



CLEISE REBELO PIMENTEL

**GERMINAÇÃO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA DE SEMENTES
DE ESPÉCIES FLORESTAIS CONDICIONADAS**

**LAVRAS – MG
2023**

CLEISE REBELO PIMENTEL

**GERMINAÇÃO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES
FLORESTAIS CONDICIONADAS**

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

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria
Orientador
Prof. Dr. Anderson Cleiton José
Coorientador

LAVRAS – MG

2023

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

Pimentel, Cleise Rebelo.

Germinação sob restrição hídrica de sementes de espécies
florestais condicionadas / Cleise Rebelo Pimentel. - 2022.

34 p.: il.

Orientador(a): José Marcio Rocha Faria.

Coorientador(a): Anderson Cleiton José.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal
de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Condicionamento fisiológico de sementes. 2.
Germinação. 3. Estresse hídrico. I. Faria, José Marcio Rocha.
II. José, Anderson Cleiton. III. Título.

CLEISE REBELO PIMENTEL

**GERMINAÇÃO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA DE SEMENTES DE ESPÉCIES
FLORESTAIS CONDICIONADAS**

**GERMINATION UNDER WATER RESTRICTION OF CONDITIONED FOREST
SPECIES SEEDS**

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

APROVADA EM 16 DE DEZEMBRO DE 2022

Dr. José Márcio Rocha Faria UFLA

Dr. Ezequiel Gasparin UFSM

Dr. Wilson Vicente Souza Pereira UFLA

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar a oportunidade de sonhar e realizar meus sonhos.

Agradeço aos meus pais Nilton e Maricleide, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em tudo.

Ao meu irmão Nilton Maick por todo suporte que me deu durante a minha graduação e pós-graduação, e as minhas irmãs Neisiany e Letícia por serem tão especiais.

Agradeço a toda minha família por sempre me fortalecer, em especial minhas primas Camila, Rose e Silvia por se fazerem tão presente, mesmo distante geograficamente.

Agradeço a minha amiga Andressa por sempre estar comigo demonstrando que nossa amizade é mais forte do que a gente imaginava.

Agradeço a minha amiga Fabíola por ser meu ponto de luz em Lavras e por viver comigo momentos que jamais irei esquecer.

Agradeço ao meu querido orientador, Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria por todo conhecimento compartilhado, amizade, momentos de muitas risadas e por todas as conversas edificantes.

Agradeço à Olívia por ser não só uma técnica, mas, uma amiga, psicóloga e por vezes até fazer papel de mãe.

Agradeço à minha amiga Patrícia que por muitas vezes me acompanhou nos experimentos só pra mostrar que eu não estava sozinha e, por me mostrar como o ser humano pode ser tão incrível e generoso.

Agradeço ao meu coorientador Anderson Cleiton José pelo conhecimento compartilhado durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço as meninas do Laboratório de Sementes Florestais (LSF) por todos os bons momentos e por todas as risadas, que não foram poucas.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF/UFLA) pela oportunidade de realizar o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Código de Financiamento 001) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, projeto PPM 00145-17).

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a conclusão desta dissertação.

RESUMO

A germinação de sementes de algumas espécies florestais apresenta entraves durante seu processo. Dessa forma, tratamentos pré-germinativos são fundamentais para melhorar a germinação, sendo o condicionamento fisiológico (*priming*) uma técnica muito utilizada visando melhorar a uniformidade e aumentar a velocidade de germinação. Diante disto, objetivou-se avaliar o efeito do condicionamento fisiológico na germinação, sob restrição hídrica, de sementes de duas espécies florestais (*Handroanthus heptaphyllus* e *Enterolobium contortisiliquum*), colhidas em diferentes anos. Inicialmente, foi feita a curva de embebição das sementes 20 °C em água (0,0 MPa) e em solução PEG 6000 a -0,4 MPa. Posteriormente, as sementes foram submetidas ao condicionamento fisiológico em água e em solução de PEG (-0,4 MPa) a 20 °C, sendo em seguida colocadas para germinar em água e em solução de PEG nos potenciais de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa. Foram avaliados a porcentagem final de germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e tempo para ocorrência de 50% de germinação (T50). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa Rstudio. Sementes de *H. heptaphyllus* 2018 apresentaram maior percentual de germinação quando hidrocondicionadas, enquanto as de 2019 não apresentaram formação de plântulas normais quando colocadas para germinar no potencial de -0,8 MPa. Quando condicionadas em PEG, as sementes de *E. contortisiliquum* 2008 apresentaram menor percentual de germinação no potencial hídrico de -0,2 MPa. Para as sementes das duas espécies, o IVG foi maior quando elas foram colocadas para germinar sem restrição hídrica, exceto para *H. heptaphyllus* 2018 no potencial de -0,2 MPa, que apresentou maior valor de IVG em sementes osmocondicionadas, contribuindo para uma germinação mais rápida. Sementes condicionadas em PEG não formaram plântulas normais no potencial de -0,8 MPa. A restrição hídrica mais severa reduziu significativamente a germinação de sementes de *H. heptaphyllus* (2018) condicionadas em PEG e postas para germinar nos potenciais de -0,4 e -0,8 MPa. O condicionamento fisiológico em PEG aumentou a germinação das sementes de *E. contortisiliquum* (2008) apenas nos potenciais de -0,4 e -0,8 MPa, porém não contribuiu para a formação de plântulas normais.

Palavras-chave: Condicionamento fisiológico de sementes. Germinação. Estresse hídrico. *Enterolobium contortisiliquum*. *Handroanthus heptaphyllus*.

ABSTRACT

Seed germination of some forest species presents obstacles during its process. Thus, pre-germination treatments are essential to improve germination, with priming being a technique widely used to improve uniformity and increase germination speed. In view of this, the objective of this study was to evaluate the effect of physiological conditioning on seed germination of two forest species (*Handroanthus heptaphyllus* and *Enterolobium contortisiliquum*) under water restriction. Initially, the imbibition curves of the seeds were built at 20 °C in water (0.0 MPa) and in PEG 6000 solution (-0.4 MPa). Subsequently, the seeds were subjected to physiological conditioning in water and in PEG solution (-0.4 MPa) at 20 °C, and then placed to germinate in water and in PEG solutions at potentials of -0.2, -0.4 and -0.8 MPa. Final percentage of germination, Germination Speed Index (GSI), Average Germination Time (AGT) and time to reach 50% germination (T50) were evaluated. Data were submitted to analysis of variance by F test and Tukey's test at 5% probability using the Rstudio program. Seeds of *H. heptaphyllus* 2018 showed a higher percentage of germination after hydroconditioning, while those from 2019 showed no formation of normal seedlings when placed to germinate at the potential of -0.8 MPa. When conditioned in PEG, *E. contortisiliquum* seeds 2008 showed a lower percentage of germination at -0.2 MPa water potential. For the seeds of both species, GSI was higher when they were placed to germinate without water restriction, except for *H. heptaphyllus* 2018 at -0.2 MPa potential, which showed a higher GSI value in osmoprimed seeds, contributing to a faster seed germination. Seeds conditioned in PEG did not form normal seedlings at -0.8 MPa potential. The most severe water restriction significantly reduced the germination of *H. heptaphyllus* 2018 seeds conditioned in PEG and placed to germinate at -0.4 and -0.8 MPa. Osmopriming increased seed germination of *E. contortisiliquum* 2008 only at potentials of -0.4 and -0.8 MPa, but did not contribute to the formation of normal seedlings.

