (18° 44' 5" S, 47° 29' 47" O), no estado de Minas Gerais. Todos os locais de coleta apresentam vegetação típica do Cerrado. Após a coleta, as sementes foram removidas dos frutos, beneficiadas (remoção das sementes de dentro dos frutos e de resíduos de poupa) e selecionadas manualmente para remoção das sementes predadas ou malformadas. Foi necessária a utilização de um martelo para quebrar os frutos de *H. courbaril* e *H. stigonocarpa*, que são rígidos, mas sem causar danos mecânicos às sementes. Logo após o beneficiamento, as sementes foram mantidas em potes plásticos sem tampa à temperatura ambiente ($25^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, em ambiente sombreado) por cerca de 2 meses, e então as sementes foram transferidas para sacos plásticos semipermeáveis fechados até o início dos experimentos, em fevereiro de 2021.

Caracterização dos atributos físicos e fisiológicos das sementes

Avaliou-se diferentes características das sementes das espécies neste estudo. Com auxílio de uma balança de precisão foi realizado o peso médio das sementes e o conteúdo de água. O conteúdo de água foi realizado com o uso de uma estufa a 103°C por 17 h (ISTA, 2004), sendo as sementes pesadas antes e depois da secagem, utilizando quatro repetições de 5 sementes cada. Para o peso médio, 200 sementes de cada espécie foram

mensuradas em balança de precisão (0,0001g). Ambos os testes foram realizados com sementes armazenadas em potes plásticos por dois meses.

Identificação da PY

Para identificar a presença de PY foram realizados experimentos de germinação e embebição nas sementes. O teste de germinação foi realizado com dois grupos para cada espécie, sendo eles: sementes intactas (grupo controle) e sementes escarificadas (com lixa d'água, na região oposta ao hilo). Os testes foram conduzidos com quatro repetições de 25 sementes cada; para *H. courbaril* e *H. stigonocarpa* o teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 15 sementes cada. Sementes de *A. pavonina* e *O. arborea* foram esterilizadas com hipoclorito de sódio 2,5% por 5 minutos antes dos tratamentos serem realizados, devido a proliferação de fungos em testes preliminares. As sementes foram mantidas em caixas Gerbox[®] com duas folhas de papel umedecido a 25 °C e luz constante. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram a protrusão radicular, e a avaliação da germinação ocorreu a cada três dias, durante 30 dias.

Para o teste de embebição, as sementes também foram separadas em dois grupos (sementes intactas e escarificadas com lixa d'água). Vinte e cinco sementes de cada grupo, para cada espécie, foram separadas e pesadas individualmente. Após a primeira pesagem, as sementes ficaram mantidas em Gerbox[®] com papel umedecido e incubadas a 25 °C sobre luz constante e pesadas em diferentes intervalos. O excesso de água nas sementes foi removido antes de cada pesagem com a utilização de papel absorvente. Sementes intactas que não embeberem confirmarão a presença da PY, e a absorção de água pelas sementes escarificadas indicará que a impermeabilidade é imposta exclusivamente pelo envoltório.

Tratamentos de superação de dormência

Vários testes foram realizados para identificar um protocolo eficiente para a superação da PY das sementes. Os seguintes tratamentos foram empregados: Imersão em água quente a 100°C por 5, 15, 30 segundos e por 1, 2 e 3 minutos (baseado em Burrows et al., 2009; Rodrigues-Junior et al., 2019); imersão em água a 80 °C (temperatura inicial, a fonte de calor foi desligada após atingir esta temperatura) por 15 e 20 min, 60°C (temperatura inicial) por 30 min (Rodrigues-Junior et al., 2014); escarificação ácida com ácido sulfúrico (H₂SO₄) 98% por 1, 2, 3, 5, 10, 20 ou 30 min (Marques et al., 2004;

Kissmann et al., 2008; Costa et al., 2010; Baskin e Baskin 2014; Souza e Segato, 2016; Rodrigues-Junior et al., 2020). A eficiência destes tratamentos foi comparada com o grupo controle. Utilizou-se quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento para as espécies, com exceção das duas espécies de *Hymenaea*, em que foram utilizadas quatro repetições com 15 sementes cada. Utilizou-se hipoclorito de sódio 2,5% por 5 minutos antes dos tratamentos realizados com as sementes de *A. pavonina* e *O. arborea*. Após os tratamentos, as sementes ficaram mantidas a 25°C e luz constante para avaliação da germinação. A germinação das sementes foi avaliada a cada três dias durante 30 dias.

Efeito do armazenamento sobre a germinação e dormência

A germinação de sementes intactas e escarificadas mecanicamente de todas as espécies foi realizada após 1,5 anos de armazenamento (sementes armazenadas em sacos plásticos e depositadas em um armário de madeira), para avaliar a viabilidade e tolerância das sementes ao armazenamento em condições de laboratório (25°C±3°C), além do efeito sobre a dormência. As sementes dos dois grupos foram mantidas a 25°C e luz constante para avaliação da germinação. Sementes germinadas, embebidas, mortas e dormentes foram avaliadas durante 30 dias.

Análise dos dados

Para a análise estatística foi utilizado o software SISVAR versão 5.6. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para determinar a significância dos tratamentos aplicados às sementes, seguido de Teste de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparação entre as médias.

RESULTADOS

Caracterização dos atributos físicos e fisiológicos das sementes

A massa média das sementes das seis espécies foram de 0,26g para *A. pavonina*, 0,23g para *D. mollis*, 5,52g para *H. courbaril*, 3,89g para *H. stigonocarpa*, 0,72g para *O. arborea* e 0,08g para *S. adstringens* (Tabela 1). Os valores de massa foram divergentes estatisticamente entre si para todas as espécies. O conteúdo de água das sementes apresentou valores similares para algumas espécies, não diferindo estatisticamente nas sementes de *D. mollis* 11,40%, *H. stigonocarpa* 11,23%, *O. arborea* 11,15% e *S.*

adstringens com 10,84% de conteúdo de água. Sementes de *A. pavonina* com 9,44% e *H. stigonocarpa* com 8,88% de conteúdo de água, são diferentes estatisticamente das espécies citadas anteriormente, mas não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 1. Massa média e conteúdo de água das sementes de seis espécies arbóreas da família Fabaceae.

Espécies	Massa média (g)	Conteúdo de água (%)
<i>Adenantha pavonina</i>	0,26±0,04 ^d	9,44±0,14 ^b
<i>Dimorphandra mollis</i>	0,23±0,03 ^c	11,40±0,12 ^a
<i>Hymenaea courbaril</i>	5,52±0,92 ^a	8,88±0,58 ^b
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	3,89±0,83 ^b	11,23±0,31 ^a
<i>Ormosia arborea</i>	0,72±0,13 ^c	11,15±0,45 ^a
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	0,08±0,02 ^f	10,84±0,50 ^a

Letras diferentes na coluna indicam diferença estatística entre as espécies de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Identificação da PY e tratamentos de superação de dormência

Embebição de sementes intactas e escarificadas das seis espécies estão na Figura 1. Sementes intactas de todas as espécies não apresentaram aumento de massa ao final do período de avaliação. Para todas as espécies a massa das sementes intactas diferiram estatisticamente das sementes escarificadas (Fig. 1). Ao final de 96h de avaliação, sementes escarificadas de *A. pavonina*, *D. mollis*, *O. arborea* e *S. adstringens* apresentaram respectivamente 164, 180, 104 e 187% de aumento de massa. Sementes de *H. courbaril* e *H. stigonocarpa* apresentaram 100 e 98% de incremento de massa após 240h de avaliação (Fig. 1).