Keywords: Seed priming. Germination. Water stress. *Enterolobium contortisiliquum*. *Handroanthus heptaphyllus*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Caracterização das espécies	9
2.1.1 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.....	9
2.1.2 <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	9
2.2 Germinação de sementes.....	10
2.3 Condicionamento fisiológico.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Sementes utilizadas.....	13
3.2 Determinação do grau de umidade das sementes	14
3.3 Superação de dormência	14
3.4 Assepsia das sementes	14
3.5 Curva de embebição	14
3.6 Condicionamento fisiológico.....	15
3.7 Germinação sob condições de restrição hídrica.....	15
3.7.1 Porcentagem de germinação (%G).....	16
3.7.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)	16
3.7.3 Tempo médio de germinação (TMG).....	17
3.7.4 T50	17
3.8 Análise estatística.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Grau de umidade das sementes	17
4.2 Curva de embebição	18
4.3 Teste de germinação	20
4.3.1 <i>H. heptaphyllus</i>	20
4.3.2 <i>E. contortisiliquum</i>	25
5 CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A germinação de sementes, que podem ser armazenadas por algo período de tempo, marca o fim do período de seu repouso fisiológico, configurando um processo muito importante no que se refere à produção de mudas (MARCOS FILHO, 2005).

Entretanto, sementes de algumas espécies têm dificuldades durante a fase de germinação, sobretudo quando em condições de estresse hídrico. Isso inclui espécies nativas que geralmente são utilizadas na recuperação de áreas degradadas e em reflorestamentos ambientais (RIBEIRO et al., 2021).

A germinação está relacionada à uma sequência complexa de reações bioquímicas, em que as substâncias de reserva armazenadas são desdobradas, transportadas e ressintetizadas para o desenvolvimento do eixo embrionário, o que, em condições de campo, culmina na emergência da plântula no solo (MARCOS FILHO, 2015).

Como forma de melhorar a germinação, tratamentos pré-germinativos são aplicados em sementes para melhorar seu desempenho, contribuindo para o aumento da taxa e uniformidade de germinação (CHEN, et al., 2010).

Dentre esses tratamentos pré-germinativos pode-se destacar o condicionamento fisiológico, uma técnica que envolve a absorção de água pela semente, sob condições controladas, possibilitando seu metabolismo durante as fases I e II da embebição, sem ocorrer a protrusão da raiz primária (MARCOS FILHO, 2015).

O condicionamento pode ser feito por meio de água (hidrocondicionamento) ou solução de polietilenoglicol, manitol e sais (condicionamento osmótico ou osmocondicionamento) (KUBALA et al., 2015). O agente osmótico, concentração, temperatura e duração do condicionamento são fatores que podem ter influência direta na eficiência do tratamento.

Estudos sobre condicionamento fisiológico relacionados às espécies abordadas nesta pesquisa não foram encontrados na literatura ou ainda são incipientes, destaca-se que, estudos relacionados ao condicionamento fisiológico em sementes florestais são pouco frequentes quando comparados aos realizados com sementes de outras espécies de plantas, sejam hortaliças ou gramíneas. Dutra et al., (2017), ao estudarem o efeito do estresse salino em sementes de *Enterolobium contortisiliquum*, concluíram que a germinação de sementes da espécie foi afetada negativamente pela concentração salina.

Perante o exposto, é necessário mais conhecimento acerca do comportamento germinativo das sementes sob diferentes condições de estresse hídrico. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do condicionamento fisiológico na germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos sob restrição hídrica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização das espécies

2.1.1 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong

O *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, é uma espécie arbórea da família Fabaceae (subfamília Mimosoideae), popularmente conhecido por tamboril, orelha-de-macaco, orelha-de-negro, tambori, timbaúva, timbó, tambaré, ximbó e pacará (LORENZI, 2008).

A espécie possui distribuição em todos os biomas brasileiros sendo indicada para utilização em programas de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e de preservação permanente, além de ser usada em plantios mistos principalmente por seu rápido crescimento inicial (ARAÚJO; PAIVA SOBRINHO, 2011).

As sementes de *E. contortisiliquum* são consideradas ortodoxas, ou seja, toleram a dessecação e podem ser armazenadas sob baixas temperaturas por longos períodos, possuem dormência tegumentar facilmente superada por meio da escarificação mecânica ou química (ARAÚJO; PAIVA SOBRINHO, 2011; SOUZA et al., 2015; SILVA et al., 2020).

2.1.2 *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos

Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae, sendo conhecida popularmente conhecido como ipê-roxo, ipê-ipuranga, pau-d'arco-roxo e ipê-preto (LISBOA et al., 2018).

Considerada uma árvore de grande porte na fase adulta com ampla distribuição em todo o território brasileiro, sendo muito utilizada para fins paisagísticos e também na construção civil pela alta densidade de sua madeira, resistência e maleabilidade. É uma espécie importante para programas de recuperação de áreas degradadas e reconstituição de Reserva Legal (BRASIL, 2002; LORENZI, 2008; BORGES et al., 2014; OLIVEIRA et al.,

2015; LISBOA et al., 2018).

As sementes de *H. heptaphyllus* são classificadas como ortodoxas, tolerando secagem e armazenamento por longos períodos, porém, quando mantidas em condições naturais, sem armazenamento, perdem sua viabilidade em curto espaço de tempo (MARCHETTI, 1984).

2.2 Germinação de sementes

A germinação é a retomada do desenvolvimento do embrião até a formação de uma plântula, compreendendo uma sequência ordenada de atividades metabólicas iniciadas a partir da hidratação que culminam na emissão da radícula (MARCOS FILHO, 1986; LARCHER, 2006).

No processo germinativo ocorre uma sequência de eventos que se inicia com a absorção de água pela semente e termina com o alongamento do eixo embrionário, podendo ser identificado pela protrusão da radícula, seguida da formação de uma plântula normal e saudável, com características específicas de cada espécie (BEWLEY; BLACK, 1982; BRASIL, 2009; BORGES, 2015).

A água é um dos fatores que tem influência no processo de germinação e estabelecimento de plântulas, pois participa da composição de diversos tecidos dos vegetais e é solvente nos mais variados processos biológicos. O teor de água presente nas células e o seu potencial hídrico são as características que tem relação direta com o metabolismo das sementes, atuando não só como reguladoras da velocidade desses processos, como também responsáveis pela ocorrência dos mesmos (OLIVEIRA et al., 2012).

Na germinação, a água tem a função de controlar a reidratação dos tecidos, que por sua vez, intensifica a respiração, ativando o sistema enzimático e inicia-se a hidrólise e mobilização de reservas, fornecendo energia e nutrientes para a retomada do crescimento do embrião (EHRHARDT-BROCARD; COELHO, 2016).

A embebição controlada permite um maior tempo para a reparação ou reorganização das membranas, permitindo um desenvolvimento mais adequado dos tecidos, reduzindo os riscos de danos ao eixo embrionário (KHAN, 1992; SMITH; COOB, 1992).

Para caracterizar as etapas de embebição durante a germinação, Bewley; Black (1994) determinaram um modelo trifásico de absorção de água das sementes ortodoxas, no qual durante a fase I a absorção ocorre apenas devido a diferença de potencial hídrico, com rápido ganho de peso fresco pelas sementes. Nessa fase ocorre a retomada do metabolismo

energético, com a reativação de enzimas envolvidas com o processo respiratório, liberando ATP para a fosforilação oxidativa após a hidratação, além do reparo e ativação das mitocôndrias pré-existentes.

Na fase II, o peso fresco das sementes se mantém constante, onde ocorrem eventos metabólicos necessários ao desenvolvimento do embrião, com a transcrição de mRNAs já existentes, síntese de proteínas, reparo do DNA, hidrólise e mobilização das reservas armazenadas, culminando com a emergência da raiz primária (BEWLEY; BLACK, 1994).

A fase III tem início com a protrusão da radícula, com a semente/plântula voltando a absorver água, ocorrendo expansão e divisão celular (BEWLEY; BLACK, 1994).

Além da água, outros fatores com oxigênio, luz, substâncias químicas e temperatura são fatores externos que exercem influência direta sobre a germinação, afetando a velocidade, a porcentagem e uniformidade desse processo e, quando associada aos efeitos do estresse hídrico, interfere na dinâmica da absorção de água, nos limites e velocidade das reações bioquímicas, além dos eventos fisiológicos que determinam todo o processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015).

As sementes apresentam melhor comportamento em relação ao percentual e velocidade de germinação na faixa de temperatura ótima, que propicia a máxima porcentagem de germinação em menor espaço de tempo (BEWLEY; BLACK, 1994; BATLLA; ARNOLD, 2015).

A semente, quando em condições apropriadas, tem suas atividades metabólicas aceleradas e, à medida que absorve água pela diferença de potencial hídrico entre as células e o meio, ocorre a produção de grande quantidade de energia, que será utilizada em diversas reações bioquímicas que facilitarão a expansão celular e desencadearão a protrusão radicular (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

2.3 Condicionamento fisiológico

O condicionamento fisiológico de sementes, também chamado de *priming*, é um tratamento pré-germinativo aplicado com o objetivo de controlar a embebição de água (CHEN et al., 2010).

Essa técnica pode melhorar a velocidade e a uniformidade da germinação das sementes, superar a dormência e incrementar sua qualidade fisiológica (LANTERI et al., 1996; CHEN et al., 2010; PENIDO et al., 2021).

A técnica de *priming* é baseada no controle da hidratação de sementes, nela ocorre a indução da alteração no estado fisiológico das sementes fazendo com que os processos pré-germinativos aconteçam (fases I e II), sem que ocorra a emissão da raiz primária (fase III) e, ao final desse processo todas as sementes se encontram na fase II do processo metabólico de germinação (HEYDECKER et al., 1973; JISHA et al., 2012; MARCOS FILHO, 2015; PENIDO et al., 2021).

O *priming* pode ser realizado a partir do contato das sementes diretamente em água (hidrocondicionamento), onde há controle da quantidade final de água disponível durante o processo germinativo. Outra forma é com o uso de soluções osmóticas (osmocondicionamento) a partir da exposição de sementes em soluções com potenciais osmóticos pré-definidos.

O osmocondicionamento é considerado uma boa técnica para melhorar a capacidade germinativa e vigor de plântulas, porém, os resultados podem ser influenciados em função da espécie, tempo de embebição na solução e vigor das sementes (FESSEL et al., 2002; OLIVEIRA e GOMES FILHO, 2011).

Comumente, os agentes condicionantes utilizados são polietilenoglicol (PEG 6000 ou PEG 8000), solução salina e, nitroprussiato de sódio (SNP) em diferentes potenciais osmóticos (KHAN, 1992; REIS et al., 2013; MASETTO et al., 2014; PEREIRA et al., 2020).

O PEG 6000 é um dos agentes osmóticos com ampla utilização em estudos sobre condicionamento fisiológico, pois é quimicamente inerte e atóxico para as sementes, simulando a restrição hídrica e não sendo absorvido pela semente devido ao tamanho de suas moléculas que apresentam alto peso molecular (VILLELA et al., 1991). P

O *priming* com PEG pode retardar a taxa inicial de absorção de água pelas sementes, evitar danos celulares que poderiam ocorrer devido à rápida absorção de água e prover tempo para o autorreparo das células para se organizarem para a germinação e o crescimento da plântula (TU et al., 2022).

O osmocondicionamento apresenta maior precisão e comodidade quando comparado ao hidrocondicionamento, por não haver a necessidade de um controle rígido do tempo de embebição, visto que a concentração da solução osmótica garante a hidratação das sementes apenas até o nível desejado, ou seja, até que o potencial hídrico das sementes se equilibre com o da solução osmótica (BRADFORD, 1995).

O *priming* pode estimular a mobilização de reservas, a síntese de determinadas

enzimas bem como o início e aumento da síntese de DNA e RNA, ou seja, a síntese de macromoléculas, ocorrendo incrementos no teor de proteínas solúveis e de enzimas específicas que proporcionam maior concentração de solutos, resultando no crescimento mais rápido mostrando-se um método eficiente, podendo proporcionar maior tolerância das espécies ao estresse ambiental (JISHA et al., 2012).

De modo geral, a técnica de condicionamento é amplamente empregada em sementes pequenas, como as de hortaliças e ornamentais. No entanto, alguns trabalhos mostraram a eficiência do condicionamento sobre a germinação e vigor de sementes de algumas espécies florestais, como em mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (BRANCALION et al., 2010), barbatimão (*Stryphnodendron obovatum* Benth. E *Stryphnodendron polyphyllum* Mart.) (KISSMANN et al., 2010), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All) (VIRGENS et al., 2012), paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.) (MASETTO et al., 2014) e faveira (*Dimorphandra mollis* Benth.) (MASETTO et al., 2014).

Outros estudos retratam a eficiência do condicionamento fisiológico na qualidade fisiológica de sementes florestais em condições restritas de germinação, como em sementes com baixo vigor de faveleira (*Cnidoscolus juercifolius* Pax & Hoffam.) (SILVA et al., 2005) e cássia-do Nordeste (*Cassia excelsa* Schrad.) sob estresse hídrico e estresse térmico (JELLER e Perez, 2003).

Diferentes autores relatam que o condicionamento fisiológico apresenta como um dos seus principais efeitos a tolerância a estresses abióticos, como deficiência hídrica e salinidade (BATISTA et al., 2018; PEREIRA et al., 2018; BARBIERI et al., 2019; RIBEIRO et al., 2019; SABERALI; MORADI., 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sementes utilizadas

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais (Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – UFLA), utilizando-se sementes provenientes do banco de sementes do referido laboratório, coletadas no município de Lavras, Minas Gerais.

Foram utilizadas sementes de *Enterolobium contortisiliquum* e *Handroanthus heptaphyllus*, sendo dois lotes de sementes de cada espécie, colhidos em diferentes anos (TABELA 1).

Tabela 1. Anos de coleta dos lotes de sementes das espécies estudadas.

Espécie	Ano de coleta	
	Lote 1	Lote 2
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1996	2008
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	2018	2019

Fonte: Do autor

3.2 Determinação do grau de umidade das sementes

Para determinar o grau de umidade das sementes, empregou-se o método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, conforme recomendado pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com quatro repetições de 20 sementes cada. Os resultados, com base no peso úmido das sementes, foram expressos em porcentagem.

3.3 Superação de dormência

Previamente à realização dos experimentos, foi realizada a superação de dormência das sementes da espécie *Enterolobium contortisiliquum* a partir da escarificação mecânica, lixando manualmente as sementes na lateral do seu terço superior, na parte oposta à micrópila, até expor levemente os cotilédones (BRASIL, 2013)

3.4 Assepsia das sementes

Para assepsia, as sementes de *E. contortisiliquum* foram imersas em solução de detergente (5 gotas de detergente em 100ml de água) durante 5 minutos, sendo em seguida enxaguadas em água corrente (BRASIL, 2013).