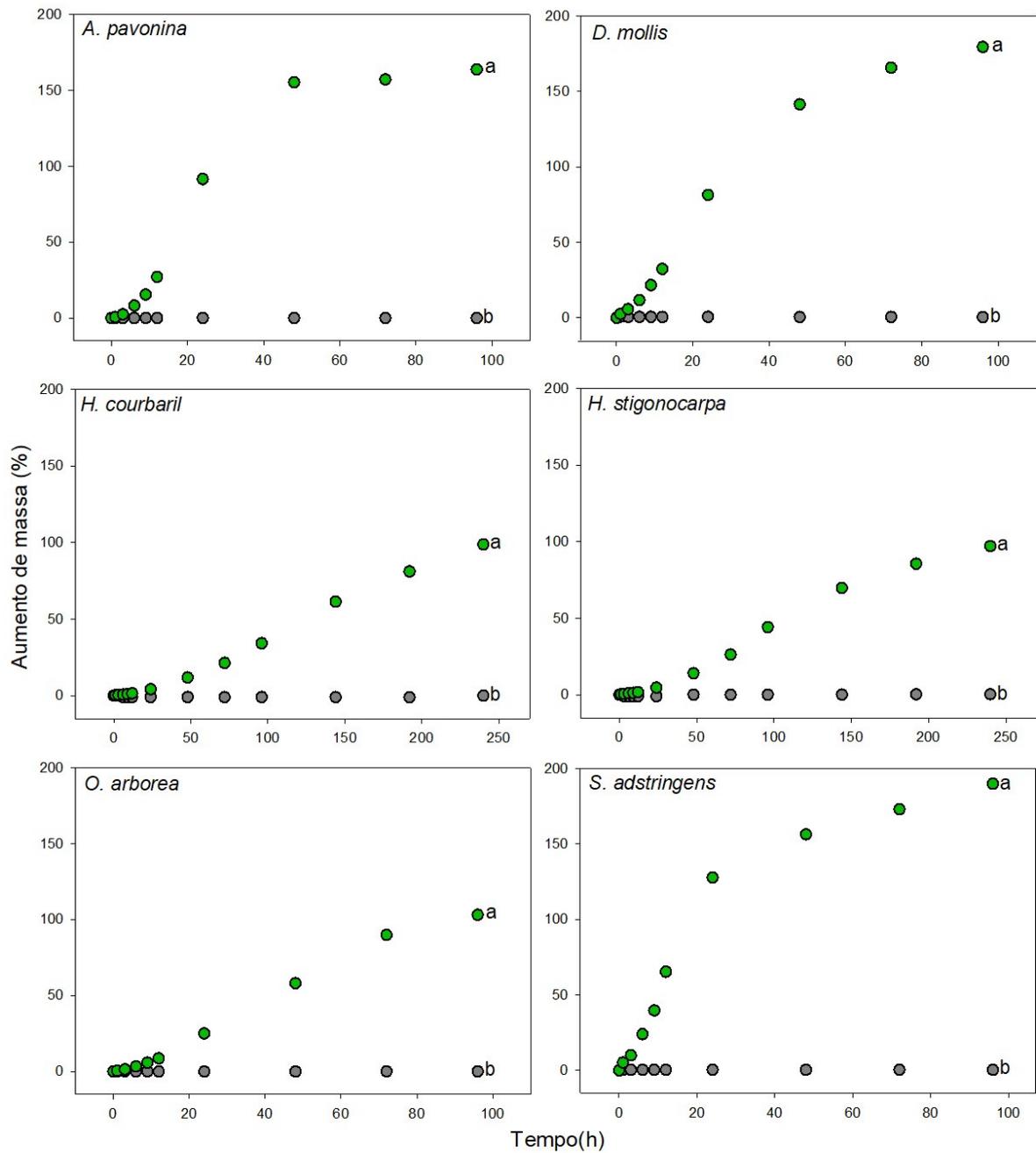


Figura 1. Aumento de massa das sementes intactas (●) e escarificadas (●) (média ± erro padrão). As sementes das seis espécies foram pesadas em diferentes intervalos até um total de 96h ou 240h. Letras diferentes indicam diferença estatística entre si de acordo com o teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Germinação de sementes intactas e com tratamentos de superação de dormência para as seis espécies estão descritos na Figura 2. Em *A. pavonina*, apenas as sementes do tratamento escarificação mecânica apresentaram valores estatisticamente superiores a todos os demais tratamentos, com 62% de germinação, enquanto que as sementes intactas apresentaram 11% de germinação. Os demais tratamentos empregados não foram efetivos para superar a dormência dessa espécie (Fig. 2). Sementes de *D. mollis* apresentaram altos valores de germinação para os grupos escarificadas com lixa, 100°C/15 s e 80°C/15 min com 93, 65 e 70% de germinação, respectivamente. O tratamento de escarificação mecânica foi estatisticamente superior aos demais, e o grupo com sementes intactas diferiu dos demais tratamentos com apenas 20% de germinação (Fig. 2). Nas sementes de *H. courbaril* houve um baixo percentual de germinação em todos os tratamentos, com vários tratamentos sendo estatisticamente similares entre si. O maior valor obtido foi de 36,67% para as sementes escarificadas mecanicamente, mas sendo superior ao grupo controle que obteve 6,67% de germinação (Fig. 2). *H. stigonocarpa* apresentou alto percentual de germinação em sementes mecanicamente escarificadas, com 76,67% de sementes germinadas, sendo estatisticamente similar aos tratamentos 100°C/15 s (63,3%) e 80°C/15 min (58,3%). Sementes intactas de *H. stigonocarpa* obtiveram o menor percentual de germinação (21,67%), divergindo estatisticamente dos demais (Fig. 2). Os tratamentos térmicos não foram efetivos para superar a dormência das sementes de *O. arborea*, não havendo nenhuma germinação para alguns destes tratamentos. A escarificação mecânica e ácida apresentaram altos valores de germinação e foram iguais estatisticamente entre si. Sementes escarificadas obtiveram 71% de germinação, enquanto que sementes submetidas ao H₂SO₄ por 10, 20 e 30 minutos, apresentaram respectivamente 64, 61 e 57% de germinação. Sementes intactas obtiveram 3,26% de germinação (Fig. 2). Sementes intactas de *S. adstringens* apresentaram 18% de germinação, sendo a menor taxa de germinação. Sementes dos grupos escarificação mecânica e 80°C/20 min obtiveram a maior taxa de germinação, com 81 e 68%, respectivamente (Fig. 2).

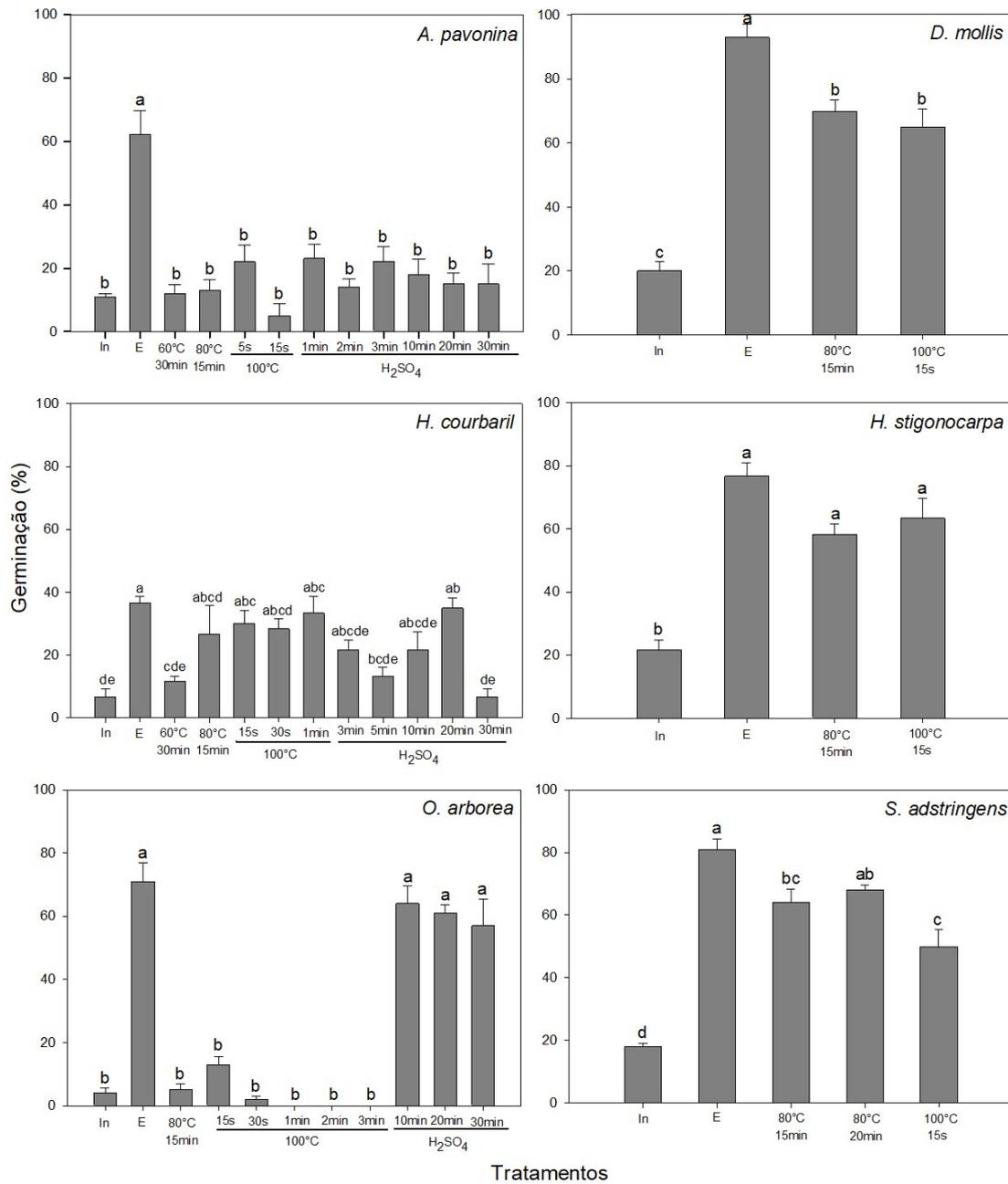


Figura 2. Porcentagem de germinação de sementes de *A. pavonina*, *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea* e *S. adstringens* em diferentes tratamentos de superação de dormência. Grupo controle com sementes intactas (I) e sementes escarificadas (E), (média ± erro padrão). Médias com letras iguais indicam que não há diferenças significativas pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Efeito do armazenamento sobre a germinação e dormência

Sementes de *A. pavonina* intactas e escarificadas com lixa d'água após 1,5 anos de armazenamento apresentaram maior mortalidade do que as recém colhidas. A dormência das sementes intactas diminuiu com o armazenamento e a germinação das sementes escarificadas decaiu com o armazenamento (Fig. 3). Após 1,5 anos de armazenamento sementes de *D. mollis* diminuíram o percentual de germinação de todos os tratamentos, apresentou também maior número de sementes dormentes nas sementes intactas após armazenadas e maior mortalidade para sementes escarificadas armazenadas. A dormência das sementes intactas de *H. courbaril* diminuiu com o armazenamento, aumentando o percentual de germinação e de sementes embebidas (Fig. 3). Sementes intactas de *H. stigonocarpa* apresentaram maior germinação e menor percentual de dormência após o armazenamento. O armazenamento de sementes de *O. arborea* não apresentou diferenças quando comparadas às recém colhidas, tanto para as sementes intactas quanto para as escarificadas (Fig. 3). Sementes escarificadas de *S. adstringens* apresentaram maior percentual de germinação após o armazenamento, mas sementes intactas não apresentaram diferenças, permanecendo dormentes (Fig. 3). A maioria das sementes submetidas aos tratamentos não germinaram devido ao aumento da mortalidade.

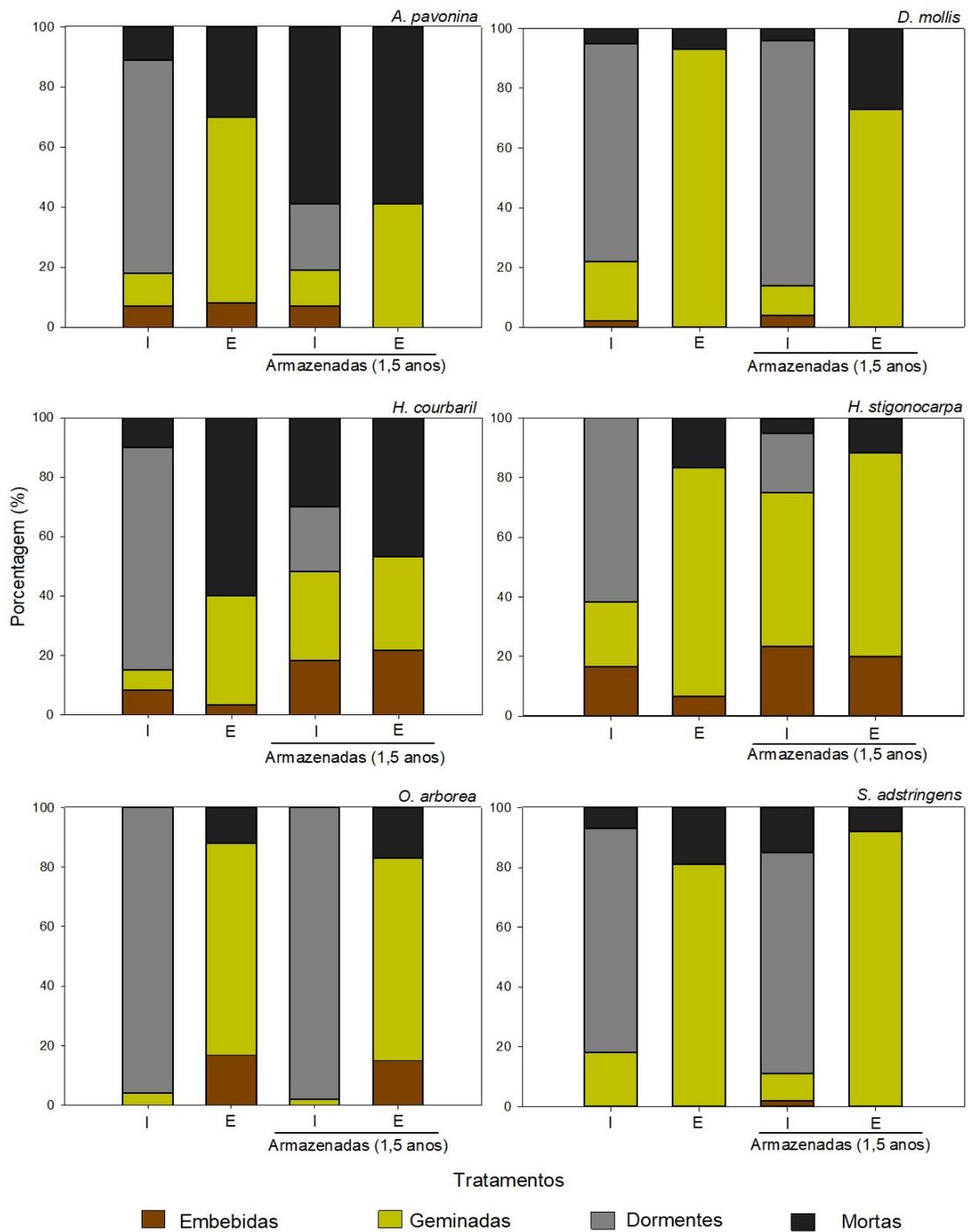


Figura 3. Médias de germinação, mortalidade, dormência e embebidas. Sementes intactas (I) e escarificada (E) recém colhidas e armazenadas por 1,5 anos

DISCUSSÃO

Diferenças interespecíficas dentro da família Fabaceae foram verificadas quando comparadas características como tempo de embebição, respostas aos tratamentos para a superação de dormência, massa média, e tolerância ao armazenamento. A diferença de tamanho entre as sementes investigadas, como em *H. courbaril* e *S. adtringens*, evidenciam a diversidade de características morfológicas e fisiológicas que as espécies da família Fabaceae possuem. No entanto as sementes utilizadas neste trabalho possuem características similares em relação ao conteúdo de água, apresentando baixos valores logo após a dispersão, como encontrado em sementes ortodoxas.

Todas as espécies utilizadas nesse trabalho apresentaram PY, devido a não absorção de água por sementes intactas (Fig. 1), já que essa classe de dormência é caracterizada pela impermeabilidade do envoltório ou do pericarpo (Baskin e Baskin, 2004; 2014). Sementes escarificadas de todas as espécies absorveram água, devido ao rompimento do envoltório ocasionado pela abrasão contra a lixa. Em algumas espécies a embebição ocorre mais rapidamente que em outras, *A. pavonina*, *D. mollis* e *S. adtringens* apresentaram valores próximos a 200% de aumento de massa em 96h, enquanto que sementes de *O. arborea* aumentaram em torno de 100% neste mesmo período. A relação do tamanho das sementes com a taxa de absorção foi verificada neste trabalho. Sementes grandes como as de *H. courbaril* e *H. stigonocarpa* apresentam um maior atraso na absorção de água em relação às demais espécies investigadas, alcançando valores de cerca de 100% de ganho de massa somente após 240 h de embebição.

Sementes escarificadas de *Acacia papyrocarpa* apresentaram aumento de massa próximo a 300% com 96h de avaliação (Pound et al., 2015). No trabalho de Rodrigues-Junior et al. (2019), sementes escarificadas de nove espécies do gênero *Senna* (Fabaceae) apresentaram elevados percentuais de aumento de massa em apenas 48 horas. *Mimosa pudica*, uma leguminosa com semente pequena apresentou mais de 100% de aumento de massa nas sementes escarificadas após 25h de embebição (Tang et al., 2022). Comparando o tamanho das sementes dessas leguminosas com as obtidas nesse trabalho, é possível verificar que sementes menores, após a superação da PY, embebem mais rapidamente que sementes maiores. Souza e Fagundes (2014) relatam que sementes menores de *C. langsdorffii* (Fabaceae) embebem e germinam em menor tempo que sementes grandes. Isso evidencia que a diferença de tamanho afeta a embebição das sementes, podendo esta variação ocorrer não somente entre espécies, mas também entre as sementes da mesma espécie.

Sementes de *H. courbaril* apresentaram baixo percentual de superação de dormência em todos os tratamentos, fato que pode ter ocorrido pela viabilidade do lote coletado estar baixa, já que o uso de escarificação mecânica e ácida, muito utilizado e recomendado para superar a dormência dessa espécie, não apresentou valores similares ao descrito na literatura (Carvalho, 2003; Lorenzi, 2014; Souza e Segato, 2016). Sementes de *A. pavonina* apresentaram um alto percentual de superação de dormência apenas no tratamento escarificação mecânica, nos demais tratamentos as sementes se deterioraram, não sendo efetivos na superação da PY dessa espécie. Brancalion et al. (2010) obtiveram valores similares aos do presente trabalho com sementes escarificadas dessa espécie. No entanto, nos trabalhos de Costa et al. (2010) e Kissmann et al. (2008), a utilização de H₂SO₄ em sementes de *A. pavonina* apresentaram valores superiores a 80% de germinação.

Tratamentos utilizando H₂SO₄ foram efetivos na superação de dormência apenas para *O. arborea*. Marques et al. (2004) também observaram a eficiência deste tratamento na superação da dormência dessa espécie. O ácido é corrosivo e promove a ruptura do envoltório da semente (Ferreira e Borghetti, 2004), dessa forma ela consegue germinar. A escarificação mecânica também é bem efetiva na superação da dormência dessa espécie, o que também foi comprovado por Marques et al. (2004) e Brancalion et al. (2010).

Para *D. mollis*, *H. stigonocarpa* e *S. adstringens*, os tratamentos utilizando água quente conseguiram superar a PY dessas espécies. Tratamentos pré-germinativos utilizando água quente são efetivos para superação de PY em sementes de leguminosas como *Acacia melanoxylon* (Burrows et al., 2009), *Senna multijuga* (Rodrigues-Junior et al., 2014), *Acacia papyrocarpa*, *A. oswaldii*, *Senna artemisioides* (Pound et al., 2015) e *Cassia fistula* (Rodrigues-Junior et al., 2020). A exposição à água quente estimula a abertura dos “*water gaps*” em sementes com PY (Gama-Arachchige et al., 2013). No entanto, a exposição a altas temperaturas por longos períodos pode matar os embriões das sementes (Baskin e Baskin, 2014), isso ocorreu em sementes de *O. arborea* expostas a 100°C por 1, 2 e 3 min.

Para *D. mollis*, *O. arborea* e *S. adstringens* o armazenamento por 1,5 anos não afetou na superação de dormência das sementes intactas, também não apresentando variações nas sementes escarificadas. Essas três espécies toleram o armazenamento em condições de laboratório (25°C±3°C). Sementes intactas de *A. pavonina*, *H. courbaril* e *H. stigonocarpa* apresentaram menor número de sementes dormentes após o

armazenamento. No entanto sementes de *A. pavonina* apresentaram maior mortalidade nas sementes intactas e escarificadas após o armazenamento. Sementes intactas de *H. courbaril* e *H. stigonocarpa* apresentaram maior número germinação após o armazenamento.

A dormência física foi comprovada em todas as seis espécies desse trabalho. O tratamento de escarificação mecânica é efetivo na superação da dormência de todas as seis espécies. A utilização de H₂SO₄ é efetiva na superação de dormência de *O. arborea*. A imersão em água a altas temperaturas permite superar a dormência de *D. mollis*, *H. stigonocarpa* e *S. adstringens*, porém causa mortalidade em sementes de *O. arborea*. Sementes de *A. pavonina* submetidas a tratamentos de superação de dormência apresentaram altas taxas de mortalidade na maioria dos tratamentos, com exceção para as intactas, escarificadas e 60°C por 30 min. Sementes de *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea* e *S. adstringens* são tolerantes ao armazenamento em condições de laboratório.

REFÊRENCIAS

- BASKIN, J. M; BASKIN, C. C; LI, X. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*, 15: 139–152, 2000.
- BASKIN, C. C. Breaking physical dormancy in seeds – focusing on the lens. *New Phytologist*, 158: 229–232, 2003.
- BASKIN, J. M; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1–16, 2004.
- BASKIN, C. C; BASKIN, J. M. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. 2nd. ed. Elsevier: Amsterdam, 2014.
- BRANCALION, P. H. S; NOVENBRE, A. D. L. C; RODRIGUES, R. R; MARCOS FILHO, J. Dormancy as exaptation to protect mimetic seeds against deterioration before dispersal. *Annals of Botany*, 105: 991–998, 2010.
- BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. *Plant Cell*, v.9, 1997.
- BURROWS, G. E; VIRGONA, J. M; HEADY, R. D. Effect of boiling water, seed coat structure and provenance on the germination of *Acacia melanoxylon* seeds. *Australian Journal of Botany*, 57, 139–147. 2009.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies Arbóreas Brasileiras*. 1º ed. vol. 1, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo, PR. Embrapa Florestas, 2003.
- COSTA, P. A; LIMA, A. L. S; ZANELLA, F; FREITAS, H. Quebra de dormência em sementes de *Adenanthera pavonina* L. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 83-88. 2010.

- EMBRAPA CERRADOS: Conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. Embrapa Cerrados; texto de Graça França Monteiro. Planaltina, 1517–5111, 1999.
- Fabaceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB115>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- FERREIRA, A. G; BORGHETTI, F. Germinação do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 21 Jul. 2022.
- GAMA-ARACHCHIGE, N. S; BASKIN, J. M; GENEVE, R. L; BASKIN, C. C. Identification and characterization of ten new water gaps in seeds and fruits with physical dormancy and classification of water-gap complexes. *Annals of Botany*, 112: 69–84, 2013.
- GIULIETTI, A. M; HARLEY, R. M; QUEIROZ, L. P; WANDERLEY M. G. L; VAN DEN BERG. C. Biodiversity and conservation of plants in Brazil. *Conservation Biology*, 19: 632–639, 2005.
- ISTA (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION). International rules for seed testing. Bassersdorf, Switzerland, 2 nd, 2004.
- JAYASURIYA, K. M. G. G; BASKIN, J. M; GENEVE, R. L; BASKIN, C. C; CHIEN, C. T. Physical dormancy in seeds of the holoparasitic angiosperm *Cuscuta australis* (Convolvulaceae, Cuscutaceae): dormancy breaking requirements, anatomy of the water gap and sensitivity cycling. *Annals of Botany*, 102: 39–48, 2008.
- JAYASURIYA, K. M. G. G; BASKIN, J. M; BASKIN, C. C. Sensitivity cycling and its ecological role in seeds with physical dormancy. *Seed Science Research*, 19: 3-13, 2009.
- KILDISHEVA, O. A; DIXON, K. W; SILVEIRA, F. A. O; CHAPMAN, T; DI-SACCO, A; MONDONI, A; TURNER, S. R; CROSS, A. T. Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology*, S256–S265, 2020.
- KISSMANN, C; SCALON, S. P. Q; FILHO, H. S; RIBEIRO, N. Tratamentos para quebra de dormência, temperaturas e substratos na germinação de *Adenantha pavonina* L. *Ciênc. Agrotec. Lavras*, v. 32, n. 2, p. 668-674, 2008.
- KLINK, C. A; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 707–713, 2005.
- LEWIS, G; SCHRIRE, B; MACKINDER, B; LOCK, M. (eds.). *Legumes of the world*. Richmond, Royal Botanic Gardens, 2005.
- LPWG, Legume Phylogeny Working Group. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny *Taxon*, 66: 44–77, 2017.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Macmillan Magazines Ltd Nature*, 403: 853–858, 2000.

- LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7^o ed, vol 1, Nova Odessa São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2016.
- MARQUES, M. A.; RODRIGUES, T. J. D.; PAULA, R. C. Germinação de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. Científica, Jaboticabal, v.32, n.2, p.141–146, 2004.
- PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. *Current. Biology*, 27: 853–909, 2017.
- POUND, L. M; AINSLEY, P. J; FACELLI, J. M. Dormancy-breaking and germination requirements for seeds of *Acacia papyrocarpa*, *Acacia oswaldii* and *Senna artemisioides* ssp. *coriacea*, three Australian arid-zone Fabaceae species *Australian Journal of Botany*, 62, 546–557. 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; FARIA J. M. R; VAZ, T. A. A; NAKAMURA, A. T; JOSÉ, A. C. Physical dormancy in *Senna multijuga* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: the role of seed structures in water uptake. *Seed Science Research* 24: 147–157, 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; MELLO, A. C. M. P; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M; OLIVEIRA, D. M. T; GARCIA, Q. S. A function for the pleurogram in physically dormant seeds. *Annals of Botany*, 123: 867–876, 2019.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; SANTOS, M. T. A; HASS, J; PASCHOAL, B. S. M; DE-PAULA, O. C. What kind of seed dormancy occurs in the legume genus *Cassia*? *Scientific Reports*, 10: 12194, 2020.
- SOUZA, M. L; FAGUNDES, M. Seed Size as Key Factor in Germination and Seedling Development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 5, 2566-2573. 2014.
- SOUZA, V. M. S; SEGATO, S. V. Superação de dormência em sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Nucleus*, v.13. 2016.
- TANG, L; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M; LUO, K; YU, X; HUANG, W; ZHANG, R; CHEN, Y. Methods of breaking physical dormancy in seeds of the invasive weed *Mimosa pudica* (Fabaceae) and a comparison with 36 other species in the genus. *PeerJ* 10: e13567. 2022.
- WILLIS, C. G; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M; AULD, J. R; VENABLE, D. L; CAVENDER-BARES, J; DONOHUE, K; CASAS, R. R. THE NESCENT GERMINATION WORKING GROUP. The evolution of seed dormancy: Environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*. 203, 300–309. 2014.