Para sementes de *Handroanthus heptaphyllus*, a assepsia foi feita por meio da lavagem com hipoclorito de sódio (NaClO) a 4% da solução comercial com 2,5% do princípio ativo por um período de 5 minutos, sendo posteriormente enxaguadas em água corrente (BRASIL, 2013).

3.5 Curva de embebição

A absorção de água pelas sementes foi caracterizada por meio da curva de embebição,

para que fosse determinado o tempo de condicionamento fisiológico, sendo utilizadas 50 sementes de cada espécie, considerando cada semente como uma repetição.

As sementes foram pesadas e colocadas para embeber em placa de Petri (*H. heptaphyllus*) e em formas de gelo (*E. contortisiliquum*), de forma que ficassem em contato direto com a solução (água ou solução de PEG a -0,4 MPa) sob luz constante a 20 °C em um germinador do tipo BOD.

A pesagem foi feita em intervalos variáveis de acordo com o ritmo de embebição das sementes, eliminando-se a umidade superficial das sementes com o auxílio de um papel absorvente, estendendo-se por alguns dias após a protrusão da radícula. A solução foi trocada a cada 24 horas e, posteriormente as sementes foram submetidas a teste de umidade e colocadas para germinar.

3.6 Condicionamento fisiológico

As sementes foram submetidas a dois tratamentos de condicionamento. O primeiro, osmocondicionamento, foi feito com polietilenoglicol, sendo a solução osmótica preparada em potencial -0,4 MPa para temperatura de 20 °C. O cálculo para a solução de PEG 6000 foi baseado na equação de Michel e Kaufmann (1973), descrito por Villela et al. (1991); o segundo tratamento, hidrocondicionamento, foi feito utilizando-se água (0 MPa), também a 20 °C.

O condicionamento das sementes foi feito em formas plásticas (formas de gelo) e placas de Petri de forma que ficassem em contato direto com a solução, por um período de 36 horas para a espécie *E. contortisiliquum* e 96 horas para *H. heptaphyllus*, sem luz, com troca de solução a cada 24 horas e colocadas diretamente para germinar, sem passar por secagem.

3.7 Germinação sob condições de restrição hídrica

Após o condicionamento, foi realizado teste de umidade e as sementes das duas espécies foram submetidas a teste de germinação em água e em condições de estresse hídrico promovido por solução de PEG nos potenciais de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa.

Para cada espécie foram utilizadas 160 sementes, sendo 80 para condicionamento em PEG e 80 para hidrocondicionamento, distribuídas em quatro repetições de 20 sementes, semeadas de maneira uniforme sobre duas folhas de papel Germitest umedecidas com 14 ml

de cada solução pois foi a quantidade ideal testada para umedecer o papel.

O teste de germinação foi conduzido em caixas plásticas transparentes do tipo gerbox, com as sementes dispostas sobre duas folhas de papel germitest, mantidas umedecidas. As caixas foram colocadas em sacos plásticos a fim de evitar a perda de umidade e mantidas em câmara de germinação com temperatura constante de 25 °C sob luz constante (BRASIL, 2013).

A cada dois dias, as sementes foram transferidas para novas gerbox e folhas de papel Germitest umedecidas com água e as soluções em que o teste foi iniciado visando manter constante os potenciais osmóticos testados.

A avaliação do teste considerou como germinadas as sementes que apresentaram protrusão da radícula e plântulas normais e, como sementes mortas aquelas que não emitiram radícula, estando amolecidas ou atacadas por microrganismos.

Após a instalação dos testes, a avaliação foi feita durante 14 dias para *E. contortisiliquum* e 21 dias para *H. heptaphyllus* (BRASIL, 2013). Para avaliação dos efeitos dos tratamentos sobre a germinação das sementes de *E. contortisiliquum* e *H. heptaphyllus*, foram consideradas as seguintes variáveis descritas a seguir.

3.7.1 Porcentagem de germinação (%G)

Representada pelo número de sementes germinadas considerando as condições de germinação, adotando o critério de protrusão radicular e plântulas normais, sendo os resultados expressos em porcentagem com uma casa decimal.

3.7.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Foi calculado a partir de contagens diárias do número de sementes germinadas (MAGUIRE, 1962) por meio da fórmula:

$$IVG = \sum (ni/ti)$$

Onde:

n_i = número de sementes que germinaram no tempo “i”;

t_i = tempo após a instalação do teste.

3.7.3 Tempo médio de germinação (TMG)

Para cálculo do TMG utilizou-se a fórmula proposta por (LABOURIAU, 1983)

$$TMG = \frac{\sum(nit_i)}{\sum n_i}$$

Onde:

n_i = número de sementes germinadas por dia;

t_i = tempo após a instalação do teste

3.7.4 T50

Calculou-se o tempo para 50% de germinação total, sendo os resultados expressos em dias, aplicando a fórmula de FAROOQ et al. (2005):

$$T50 = (G - G1) * I / (G2 - G1) + T$$

Onde:

G = metade da germinação total

G1 = valor imediatamente inferior ao G

G2 = valor imediatamente superior ao G

I = intervalo entre G1 e G2

T = tempo para G1.

3.8 Análise estatística

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 4, sendo composto por dois tipos de condicionamento (água 0 MPa e PEG -0,4 MPa) e quatro condições de germinação: zero (água), -0,2, -0,4 e -0,8 MPa.

Para a realização da análise estatística, foi testada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e, quando observada distribuição normal dos dados, foi feita a análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do programa R Studio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Grau de umidade das sementes

A umidade inicial das sementes de *H. heptaphyllus* foi de 6,1% e 7,3% para os lotes de 2018 e 2019, respectivamente. As sementes de *E. contortisiliquum* apresentaram umidade inicial de 12,4% e 9,3% para os lotes de 1996 e 2008, nessa ordem. Após o condicionamento, foi determinado novamente o grau de umidade dos lotes (TABELA 2).

Tabela 2. Grau de umidade das sementes antes e após o condicionamento.

Tratamento	Umidade inicial (%)	Umidade após condicionamento (%)
Ipê 2018 – sem condicionamento	6,07	-
Ipê 2019 – sem condicionamento	7,27	-
Tamboril 1996 – sem condicionamento	12,37	-
Tamboril 2008 – sem condicionamento	9,29	-
Ipê 2018 – H ₂ O	-	63,73
Ipê 2018 – PEG 6000	-	57,27
Ipê 2019 – H ₂ O	-	61,39
Ipê 2019 – PEG 6000	-	58,74
Tamboril 1996 – H ₂ O	-	40,54
Tamboril 1996 – PEG 6000	-	35,37
Tamboril 2008 – H ₂ O	-	28,63
Tamboril 2008 – PEG 6000	-	25,46

Fonte: Do autor (2022)