CAPÍTULO 2. A PRESENÇA DE UM ENVOLTÓRIO SEMINAL RÍGIDO NÃO IMPLICA EM DORMÊNCIA FÍSICA: O CASO DE UMA ESPÉCIE LEGUMINOSA TROPICAL

HARD SEED DOES NOT MEAN PHYSICALLY DORMANT SEED: THE CASE OF A TROPICAL SPECIES

RESUMO

Copaifera langsdorffii é uma típica espécie de clima tropical distribuída em vários biomas brasileiros, possuindo sementes escuras envoltas por um arilo alaranjado. Na literatura ocorre uma grande divergência sobre a presença ou não de dormência em suas sementes. Diversos autores relatam que as sementes desta espécie possuem dormência, existindo relatos de mais de uma classe de dormência para a espécie. No entanto, outros autores relatam que estas sementes não apresentam nenhuma classe de dormência. Devido à divergência de informações sobre as sementes dessa espécie, esse trabalho tem o objetivo de identificar se sementes de *C. langsdorffii* apresentam ou não alguma classe de dormência, se o arilo afeta o processo de germinação e se toleram o armazenamento por longos períodos. Duas coletas de sementes foram realizadas, uma em 2020 e outra em 2021 (para obtenção de sementes com arilo intacto). As sementes foram submetidas a testes de embebição pra verificar se sementes intactas absorvem água, e testes de germinação para compreensão da presença de dormência. Além disso, sementes armazenadas por 1 e 1,5 anos foram colocadas para germinar, onde avaliou-se sua germinação e sobrevivência após o armazenamento. Foram avaliados também o local de entrada de água nas sementes, o efeito da secagem sobre a imposição da dormência e a interferência do arilo na emergência de plântulas. Sementes intactas de *C. langsdorffii* absorvem água e germinam, porém a embebição é lenta. O embrião é desenvolvido e diferenciado durante a dispersão das sementes, e todo o envoltório é permeável à água. A viabilidade das sementes caiu com o armazenamento e a mortalidade aumentou, identificando que essa espécie não tolera ser armazenada em condições de laboratório por longos períodos. Essa resposta das sementes ao armazenamento também confirma a não dormência. Baixos conteúdos de água não impõe dormência nas sementes. O arilo não impede que a semente absorva água, mas apresenta prejuízos à gemação e na emergência de plântulas. Sementes de *C. langsdorffii* não apresentam nenhuma classe de dormência, e a divergência de informações na literatura se deve, provavelmente, devido à lenta absorção de água e consequente atraso na germinação.

Palavras-chave: Arilo, copaíba, dormência, germinação.

ABSTRACT

Copaifera langsdorffii is a typical species of tropical climate distributed in several Brazilian biomes, having dark seeds surrounded by an orange aril. In the literature there is a great divergence about the presence or not of dormancy in its seeds. Several authors report that the seeds of this species have dormancy, with reports of more than one class of dormancy for the species. However, other authors report that these seeds do not present any dormancy classes. Due to the divergence of information on the seeds of this species, this work aims to identify whether or not *C. langsdorffii* seeds present some dormancy, if the aril affects the germination process and if they tolerate storage for long periods. Two seed collections were carried out, one in 2020 and another in 2021 (to obtain seeds with intact arils). The seeds were submitted to imbibition tests to verify if intact seeds absorb water, and germination tests to understand the presence of dormancy. In addition, seeds stored for 1 and 1.5 years were placed to germinate, where their germination and survival after storage were evaluated. The location of water entry into the seeds, the effect of drying on the imposition of dormancy and the interference of the aril on seedling emergence were also evaluated. Intact *C. langsdorffii* seeds absorb water and germinate, but imbibition is slow. The embryo is developed and differentiated during seed dispersal, and the entire integument is permeable to water. Seed viability dropped with storage, and mortality increased, indicating that this species does not tolerate being stored under laboratory conditions for long periods. This seed response to storage also confirms the absence of dormancy. Low water contents do not impose seed dormancy. The aril does not prevent the seed from absorbing water but is harmful to germination and seedling emergence. *C. langsdorffii* seeds do not show any dormancy class, and the divergence of information in the literature is probably due to the slow absorption of water and consequent delay in germination.

Keywords: Aril, copaiba, dormancy, germination.

INTRODUÇÃO

Estruturas reprodutivas quando dispersas da planta mãe são consideradas um organismo autônomo, cujo próximo passo de seu desenvolvimento é a germinação (Ferreira e Borghetti, 2004). Para a retomada do crescimento do embrião de uma semente viável é necessário que as condições abióticas do meio onde ela está sejam favoráveis ao seu desenvolvimento (Cardoso, 2009). No entanto, esse processo não ocorre em sementes de várias espécies, pois estão dormentes. Nesse estado, as sementes mesmo viáveis e com condições ambientais propícias não germinam em um determinado período de tempo (Baskin e Baskin, 2004; 2014).

Existem cinco diferentes classes de dormência em sementes (Baskin e Baskin, 2004). Sementes com dormência fisiológica (PD) apresentam um baixo potencial de crescimento do embrião. O embrião de sementes com dormência morfológica (MD) é disperso subdesenvolvido, dessa forma ele precisa se desenvolver para que a germinação ocorra. Quando essas duas classes ocorrem em uma mesma semente é denominada dormência morfofisiológica (MPD). Sementes que possuem um envoltório impermeável à água apresentam dormência física (PY). Quando a semente possui impermeabilidade de seu envoltório e baixo potencial de crescimento do embrião elas possuem dormência combinada (PD+PY). Existem também sementes sem dormência (ND), aptas a germinar quando as condições forem favoráveis (Baskin e Baskin, 2004; 2014).

A dormência tem essencial papel ecológico para as espécies que as possui, pois evita que a semente germine em condições que não são favoráveis para o desenvolvimento da plântula (Willis et al., 2014). Alguns estímulos ambientais são necessários para que a germinação de sementes anteriormente dormentes ocorra, como luz e alternância de temperatura (Finch-Savage e Leubner-Metzger, 2006). A dormência pode ser uma característica vantajosa para as espécies, reduzindo o risco de extinção local, permitindo a colonização de locais sazonalmente diferentes, contribuindo para a germinação em condições ambientais favoráveis e para a manutenção de bancos de sementes no solo (Pereira et al., 2010; Willis et al., 2014). Sementes ortodoxas (tolerantes à dessecação) dormentes apresentam vantagem pois podem ficar viáveis por longos períodos de tempo e com um baixo conteúdo de água (Ferreira e Borghetti, 2004; Baskin e Baskin, 2014). No entanto, a dormência pode ser um problema, quando necessário uma rápida propagação da espécie ou quando as sementes são recalcitrantes (intolerantes à

dessecação), perdendo a viabilidade antes de superarem a dormência (Ferreira e Borghetti, 2004).

Se a germinação da maioria das sementes de uma espécie ocorrer em até quatro semanas em diferentes condições, ela é considerada não dormente (Baskin e Baskin, 2014), e muitas espécies dispersam suas sementes sem dormência (Baskin e Baskin, 2005). Sementes sem dormência conseguem germinar em diferentes condições do meio em que estão inseridas, não necessitando de estímulos ambientais para iniciar este processo (Baskin e Baskin, 2014; Willis et al., 2014). Espécies com sementes não dormentes conseguem colonizar novos ambientes por não necessitarem de superação de dormência em suas sementes, escapando da competição com outros indivíduos e evitando a predação das sementes (Willis et al., 2014).

Copaifera langsdorffii Desf. é uma espécie arbórea popularmente conhecida por copaíba, óleo-de-copaíba ou pau-de-óleo (Carvalho, 2003; Lorenzi, 2016). Essa espécie apresenta ampla distribuição no território brasileiro e em países vizinhos, Argentina, Bolívia e Paraguai (Carvalho, 2003). Copaíba tem produção supra anual de sementes, com um ano com grande produção e outro com pouca ou nenhuma produção de sementes (Newstrom et al., 1994; Pedroni et al., 2002). As sementes da espécie apresentam comportamento ortodoxo e uma lenta germinação (Pereira et al., 2014; Souza e Fagundes 2014), entretanto, há pouca informação detalhada verificando se este atraso na germinação é devido à presença de dormência ou não.

Existe um conflito na literatura sobre a presença ou não de dormência nas sementes de *C. langsdorffii*. Alguns autores relataram que as sementes possuem dormência ou necessitam de tratamentos pré-germinativos para que possam germinar (Fowler e Bianchetti, 2000; Bezerra et al., 2002; Carvalho, 2003; Pereira et al., 2007; 2009; Mori et al., 2012; Silva et al., 2016). Pereira et al. (2009) relatam que as sementes de copaíba possuem mais de uma classe de dormência. Entretanto, outros autores descreveram essa espécie como não possuindo sementes dormentes (Barbosa et al., 1992; Noletto et al., 2010; Souza et al., 2015; Lorenzi, 2016; Daibes et al., 2019). Para essa espécie foi relatada a presença de dormência tegumentar, química, PD e PY (Fowler e Bianchetti, 2000; Carvalho, 2003; Pereira et al., 2007; 2009; Mori et al., 2012; Silva et al., 2016). Outros autores identificam que o arilo pode interferir na germinação das sementes dessa espécie. De acordo com Carvalho (2003) e Souza et al. (2015), existe necessidade da remoção do arilo para que a semente possa germinar, devido à presença de substâncias inibitórias à germinação.

Com a grande divergência de informação que é encontrada na literatura, o presente trabalho tem o objetivo de esclarecer se há ou não dormência nas sementes de *C. langsdorffii*. Para isto, avaliamos se tratamentos pré-germinativos são eficientes para estímulo da germinação dessas sementes, se o tamanho das sementes bem como o armazenamento interferem na germinação, se a redução do conteúdo de água das sementes poderia induzir dormência, e se o arilo afeta o processo de germinação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta e beneficiamento das sementes

Sementes de *C. langsdorffii* foram coletadas em 2020, nos meses de agosto e setembro durante o período de dispersão natural na cidade de Iraí de Minas (18° 59' 23" S, 47° 28' 33" O). O arilo (quando ainda presente) foi removido manualmente. As sementes foram mantidas em potes plásticos sem tampas até o início dos experimentos em fevereiro de 2021. Em 2021 ocorreu uma segunda coleta no mesmo local e período do ano, para obtenção de sementes com o arilo intacto. Esse lote foi levado ao laboratório para realização de testes que se iniciaram logo após a coleta, para compreender a influência do arilo sobre a germinação das sementes.

Caracterização física e fisiológica das sementes

Utilizando uma balança de precisão (0,0001g) foi mensurado o peso médio das sementes e o conteúdo de água. Para o peso médio, 200 sementes de cada lote coletado foram mensuradas. O conteúdo de água das sementes coletadas nos dois anos foi realizado com o uso da estufa a 103°C por 17h (ISTA, 2004), com as sementes sendo pesadas antes e depois da secagem, utilizando quatro repetições de 5 sementes cada. As sementes foram analisadas em estereomicroscópio quanto à presença/ausência de endosperma, tipo de embrião e as estruturas no envoltório (lente, hilo e micrópila).