4.2 Curva de embebição

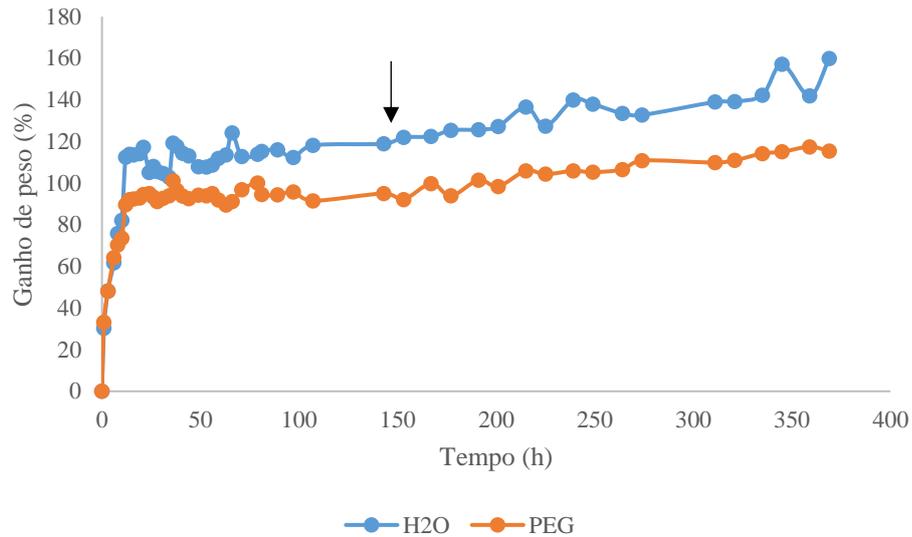
A curva de embebição em água e PEG 6000 para as duas espécies e seus respectivos lotes está representada nas figuras 1 a 4, as setas indicam o tempo em que as sementes de cada espécie levaram para germinar. As sementes de *H. heptaphyllus* apresentaram comportamento parecido no ritmo de embebição de água. Após 150 horas as sementes, além do ganho de peso, as sementes começaram a apresentar germinação visível caracterizando assim o início da fase III do processo de germinação, como sugerido por Bewley e Black (1994).

Desse modo, pode-se inferir que 96 horas seria o tempo ideal para condicionar as sementes da espécie, correspondendo à segunda metade da fase II da germinação. Para as sementes desta espécie, foi calculado o percentual de ganho de peso com base nos dados de peso fresco para melhorar a apresentação da curva.

Para as sementes de tamboril a germinação visível foi perceptível 75 horas caracterizando que o tempo ideal de condicionamento sem atingir a fase III do processo

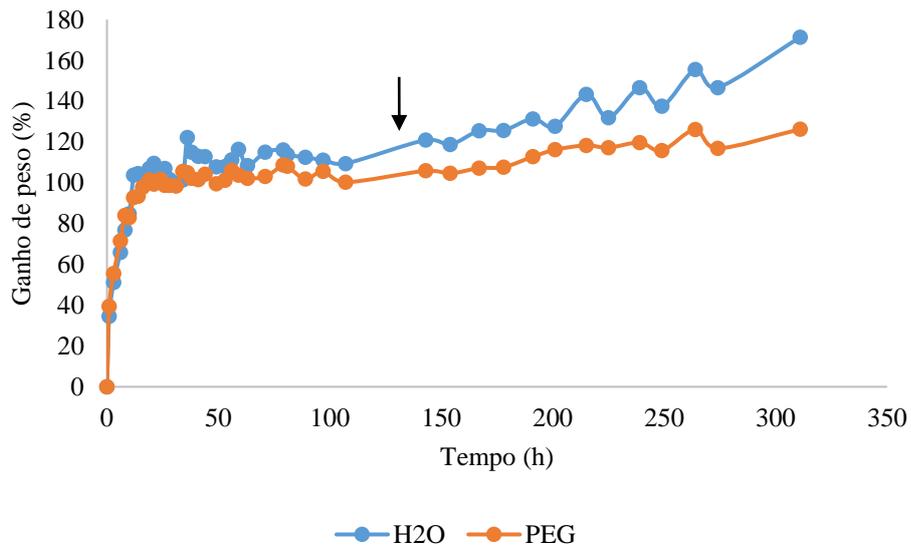
germinativo foi de 36 horas, que corresponde à segunda metade da fase II do processo germinativo. A absorção de água pelas sementes pode variar de acordo com a espécie, estando também relacionada com os compostos químicos, disponibilidade de água, área de contato e temperatura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Figura 1 – Curva de embebição de sementes de *H. heptaphyllus* (2018).



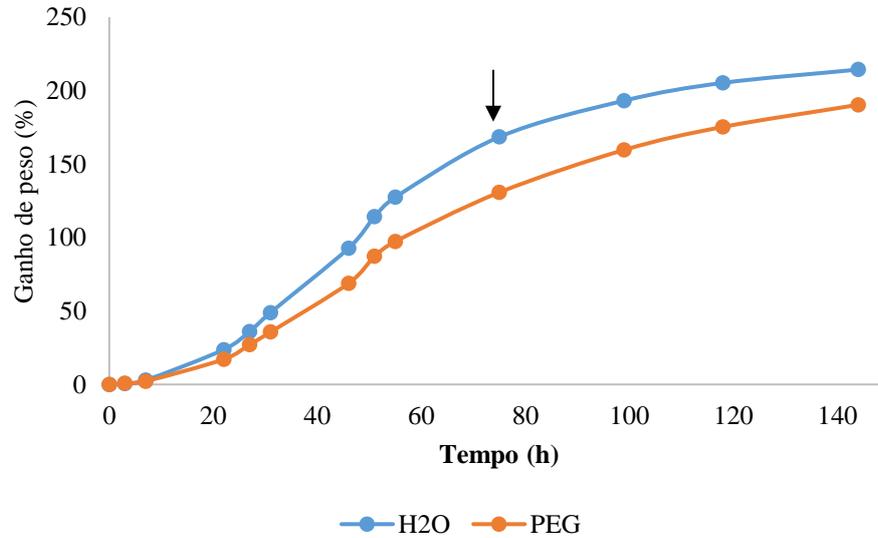
As setas indicam o tempo em que as sementes da espécie levaram para germinar.
Fonte: Do autor (2022)

Figura 2 – Curva de embebição de sementes de *H. heptaphyllus* (2019).



As setas indicam o tempo em que as sementes da espécie levaram para germinar.
Fonte: Do autor (2022)

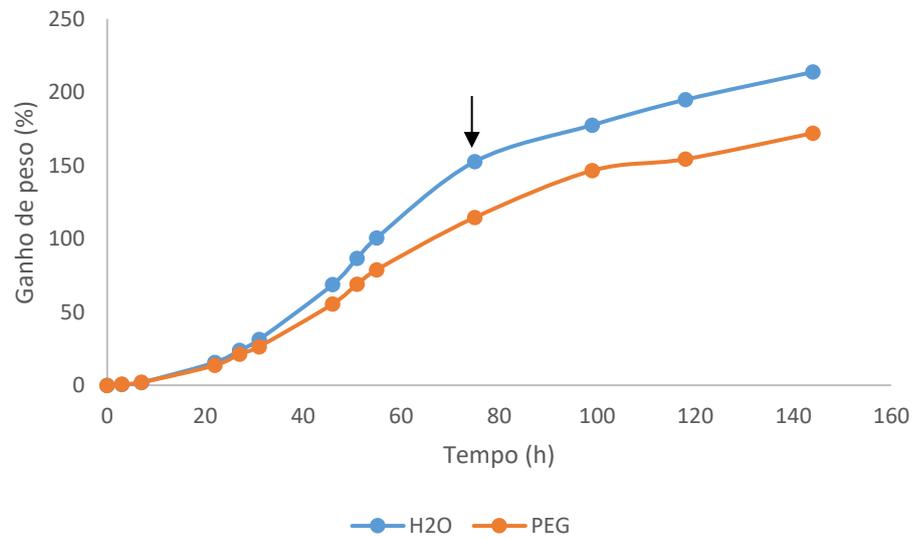
Figura 3 – Curva de embebição de sementes de tamboril (1996).



As setas indicam o tempo em que as sementes da espécie levaram para germinar.

Fonte: Do autor (2022)

Figura 4 – Curva de embebição de sementes de tamboril (2008)



As setas indicam o tempo em que as sementes da espécie levaram para germinar.

Fonte: Do autor (2022)

4.3 Teste de germinação

4.3.1 *H. heptaphyllus*

Observou-se que o osmocondicionamento não apresentou resultados positivos para os lotes de ipê, visto que, para os dois lotes o percentual de germinação de sementes

osmocondicionadas foi menor em relação às hidrocondicionadas.

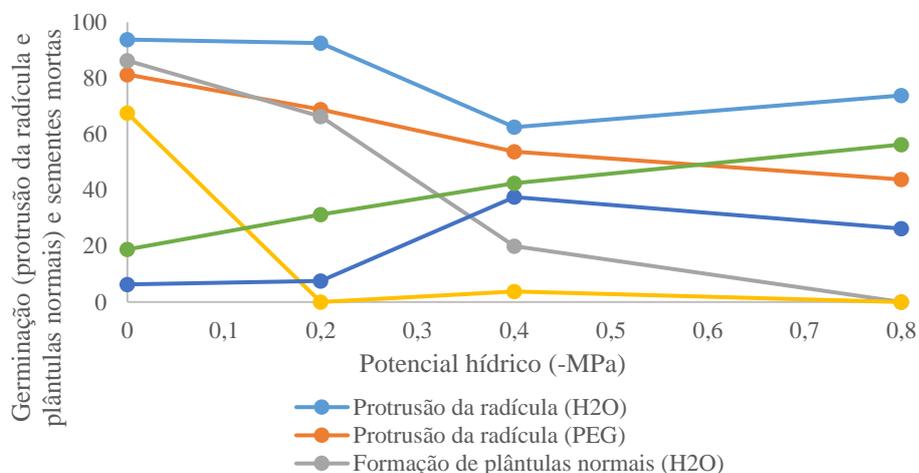
A figura 5 ilustra os resultados da germinação das sementes de ipê 2018, que apresentou maiores percentuais quando as sementes foram hidrocondicionadas e colocadas para germinar sem restrição hídrica (93,8%). Já os menores percentuais foram verificados no osmocondicionamento, destacando a condição de germinação -0,8 MPa que apresentou menor percentual de germinação (43,8%). A redução de germinação no potencial -0,8 MPa pode ter sido influenciada considerando que quanto menor o potencial hídrico menor será a germinação das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; CAZARIM et al., 2021).

Não houve formação de plântulas normais para sementes que foram osmocondicionadas e colocadas para germinar em PEG 6000, exceto para o potencial hídrico -0,2 MPa quando colocada para germinar em água.

Vale destacar que, as sementes deste lote foram atacadas por fungos configurando elevado percentual de sementes mortas e redução no percentual de formação de plântulas normais. Tais resultados foram encontrados conforme redução do potencial hídrico, sobretudo as sementes osmocondicionadas quando colocadas para germinar em potencial hídrico -0,8 MPa (56,3%) ratificando o menor percentual de germinação das sementes para o lote.

Em geral, sementes do gênero *Handroanthus* apresentam contaminação por diversos fungos de armazenamento, o que pode afetar a germinação (SOUSA et al., 2012 e TONETTO et al., 2015), comportamento que foi evidenciado no presente estudo.

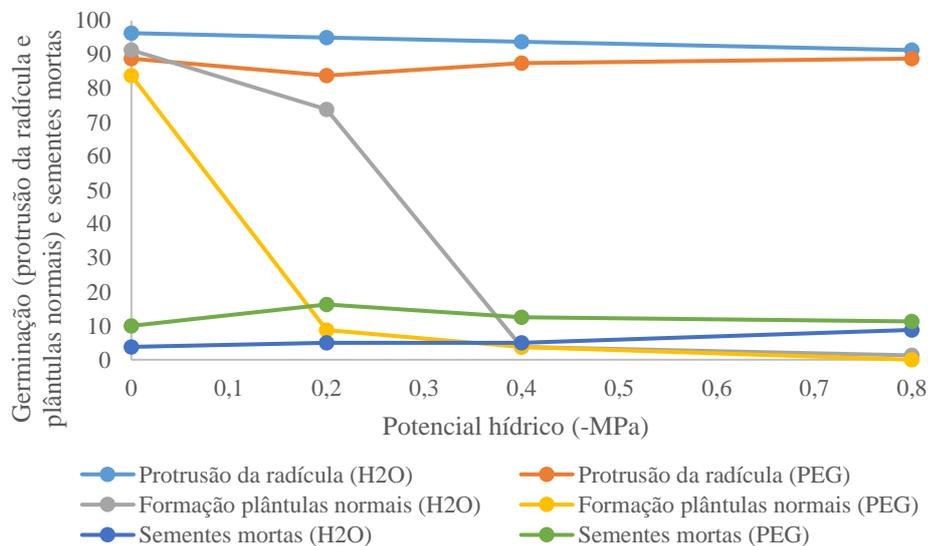
Figura 5 – Sementes condicionadas de *H. heptaphyllus* (2018): percentual de germinação (protrusão de radícula e formação de plântulas normais) e de sementes mortas.



Fonte: Do autor (2022)

As sementes de *H. heptaphyllus* do lote de 2019 (FIGURA 6) apresentaram alto percentual de germinação quando foram hidrocondicionadas, superior a 90%. Este resultado evidencia que o hidrocondicionamento foi eficiente para esse lote de sementes. Tais resultados corroboram o estudo de Carrilo-Reche et al., (2018) que concluíram que o hidrocondicionamento foi eficiente para melhorar a germinação de sementes. Em relação ao condicionamento em PEG 6000, o percentual de germinação foi menor quando comparado às sementes condicionadas em água.

Figura 6 – Sementes condicionadas de *H. heptaphyllus* (2019): percentual de germinação (protrusão de radícula e formação de plântulas normais) e de sementes mortas.



Fonte: Do autor (2022)

Os maiores valores para formação de plântulas normais foram observados quando as sementes foram colocadas para germinar sem restrição hídrica atingindo percentual de 91,3% quando hidrocondicionadas e 83,8% quando osmocondicionadas. Destaca-se ainda que, as sementes que foram hidrocondicionadas e colocadas para germinar no potencial hídrico -0,2 MPa que atingiram 73,8% de formação de plântulas normais exprimindo que esta condição contribuiu positivamente para a germinação das sementes do referido lote.

Para *H. heptaphyllus* lote 2019, apenas as sementes que foram colocadas para germinar em potencial hídrico -0,8 MPa após osmocondicionamento não apresentaram formação de plântulas normais. Em relação ao percentual de sementes mortas, observou-se que o percentual foi menor (16,3%) quando comparado ao lote de 2018.

Houve uma variação no comportamento germinativo das sementes deste lote, observando-se que o condicionamento osmótico não proporcionou uniformidade na germinação e, à medida que o potencial hídrico se torna menor, o percentual de germinação tende a diminuir, ocorrendo menor formação de plântulas normais para as sementes dos dois lotes. Este comportamento também foi encontrado por Valdovinos et al. (2021) ao condicionarem sementes de diferentes espécies de ipê.