Investigação da presença ou ausência de dormência nas sementes

Para caracterizar a presença ou não da dormência na espécie foram realizados testes de germinação com sementes intactas (sem o arilo) e escarificadas (com lixa d'água) para os dois anos de coleta. Para as sementes coletadas em 2021 foi realizado um tratamento adicional, utilizando as sementes intactas com o arilo presente. Dois tratamentos pré-

germinativos foram empregados nas sementes do ano de 2020, imersão em água quente a 100°C durante 15 segundos e 80°C (temperatura inicial, a fonte de calor foi desligada após atingir esta temperatura) por 15 minutos. As sementes foram mantidas em caixas Gerbox® com duas folhas de papel umedecido a 25 °C e luz constante para avaliação da germinação. Quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento foram utilizadas. A avaliação da germinação ocorreu a cada 3 dias durante um período de 30 dias, sendo consideradas germinadas as sementes que apresentaram protusão radicular. Foram avaliadas sementes germinadas, embebidas, intactas (sem embebição) e mortas.

Testes de embebição também foram realizados. Sementes coletadas em 2020 foram separadas em dois grupos (sementes intactas e escarificadas), com vinte e cinco sementes para cada grupo. Para as sementes de 2021, foram separados três grupos (intactas sem arilo, escarificadas sem arilo e sementes intactas com arilo). Todas as sementes foram pesadas individualmente e colocadas em condições de germinação a 25°C com luz constante, sendo pesadas em diferentes intervalos até 240 horas. Antes de cada pesagem o excesso de água foi removido com papel absorvente. Sementes intactas que absorverem água comprovam que as sementes não possuem PY, caso o contrário ocorra, estas sementes apresentam PY.

O efeito do tamanho das sementes na absorção de água

A proposta deste experimento foi investigar se o tamanho das sementes poderia influenciar na presença ou não de PY. Sementes do ano de 2020 foram separadas em dois grupos: 1) sementes grandes e, 2) sementes pequenas. A separação desses grupos ocorreu com o auxílio de uma balança de precisão (0,0001g), com sementes grandes possuindo 0,7568 g de massa média e as pequenas 0,2865 g. Vinte e cinco sementes para cada grupo foram colocadas em caixas Gerbox® com duas folhas de papel umedecido a 25 °C e luz constante e pesadas individualmente durante 240 horas.

Efeito do armazenamento na germinação das sementes

Sementes intactas sem arilo do lote de 2020 foram colocadas para germinar após 1, 1,5 e 2 anos de armazenamento em condições de laboratório (25 °C±3 °C). As sementes foram mantidas em Gerbox® com papel umedecido a 25°C e luz constante. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes cada, e a avaliação ocorreu a cada três dias

em um período de 30 dias. Os resultados desse teste foram comparados com o teste de germinação inicial com o objetivo de avaliar a viabilidade e tolerância das sementes ao armazenamento da espécie, bem como avaliar se há indução da dormência nestas condições.

Investigação da entrada de água nas sementes

Para investigação da entrada de água através do envoltório das sementes o teste de rastreamento do corante, utilizando azul de metileno 0,1% [modificado de Johansen (1940)] foi empregado. As sementes foram imersas em corante por 48h, secas em papel absorvente e após seccionadas longitudinalmente para análise sob estereomicroscópio. A presença do corante e seu trajeto nos tecidos foram observados para identificação da entrada de água na semente.

Em um segundo experimento, estruturas do envoltório das sementes foram bloqueadas para confirmar se a água penetra a semente por local específico. Foram realizados cinco tratamentos utilizando supercola (Cianoacrilato de etila) para bloqueio das seguintes estruturas: lente; micrópila; hilo+micrópila; e toda região hilar (lente+hilo+micrópila), o bloqueio foi realizado com o auxílio de uma pinça, onde a supercola foi colocada nas estruturas, bloqueando-as. O tratamento controle foram as sementes sem bloqueio. Após o bloqueio as sementes ficaram 48 h secando em condições de laboratório. Vinte e cinco sementes de cada tratamento foram pesadas individualmente e em seguida colocadas em caixa Gerbox[®] com papel de umedecido e mantidas a 25°C. As sementes foram pesadas nos intervalos de: 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 dias. Antes de cada pesagem a semente teve a água superficial removida com papel absorvente. A variação da massa das sementes foi avaliada individualmente ao longo de todo o período de avaliação.

Efeito da secagem sobre a germinação e dormência das sementes

Este experimento apresenta a proposta de investigar se a secagem pode induzir a dormência em sementes de *C. langsdorffii*. As sementes do lote de 2020, foram mantidas em um recipiente (capacidade 5 litros) vedado e contendo sílica (826g) por 0, 1, 2, 4, 8, 12 e 16 dias. As sementes foram mantidas nesta caixa de secagem a 23 °C e 4,9% de umidade relativa, sobre placas de Petri (seis) contendo 45 sementes cada. Após cada dia

de secagem uma placa de Petri contendo as sementes foi retirada, sendo 20 sementes (quatro repetições de 5 sementes) para determinação do conteúdo de água (ISTA, 2004) e 25 sementes utilizadas para avaliação individual da massa após a secagem e após cinco dias de embebição em condições de germinação (com base em testes anteriores de curva de embebição para a espécie). Para as sementes secas por 8, 12 e 16 dias uma pesagem adicional foi realizada após 10 dias de embebição.

Influência do arilo e da escarificação na emergência de plântulas

Sementes do ano de 2021 foram separadas em três grupos (sementes com arilo intacto; sementes sem arilo; e sementes escarificadas sem arilo) e colocadas em tubetes contendo terra do Cerrado e mantidas em estufa com filtragem de 50% da luz solar, irrigação diária e sob condições de temperatura ambiente. As sementes foram enterradas a uma profundidade de 2 cm. A avaliação da emergência foi realizada semanalmente durante 24 semanas.

Análise estatística

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para determinar a significância dos tratamentos aplicados nas sementes (SISVAR versão 5.6) seguido de Teste de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparação das médias.

RESULTADOS

Caracterização física e fisiológica das sementes

Sementes coletadas em 2020 apresentaram valores médios de massa de 0,49 g e um conteúdo de água de 11,36%. O lote de 2021 apresentou média de 0,59 g por semente e 11,62% de conteúdo de água. O arilo das sementes de *C. langsdorffii* possui coloração amarelo-alaranjado envolve parcialmente a semente de coloração negra, recobrando o hilo e a micrópila (Fig. 1A, B). A semente tem o formato elipsóide, com ausência de endosperma (exalbuminosa), e embrião diferenciado e desenvolvido logo após a dispersão (Fig. 1C). A região hilar apresenta lente, hilo e micrópila alinhados, com uma micrópila inconspícua (Fig. 1D). A região do envoltório onde está localizada a lente apresenta um maior espessamento (Fig. 1C).

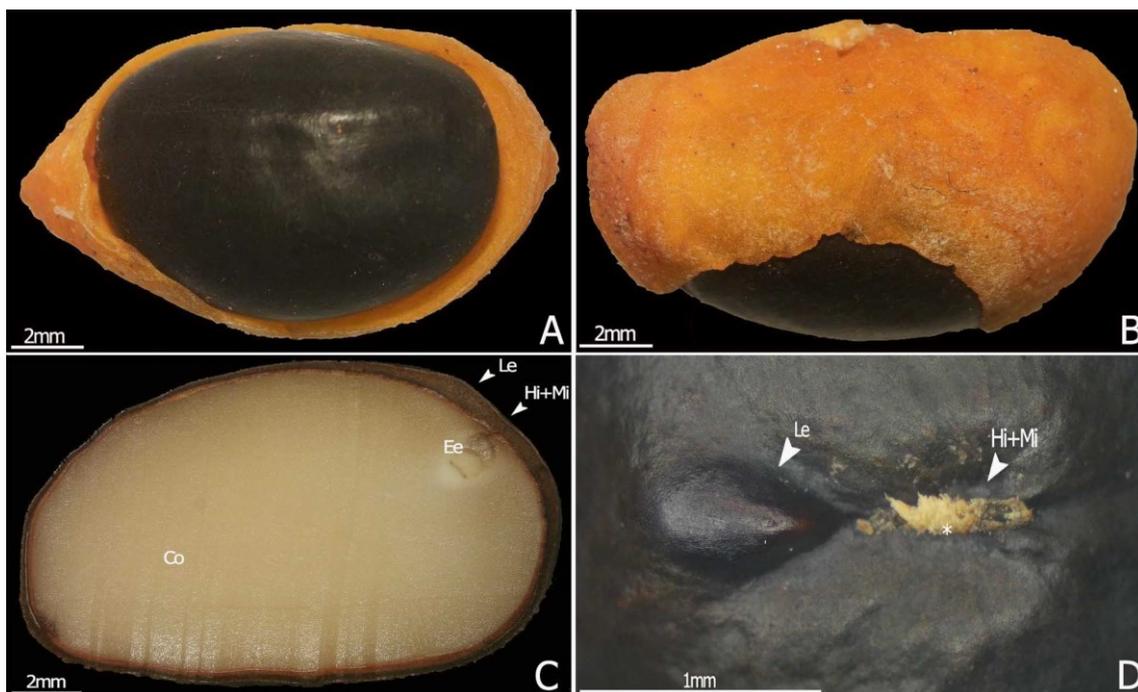


Figura 1. Semente de *C. langsdorffii* sob estereomicroscópio. Sementes com arilo intacto (A, B). Secções longitudinais de semente evidenciando o embrião (C). Detalhes da região hilar, evidenciando a lente, hilo e micrópila (D). Co: cotilédone, Ee: eixo embrionário, Le: lente, Mi+Hi: micrópila e hilo, * Resquício de arilo.

Investigação da presença ou ausência de dormência nas sementes

Para a coleta de 2020, tanto as sementes intactas quanto aquelas que passaram por escarificação mecânica apresentaram altas taxas de germinação, não diferindo entre si, com 71% de germinação para as sementes intactas e 67% para as escarificadas (Fig. 2A). As sementes submetidas ao tratamento pré-germinativo 80°C/15 min apresentaram taxa de germinação similar ao observado em sementes intactas. No entanto, estes valores foram significativamente reduzidos quando as sementes foram submetidas ao tratamento pré-germinativo de 100°C/15 s (Fig. 2A). As sementes intactas e escarificadas do lote de 2021 apresentaram valores médios de germinação de 43 e 9% respectivamente (Fig. 2B). Em relação às sementes com arilo, estas obtiveram 23% de germinação, diferindo estatisticamente do percentual para as sementes intactas.