Verificou-se que houve diferença estatística para a germinação das sementes de *H. heptaphyllus* 2018 após o condicionamento, destacando as sementes hidrocondicionadas que apresentaram maiores valores de germinação quando comparadas as que foram osmocondicionadas, exceto na condição de germinação -0,4 MPa que foram estatisticamente iguais (TABELA 3).

Tabela 3 – Germinação de sementes de *H. heptaphyllus* (lote 2018) submetidas ao hidrocondicionamento (0,0 MPa) e osmocondicionamento (-0,4 MPa).

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento	93,3 aA	92,5 aA	62,5 aB	73,8 aB
Osmocondicionamento	81,3 bA	68,8 bAB	53,8 aBC	43,8 bC

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam condição de germinação nas linhas. Letras minúsculas comparam condicionamento nas colunas.

Fonte: Do autor (2022)

Não houve diferença estatística entre os percentuais de germinação de sementes de *H. heptaphyllus* (2019) nos diferentes tratamentos (TABELA 4).

Tabela 4 – Germinação de sementes de *H. heptaphyllus* (lote 2019) submetidas ao hidrocondicionamento (0,0 MPa) e osmocondicionamento (-0,4 MPa).

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento	96,3	95,0	93,8	91,3
Osmocondicionamento	90,0	83,8	87,5	88,8

Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2022)

O lote de *H. heptaphyllus* (2018) apresentou menor IVG quando as sementes foram osmocondicionadas (1,7) e colocadas para germinar em potencial -0,8 MPa exprimindo que a germinação sob restrição hídrica foi afetada negativamente. O TMG e T50 apresentaram

maiores valores também para o potencial supracitado 5,4 e 4,9, respectivamente evidenciando que as sementes levaram maior tempo em dias para germinar (TABELA 5). Não houve diferença estatística para estas variáveis.

Tabela 5 – Tempo para 50% de germinação (T50), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *H. heptaphyllus* lote 2018 submetidas ao hidrocondicionamento e osmocondicionamento (-0,4 MPa) e postas a germinar sob diferentes condições de restrição hídrica.

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento				
T50 (dias)	3,8	5,0	4,7	4,1
IVG	4,6	3,9	2,2	3,7
TMG (dias)	4,2	5,3	6,2	4,6
Osmocondicionamento				
T50 (dias)	3,1	2,8	4,2	4,9
IVG	4,5	4,6	2,3	1,7
TMG (dias)	3,9	3,5	5,0	5,4

Fonte: Do autor (2022)

O lote de *H. heptaphyllus* (2019) apresentou maior IVG quando as sementes foram hidrocondicionadas (6,1) e colocadas para germinar em água exprimindo menor TMG (3,2) e menor T 50 (2,6) de germinação (TABELA 6).

Nota-se que à medida que o potencial hídrico é menor, o IVG também diminui comprovando que a restrição hídrica não favorece a germinação de sementes da espécie para este lote. O mesmo comportamento foi encontrado por Valdovinos et al. (2021) ao desenvolverem estudos relacionados à germinação sob condições de restrição hídrica de sementes de espécies da família Bignoniaceae.

Tabela 6 – Tempo para 50% de germinação (T50), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *H. heptaphyllus* lote 2019 submetidas ao hidrocondicionamento e osmocondicionamento (-0,4 MPa) e postas a germinar sob diferentes condições de restrição hídrica.

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento				
T 50% (dias)	2,6	4,6	5,0	5,0
IVG	6,1	4,0	3,5	3,3
TMG (dias)	3,2	5,0	5,5	5,8
Osmocondicionamento				

T 50% (dias)	3,5	4,6	5,3	6,7
IVG	4,4	3,5	3,3	2,8
TMG (dias)	4,3	5,0	5,5	7,0

Fonte: Do autor (2022)

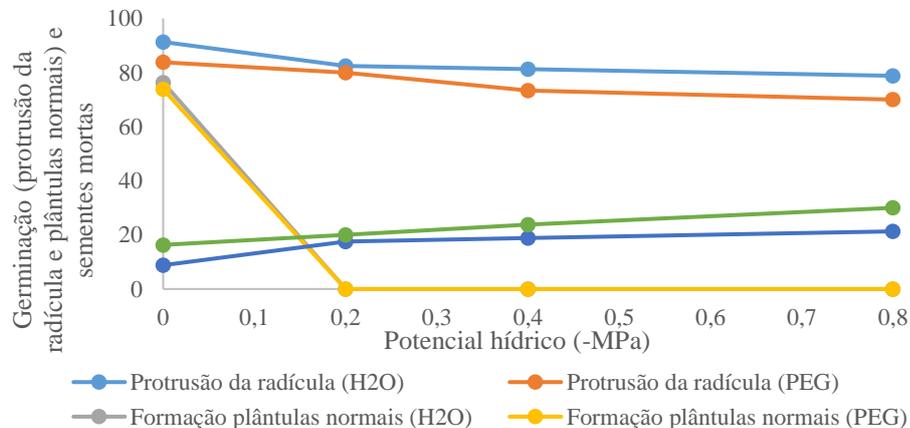
4.3.2 *E. contortisiliquum*

A germinação das sementes de *E. contortisiliquum* (1996) apresentou percentuais de parecidos, tanto para sementes hidrocondicionadas quanto para sementes osmocondicionadas. Para este lote, a formação de plântulas normais foi observada somente quando as sementes hidro e osmocondicionadas foram colocadas para germinar sem restrição hídrica, 76,3 e 73,8%, respectivamente (FIGURA 7).

A quantidade de patógenos de armazenamento é um fator que pode ter afetado negativamente a germinação das sementes de tamboril do lote supracitado, visto que estes agentes causadores de doenças podem prejudicar a germinação das sementes. Isso pode explicar o percentual de sementes mortas do lote. Apesar de não ter sido realizada uma análise para saber quais tipos de fungos estavam presentes nas sementes acredita-se que são fungos de armazenamento.

Marcos Filho (2005) afirma que a ação de fungos de armazenamento nas sementes pode acelerar sua deterioração, fato que pode esclarecer os resultados encontrados neste experimento. Medeiros et al. (2016) constataram a presença de diversos fungos de armazenamento em sementes de *E. contortisiliquum*.

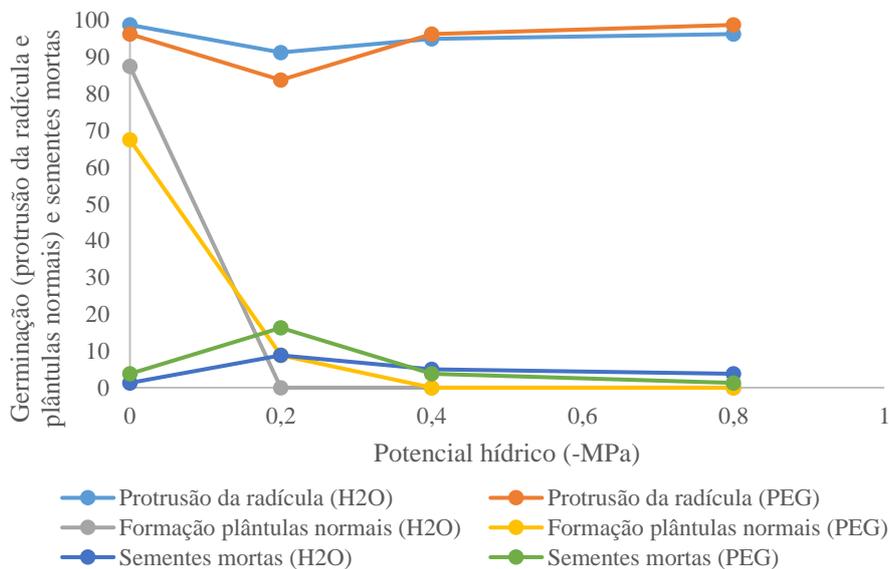
Figura 7 – Sementes condicionadas de *E. contortisiliquum* (1996): percentual de germinação (protrusão de radícula e formação de plântulas normais) e de sementes mortas.