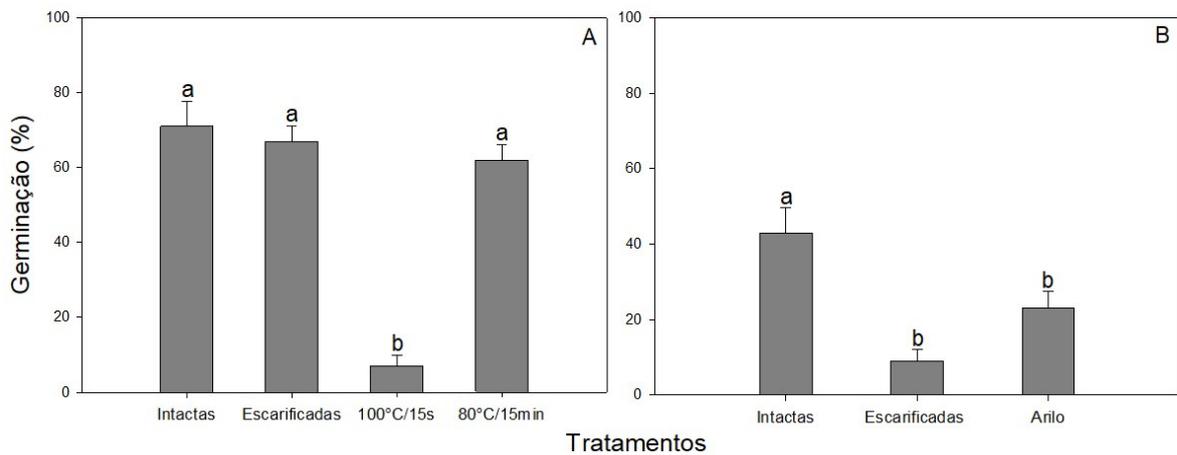


Figura 2. Percentual de germinação de sementes de *Copaiifera langsdorffii* submetidas a diferentes tratamentos. (média \pm erro padrão). Sementes coletadas em 2020 (A), sementes coletadas em 2021 (B). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Sementes escarificadas absorveram água rapidamente, em ambos os lotes de sementes, iniciando a absorção logo após 3 h e ultrapassando os 100% de aumento de massa após as 240 h de embebição (Fig. 3A, B). Sementes intactas apresentaram um padrão mais lento de absorção de água, quando comparadas às escarificadas, iniciando sua embebição por volta de 48 h em contato com água (Fig. 3A, B). No entanto, as sementes intactas também apresentaram um grande aumento de massa ao final da avaliação, com 83% e 63% de incremento para os lotes de 2020 e 2021, respectivamente (Fig. 3A, B). Sementes intactas e escarificadas de ambos os lotes apresentaram diferenças estatísticas entre si em relação à massa ao final da avaliação.

A presença do arilo não impediu a absorção de água pelas sementes (Fig. 3B). O grande aumento de massa nas horas iniciais ocorreu devido à absorção de água pelo arilo, diminuindo com o passar do tempo devido a sua degradação. Em relação ao tamanho, sementes pequenas e grandes não diferiram estatisticamente entre si em relação à absorção de água ao final das 240h de embebição (Fig. 3C). Sementes pequenas alcançaram 95% de aumento de massa, enquanto que houve um incremento de 87% para as sementes grandes.

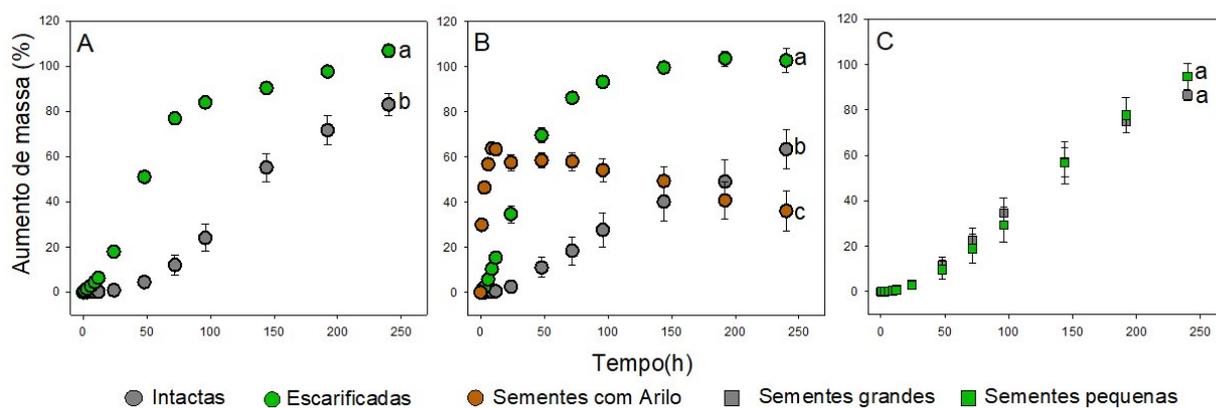


Figura 3. Percentual de aumento de massa em sementes de *Copaifera langsdorffii* (média \pm erro padrão). Sementes coletadas em 2020 (A). Sementes coletadas em 2021 (B). Sementes grande e pequenas (lote 2020) (C). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Para identificar se houve aumento de massa para todas as sementes intactas (não somente no valor médio), os valores foram apresentados na Figura 4. Em ambos os gráficos, é possível observar que algumas sementes chegaram e até ultrapassaram os 100% de ganho de massa ao final de 240 h de embebição. A maioria das sementes ultrapassaram o ganho de 50% de massa, porém algumas sementes apresentaram pouco aumento até as 240h de embebição. No lote 2020, uma semente aumentou apenas 2% de sua massa e no lote 2021, sete sementes não ultrapassaram os 3% de aumento de massa (Fig. 4A, B).

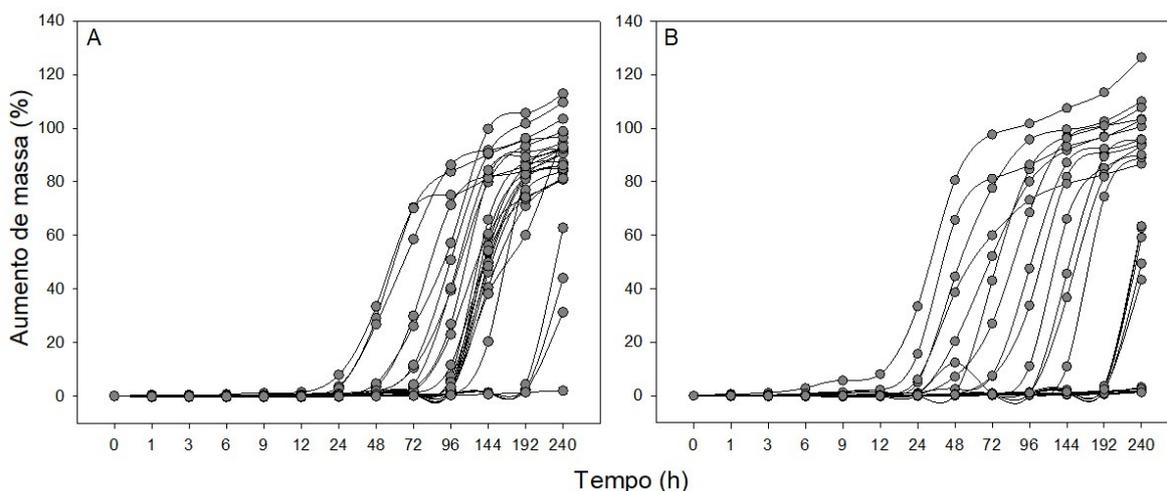


Figura 4. Variação individual de massa para todas as sementes intactas dos lotes 2020 (A) e de 2021 (B) ao longo de 240h de embebição.

Efeito do armazenamento na germinação das sementes

Sementes intactas recém colhidas, armazenadas por 1 e 1,5 anos iniciaram a germinação entre o sexto e nono dia (Fig. 5). A germinação das sementes armazenadas por 1 e 1,5 anos decaiu quando comparadas às recém colhidas. Ao final do experimento as sementes recém colhidas apresentaram 71% de germinação, enquanto as armazenadas por 1 e 1,5 anos apresentaram 57% e 42% de germinação, respectivamente (Fig. 5A). A redução do percentual de germinação das sementes ocorreu devido ao aumento da mortalidade nos testes de germinação das sementes que foram armazenadas. As sementes recém colhidas apresentaram 16% de mortalidade, enquanto que este percentual alcançou 36 e 40% com o armazenamento por 1 e 1,5 anos, respectivamente, mas não diferindo estatisticamente (Fig. 5B).

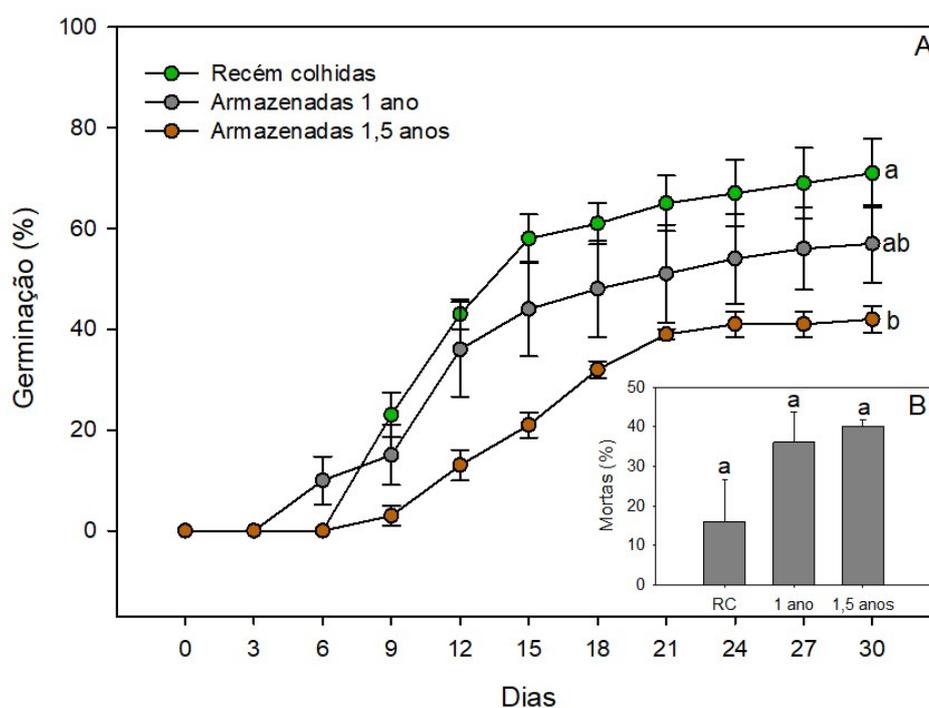


Figura 5. Germinação (A) e mortalidade (B) de sementes intactas de *C. langsdorffii* recém colhidas, armazenadas por 1 e 1,5 anos. (média \pm erro padrão). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Investigação da entrada de água nas sementes

Na Figura 6 uma semente de *C. langsdorffii* seccionada longitudinalmente após 48h de imersão no corante está detalhada. Os cotilédones recobrem a maioria do conteúdo interno da semente, sendo o eixo embrionário diferenciado e bem visível (Fig. 6A). O corante penetrou os tecidos internos da semente intacta através do hilo e da micrópila, com a coloração azul mostrando o trajeto que o corante penetrou nos tecidos da semente (Fig. 6A, B).

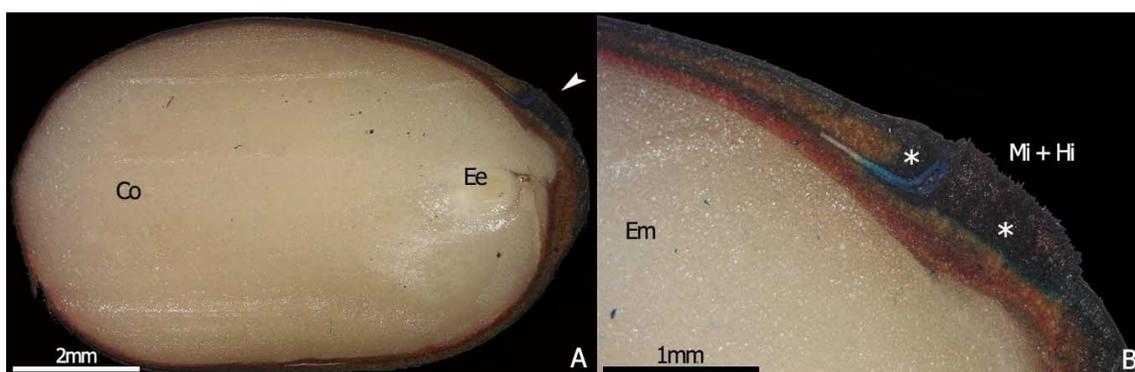


Figura 6. Secção longitudinal da semente de *C. langsdorffii* sob estereomicroscópio evidenciando a entrada do corante azul de metileno (seta) na região hilar (A). Detalhes da região hilar, com destaque para a coloração azulada dos tecidos (*) (B). Co: cotilédone, Ee: eixo embrionário, Em: embrião, Mi+Hi: micrópila e hilo.

A obstrução das estruturas não impediu a absorção de água pela semente, entretanto, as taxas de entrada de água apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos (Fig. 7). As sementes com a micrópila ou com a lente bloqueadas apresentaram maior absorção de água, sendo superior ao grupo controle (sem bloqueio). Com a micrópila bloqueada as sementes tiveram aumento de 117% de massa após 15 dias de embebição, com 114% de aumento quando a lente foi bloqueada e 107% para o grupo controle. As sementes que tiveram o hilo+micrópila bloqueados apresentaram menor aumento de massa dentre todos os tratamentos ao final de 15 dias de embebição (84% de aumento), sendo seguido pelo tratamento com toda a região hilar bloqueada (lente+hilo+micrópila), com 98% de aumento de massa (Fig. 7). No entanto, mesmo havendo diferenças, a variação da absorção de água foi pouca entre os tratamentos.

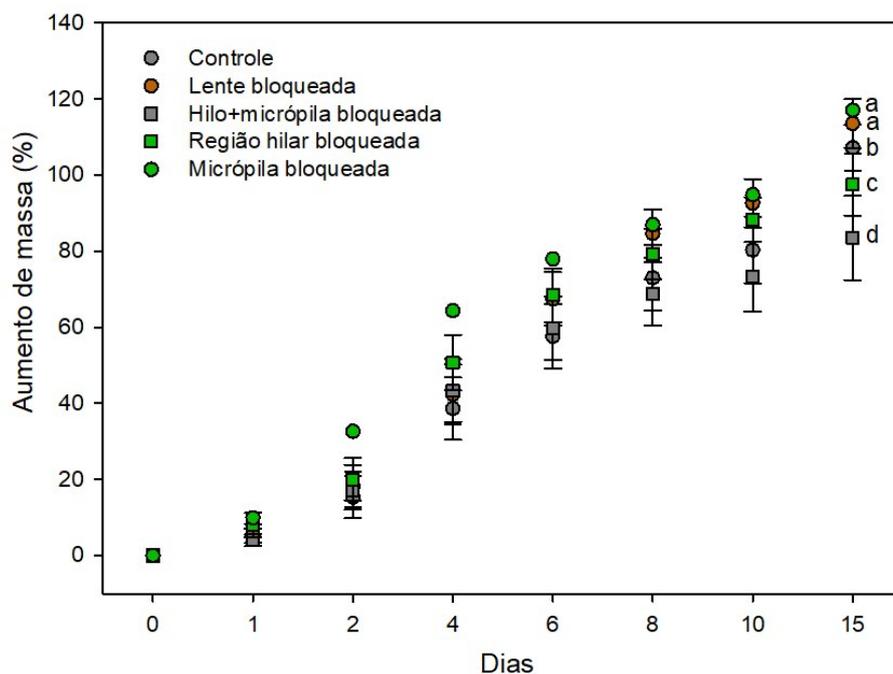


Figura 7. Aumento de massa em sementes com e sem bloqueio das estruturas do envoltório (média \pm erro padrão). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Efeito da secagem sobre a germinação e dormência das sementes

O conteúdo de água das sementes do dia zero (grupo controle, sem secagem) foi de 11,4% (Fig. 8A). O percentual de água nas sementes decaiu até o décimo segundo dia, tendo um pequeno aumento no décimo sexto dia. O conteúdo de água das sementes foi de 10,5% após um dia de secagem, 10,3% após o segundo dia, 9,2% no quarto dia, 8,5% no oitavo, 7,9% no décimo segundo e 8,5% no décimo sexto dia (Fig. 8A). As médias de aumento de massa após cinco dias de embebição para as sementes em condições de germinação após a secagem estão na Figura 8A. O grupo controle apresentou 49% de aumento de massa, enquanto que após 1, 2, 4, 8, 12 e 16 dias de secagem as sementes obtiveram 42, 36, 38, 14, 32 e 28% de incremento de massa, respectivamente, quando colocadas em condições de germinação. Os valores do aumento de massa das sementes do 8°, 12° e 16° dia de secagem, após dez dias de embebição estão na Figura 8B. Houve incremento de 40, 48 e 55% na massa das sementes dos tratamentos de 8°, 12° e 16° dias de secagem.

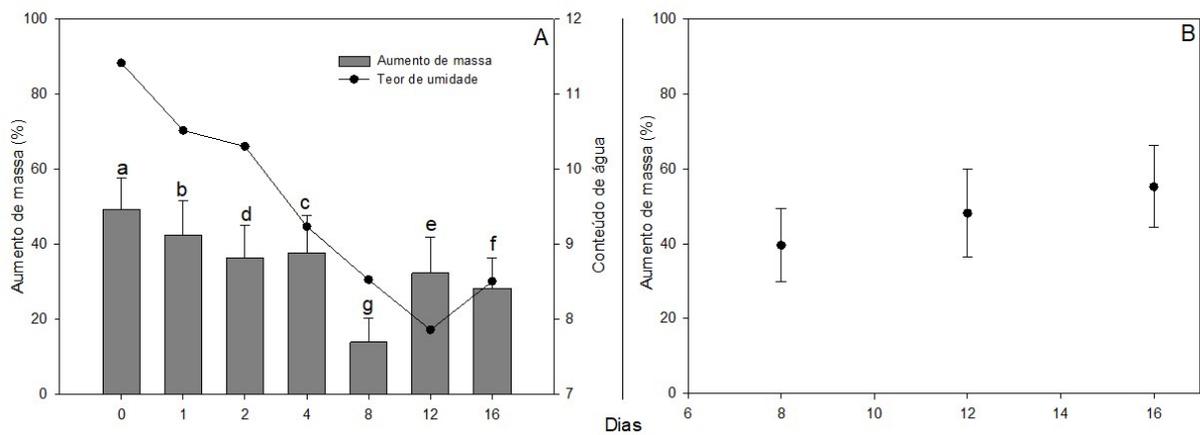


Figura 8. Conteúdo de água e massa (após 5 dias de embebição) em sementes após secagem em sílica por diferentes períodos (A). Aumento de massa em sementes após secagem em sílica por diferentes períodos e posterior embebição (por 10 dias) (média \pm erro padrão). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Influência do arilo e da escarificação na emergência de plântulas

As plântulas oriundas de todos os tratamentos iniciaram sua emergência na segunda semana de avaliação. Sementes intactas (sem arilo) e escarificadas apresentaram maior emergência de plântulas nas primeiras semanas, em comparação com as sementes com arilo (Fig. 9). Ao longo do experimento, o tratamento das sementes intactas apresentou maior porcentagem de emergência em relação aos demais, atingindo 25% de emergência ao final de 24 semanas. Este valor foi atingindo na oitava semana, estabilizando após este período. Para o tratamento de escarificação mecânica houve estabilização da germinação na quarta semana, enquanto que, para o tratamento das sementes com arilo, emergências esporádicas ocorreram até a décima primeira semana, estabilizando este percentual. As sementes escarificadas e as com arilo não diferiram estatisticamente entre si, apresentando 15% de emergência de plântulas (Fig. 9).

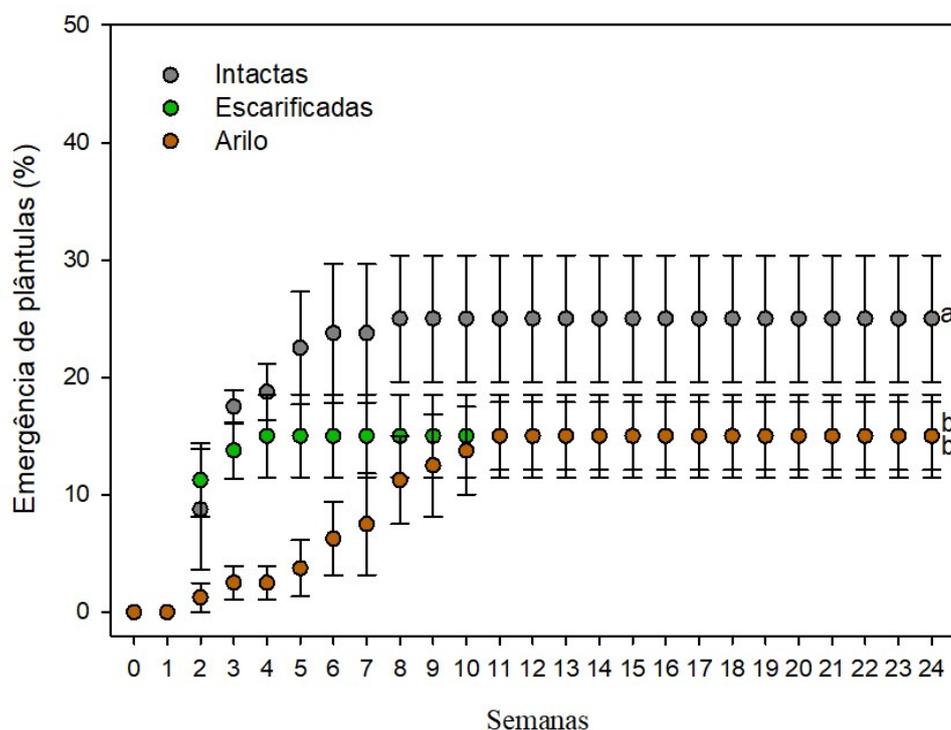


Figura 9. Emergência de plântulas de *Copaifera langsdorffii* (Lote 2021), oriundas de sementes intactas sem arilo (●), escarificadas sem arilo (●) e intactas com arilo (●) (média ± erro padrão). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

DISCUSSÃO

O embrião das sementes de *C. langsdorffii* é totalmente diferenciado, demonstrando que essa espécie não apresenta MD nem MPD (Fig. 1C). Sementes intactas conseguem germinar sem o uso de tratamentos pré-germinativos (Fig. 2), demonstrando que não existem inibidores para a germinação e seu embrião consegue romper os tecidos que o envolvem. Diferente do relatado por Pereira et al. (2009), que descreve que essa espécie possui PD, PY e dormência química, uma classe que não é mais utilizada na classificação de dormência, de acordo com Baskin e Baskin (2004). Nossos resultados mostraram que as sementes de *C. langsdorffii* não apresentam PD nem PD+PY.

Sementes com PY não absorvem água (Baskin e Baskin, 2004). Para identificar esse tipo de dormência nas sementes o teste de embebição é realizado (Baskin e Baskin, 2014), sementes com envoltório impermeável não ganham massa nesse teste. Nas Figuras 3 e 4 fica evidente o aumento da massa das sementes intactas de *C. langsdorffii*, comprovando que essa espécie possui um envoltório permeável à água. Algumas sementes só embebem após 192h em contato com água (Fig. 4), não possuindo impermeabilidade, mas apenas uma lenta absorção de água, como relatado por Souza e

Fagundes (2014). Devido ao seu lento ganho de massa, alguns autores classificam essa espécie com PY ou dormência tegumentar (Fowler e Bianchetti, 2000; Pereira et al., 2007, 2009; Mori et al., 2012), sendo demonstrado neste presente trabalho a não ocorrência de dormência na espécie.

Em sementes com PY, existem estruturas que formam canais específicos para a entrada de água (Gama-Arachchige et al., 2013; Baskin e Baskin, 2014), enquanto que sementes sem PY apresentam envoltório permeável (Taylor, 2005). Neste trabalho, todas as sementes que tiveram suas estruturas bloqueadas absorveram água, demonstrando que todo o envoltório das sementes de *C. langsdorffii* é permeável à água. No entanto, pode ocorrer um fluxo principal na região do hilo e da micrópila, pois quando toda essa região é bloqueada as sementes absorvem menos água. Outro indício da entrada de água ocorrer principalmente nessa região foi observado através do rastreamento do corante, que penetrou primeiramente nessa região. Em sementes não dormentes de *Acacia gilliensis* e *A. praecox* a água entra por todo envoltório (Venier et al., 2011). Chen et al. (2019) descreve que em nove espécies de *Carangana* (Fabaceae) não dormentes, a água consegue penetrar por todo envoltório.

Carvalho et al. (2018) descreveram que a germinação das sementes de copaíba é irregular. O tratamento pré-germinativo 100°C por 15 s causou alta taxa de mortalidade nas sementes, diferente do resultado obtido por Daibes et al. (2019) onde 85% das sementes tratadas a 100°C por 1 min germinaram. Carvalho (2003) e Souza et al. (2015) citam que é necessária a retirada do arilo para que a germinação das sementes ocorra, pois ele apresenta substâncias que a inibem. O arilo foi prejudicial à germinação das sementes (Fig. 2B), sendo necessária à sua remoção para um maior percentual de germinação, entretanto a sua presença não impede a absorção de água pelas sementes.

Plântulas oriundas de sementes com arilo levaram mais tempo para sua emergência. Carvalho (2003) e Souza et al. (2015) descrevem que o arilo precisa ser removido para germinação das sementes, pois possuem substâncias que inibem a germinação. A germinação e a emergência de plântulas também podem ser impedidas pela proliferação de fungos que ocorre devido à presença do arilo, por ser uma estrutura carnosa. Souza et al. (2015) observaram que sementes com arilo intacto não apresentavam germinação. No entanto, no trabalho de Pereira et al. (2009), sementes com o arilo intacto apresentaram 89% de emergência de plântulas.

O tamanho das sementes de copaíba também não interfere na absorção de água. No entanto, Souza e Fagundes (2014) descreveram que sementes de copaíba menores

absorvem água mais rapidamente e germinam primeiro que sementes grandes. Rodrigues-Junior et al. (2018) concluíram que o tamanho das sementes influencia na germinação, com sementes maiores de *Senna multijuga* germinando primeiro que sementes pequenas, mas para aquelas que apresentam dormência física

O armazenamento em condições de laboratório ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) foi prejudicial para as sementes. A germinação decaiu e a mortalidade aumentou com o armazenamento. Isto comprova também que não há dormência nas sementes da espécie. Sementes ortodoxas dormentes tendem a aumentar a germinabilidade com o armazenamento, o que não ocorreu com *C. langsdorffii*. Eira et al. (1992) descrevem que as sementes de *C. langsdorffii* podem ser armazenadas por longos períodos em temperaturas abaixo de zero sem que percam sua viabilidade, possibilitando o seu armazenamento em bancos de germoplasma (Eira et al., 1992), pois apresentam comportamento ortodoxo (Pereira et al., 2014; Souza e Fagundes, 2014).

O conteúdo de água das sementes secas de *C. langsdorffii* não chegaram a níveis menores que 7,5%. O baixo conteúdo de água atrasou a embebição das sementes, mas não a impediu, não impondo dormência nessas sementes. Com baixo conteúdo de água as sementes demoram mais a embeber, levando mais dias para a germinação. Eira et al. (1992) descreveram que sementes de *C. langsdorffii* toleram baixos conteúdos de água, em torno de 4 a 5%, permanecendo viáveis, diferindo dos valores obtidos nesse trabalho.

Além das sementes de *C. langsdorffii*, outras espécies do gênero *Copaifera* também apresentam sementes sem dormência, como é o caso de *C. trapezifolia* (Carvalho, 2003), *C. multijuga* (Brum et al., 2009), *C. oblogifolia* (Daibes et al., 2019) e *C. duckei* (Do Nascimento et al., 2021). Esta informação é um indicativo de que a dormência pode não ser presente nas sementes deste gênero, mesmo com a PY sendo recorrente na família Leguminosae.

Conclui-se neste trabalho que sementes de *Copaifera langsdorffii* não apresentam nenhuma classe de dormência, a água entra em seus tecidos internos por todo envoltório, o arilo interfere na germinação, mas não na embebição. O tamanho da semente não interfere na absorção de água e tratamentos de superação de dormência podem diminuir a germinação dessas sementes não dormentes. As sementes não toleram o armazenamento em condições de laboratório por longos períodos e baixos conteúdos de água não induzem dormência nessas sementes.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. M; AGUIAR, I. B; SANTOS, S. R. G. Maturação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. Anais - 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. 1992.
- BASKIN, J. M; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research, 14: 1–16, 2004.
- BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. Seed dormancy in trees of climax tropical vegetation types. Tropical Ecology, v.46 n.1,17–28, 2005.
- BASKIN, C. C; BASKIN, J. M. Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. 2nd. ed. Elsevier: Amsterdam, 2014.
- BEZERRA, A. M. E; MEDEIROS, S. F; MOREIRA, M. G; MOREIRA, F. J. C; ALVES, T. T. L. Germinação e desenvolvimento de plântulas de copaíba em função do tamanho e da imersão da semente em ácido sulfúrico. Revista Ciência Agronômica 33: 5-12. 2002.
- BRUM, H. D; CAMARGO, J. L. C; FERRAZ, I. D. K. Copaíba-roxa, *Copaifera multijuga* Hayne. In: Manual de sementes da Amazônia (Ferraz, I. D. K.; Camargo, J. L. C. Ed.). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. Fascículo 9. p. 2- 11. 2009.
- CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. Oecologia. Brasiliensis, 13(4): 619–630, 2009.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras. 1º ed, vol 1, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo, PR. Embrapa Florestas, 2003.
- CARVALHO, F. J; SANTANA, D. G; ARAÚJO, L. B. Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? Journal of Seed Science, v.40, n.3, p.281-287, 2018.
- CHEN, D; ZHANG, R; BASKIN, C. C; HU, Z. Water permeability/impermeability in seeds of 15 species of *Caragana* (Fabaceae). PeerJ 7: e6870. 2019.
- DAIBES, L. F; PAUSAS, J. G; BONANI, N; NUNES, J; SILVEIRA, F. A. O; FIDELIS, A. Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors. Annals of Botany, 123: 1219–1229, 2019.
- DO NASCIMENTO, E. V; BONILLA, O. H; DE LUCENA, E. M. P; REBOUÇAS FILHO, J. V; PINHEIRO, H. B; DO NASCIMENTO, Y. A. P; DE FARIAS, S. C. Superação de dormência em sementes de *Copaifera duckei* Dwyer (Fabaceae). Brazilian Journal of Development, 7(3), 33338-33356. 2021.
- EIRA, M. T. S; SALOMÃO, A. N; CUNHA, R; MELLO, C. M. C; TANAKA, D. M. Conservação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. Leguminosae. Anais - 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas. 1992.
- FERREIRA, A. G; BORGHETTI, F. Germinação do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FINCH-SAVAGE, W. E; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. New Phytologist 171: 501–523. 2006.

- FOWLER, J. A. P; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. Colombo: Embrapa Florestas. 2000.
- GAMA-ARACHCHIGE, N. S; BASKIN, J. M; GENEVE, R. L; BASKIN, C. C; Identification and characterization of ten new water gaps in seeds and fruits with physical dormancy and classification of water-gap complexes. *Annals of Botany*, 112: 69–84, 2013.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. Bassersdorf, Switzerland, 2 nd, 2004.
- JOHANSEN, D. A. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, Inc: London; 530p, 1940.
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7ª ed, vol 1, Nova Odessa São Paulo: Instituto Plantarum de estudos da flora, 2016.
- MORI, E. S; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M; DE FREITAS, N. P. Sementes florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas. Instituto Refloresta, 2012.
- NEWSTROM, L. E; FRANKIE, G. W; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, v.26, n.2, p.141-159, 1994.
- NOLETO, L. G; PEREIRA, M. F. R; AMARAL, L. I. V. A. Alterações estruturais e fisiológicas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf-Leguminosae-Caesalpinioideae submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, p. 45-59, 2010.
- PEDRONI, F; SANCHEZ, M; SANTOS, F. A. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.2, p.183-194, 2002.
- PEREIRA, I. M; ALVARENGA, A. P; BOTELHO, A. B. Banco de sementes do solo, como subsídio à recomposição de mata ciliar. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 721-730, 2010.
- PEREIRA, R. S; SANTANA, D. G; RANAL, M. A. Emergência de plântulas oriundas de sementes recém colhidas e armazenadas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (CAESALPINIOIDEAE), triângulo mineiro, Brasil. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.643-652, 2009.
- PEREIRA, R. S; RANAL, M; DORNELES, M. C; SANTANA, D. G; BORGES, K. C. F. E; CARVALHO, M. P. Emergência de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1005-1007. 2007.
- PEREIRA, W. V. S; FARIA, J. M. R; TONETTI, O. A. O; SILVA, E. A. A. Loss of desiccation tolerance in *Copaifera langsdorffii* Desf. seeds during germination. *Braz. J. Biol.* vol. 74, no. 2, p. 501-508. 2014.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G; MELLO, A. C. M. P; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M; OLIVEIRA, D. M. T; GARCIA, Q. S. Why large seeds with physical dormancy become nondormant earlier than small ones. *PLOS ONE* 13(8): e0202038. 2018.

- SILVA, C. A.; TEIXEIRA, A. L.; GOMES, R. L. A.; MARQUES, F. R. O.; SILVA, A. A. S.; SILVA, A. C. A. Effects of pre-germination treatments on *Copaifera langsdorffii* seeds. African Journal of Agricultural Research, v. 11, n. 40, p. 4027-4030. 2016.
- SOUZA, M. L.; FAGUNDES, M. Seed Size as Key Factor in Germination and Seedling Development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). American Journal of Plant Sciences, 5, 2566-2573. 2014.
- SOUZA, M. L.; SILVA, D. R. P.; FANTECELLE, L. B.; FILHO, J. P. L. Key factors affecting seed germination of *Copaifera langsdorffii*, a Neotropical tree. Acta Botanica Brasilica 29(4): 473-477. 2015.
- TAYLOR, G. B. Hardseededness in Mediterranean annual pasture legumes in Australia: a review. Australian Journal of Agricultural Research. 56, 645–661. 2005.
- VENIER, P.; FUNES, G.; GARCÍA, C.C. Physical dormancy and histological features of seeds of five Acacia species (Fabaceae) from xerophytic forests in central. Flora 207 39–46. 2012.
- WILLIS, C. G.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.; AULD, J. R.; VENABLE, D. L.; CAVENDER-BARES, J.; DONOHUE, K.; CASAS, R. R. THE NESCENT GERMINATION WORKING GROUP. The evolution of seed dormancy: Environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. New Phytologist. 203, 300–309. 2014.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados do presente trabalho, conclui-se que as espécies, *A. panonina*, *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea* e *S. adtringens* apresentam sementes fisicamente dormentes. Todas essas espécies superam a PY com a utilização de escarificação mecânica, no entanto, respondem de forma diferente a escarificação ácida e a tratamentos térmicos. Sementes de *D. mollis*, *H. courbaril*, *H. stigonocarpa*, *O. arborea* e *S. adtringens* toleram ser armazenadas em condições de laboratório.

As sementes de *C. langsdorffii* não apresentam nenhuma classe de dormência, possuem um envoltório permeável à água e o arilo pode interferir na germinação e na emergência de plântulas. Tratamentos pré-germinativos podem ser prejudiciais as sementes de *C. langsdorffii* e as mesmas não toleram o armazenamento em condições de laboratório por longos períodos.