Fonte: Do autor (2022)

Os maiores percentuais de germinação para a espécie foram observados no lote 2008 após hidrocondicionamento e sem restrição hídrica (98,8%) e após osmocondicionamento com restrição hídrica em potencial hídrico -0,8 e -0,4 MPa 98,8% e 96,3%, respectivamente. Entretanto, mesmo com o elevado percentual de germinação em sementes osmocondicionadas, verificou-se que nos potenciais -0,4 MPa e -0,8 MPa não ocorreu formação de plântulas normais comprovando que apesar de não interferir negativamente na germinação, o osmocondicionamento nesses potenciais hídricos não contribui para a formação de plântulas normais para a espécie (FIGURA 8).

Figura 8 – Sementes condicionadas de *E. contortisiliquum* (2008): percentual de germinação (protrusão de radícula e formação de plântulas normais) e de sementes mortas.



Fonte: Do autor (2022)

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para o lote (1996) (TABELA 7).

Tabela 7 – Germinação de sementes de *E. contortisiliquum* (lote 1996) submetidas ao hidrocondicionamento e osmocondicionamento (-0,4 MPa).

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento	91,3	82,5	81,3	78,8
Osmocondicionamento	83,8	80,0	76,3	70,0

Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2022)

A germinação de *E. contortisiliquum* (2008) no potencial hídrico -0,2 MPa apresentou

diferença estatística em relação aos demais potenciais, exceto o potencial -0,4 MPa (TABELA 8).

Sementes osmocondicionadas e colocadas para germinar em -0,2 MPa apresentaram menor percentual de germinação (83,8%) quando comparadas às sementes submetidas às demais condições de germinação evidenciando que, o osmocondicionamento na referida condição de germinação teve efeito negativo na germinação quando comparada as demais condições.

À medida que o potencial hídrico foi reduzido, o percentual de germinação foi diretamente proporcional a este comportamento, ou seja, houve redução da germinação. Desta forma, os resultados da germinação de sementes de *E. contortisiliquum* no potencial hídrico -0,2 MPa apresentaram resultados parecidos com os que foram concluídos por Lucchese et al. (2018) ao testarem estresse hídrico em sementes florestais.

Tabela 8 – Germinação de sementes de *E. contortisiliquum* (lote 2008) submetidas ao hidrocondicionamento e osmocondicionamento (-0,4 MPa).

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento	98,8 aA	91,3 aA	95,0 aA	96,3 aA
Osmocondicionamento	96,3 aA	83,8 aB	96,3 aAB	98,8 aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam condição de germinação nas linhas. Letras minúsculas comparam condicionamento nas colunas.

Fonte: Do autor (2022)

Para o lote 1996 (TABELA 9), os valores de IVG diminuíram conforme o potencial hídrico se torna menor, pode-se destacar o menor índice (1,7) em sementes condicionadas em PEG e submetidas à germinação no potencial hídrico -0,8 MPa. Tais resultados corroboram aos que foram encontrados por Santos Junior e Silva (2020) ao osmocondicionarem sementes de espécie da família Fabaceae.

Tabela 9 – Tempo para 50% de germinação (T50), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *E. contortisiliquum* lote 1996 submetidas ao hidrocondicionamento e osmocondicionamento (-0,4 MPa) e postas a germinar sob diferentes condições de restrição hídrica.

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento				

T 50%	3,2	4,6	6,0	7,6
IVG	5,0	3,2	3,1	2,0
TMG	3,9	5,3	5,9	8,1
Osmocondicionamento				
T 50%	4,8	4,8	7,4	7,9
IVG	3,4	3,4	1,9	1,7
TMG	5,4	5,4	8,0	8,5

Fonte: Do autor (2022)

O maior valor para T50 foi de 10,3 para sementes condicionadas em água sob potencial hídrico -0,2 MPa os altos índices de TMG e T50 evidenciam que a maioria das sementes utilizadas no experimento teve uma lenta germinação (TABELA 10).

Tabela 10 – Tempo para 50% de germinação (T50), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes de *E. contortisiliquum* lote 2008 submetidas ao hidrocondicionamento e osmocondicionamento (-0,4 MPa) e postas a germinar sob diferentes condições de restrição hídrica.

Condicionamento	Condição de germinação (MPa)			
	0	-0,2	-0,4	-0,8
Hidrocondicionamento				
T 50% (dias)	6,2	10,3	8,3	9,3
IVG	3,6	1,8	2,3	2,0
TMG (dias)	6,3	10,8	8,8	9,8
Osmocondicionamento				
T 50% (dias)	7,4	10,1	6,8	8,2
IVG	2,5	1,7	2,7	2,2
TMG (dias)	7,9	10,5	7,3	9,1

Fonte: Do autor (2022)

Com os resultados supracitados, depreende-se que o condicionamento fisiológico, principalmente para a maioria das sementes condicionadas em PEG 6000, não contribuiu para o aumento da velocidade de germinação, dado que o TMG e T 50% em sua maioria apresentaram maiores valores contribuindo para lenta germinação. Os resultados corroboram os que foram encontrados por Santos e Silva (2020) ao desenvolverem estudos relacionados à germinação sob condições de restrição hídrica de sementes de espécies da família Fabaceae.

5 CONCLUSÕES

A restrição hídrica mais severa reduziu significativamente a germinação de sementes de *H. heptaphyllus* (2018) condicionadas em PEG nos potenciais -0,4 e -0,8 MPa.

O condicionamento fisiológico em PEG aumentou o percentual de germinação das sementes de *E. contortisiliquum* (2008) apenas nos potenciais -0,4 e -0,8 MPa, porém não contribuiu para a formação de plântulas normais.

O hidrocondicionamento foi a técnica que apresentou resultados superiores na germinação se comparado ao osmocondicionamento.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P. D.; PAIVA SOBRINHO, S. D. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, p. 581-588, 2011.
- BARBIERI, G. F. et al. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de quinoa sob estresse hídrico e salino. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 15, p. 153-161, 2019.
- BATISTA, T. B. et al. Condicionamento fisiológico com diferentes fontes e concentrações de glicídios em sementes de braquiária. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 843-849, 2018.
- BATLLA, D.; ARNOLD, R.L.B. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Seed Science Research**, p. 1-12, 2015
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control. **Springer Science & Business Media**, 1982.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2nd ed. New York: **Plenum Press**, p. 445, 1994.
- BORGES, V. P.; COSTA, M. A. P. D. C.; RIBAS, R. F. Emergência e crescimento inicial de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo em ambientes contrastantes de luz. **Revista Árvore**, v. 38, p. 523-531, 2014.
- BORGES, E. E. L.; TOOROP, P. E. Fisiologia da germinação. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. (Org.). Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção. Londrina: **ABRATES**, p. 244-258, 2015.
- BRADFORD, K. J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALII, G. (Eds.) Seed development and germination. New York: **Marcel Dekker**, p. 351-396, 1995.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Priming de sementes de árvores pioneiras *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) avaliadas por análise automatizada de imagens computadorizadas. **Scientia Agrícola**, v. 67, p. 274-279, 2010.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Brasília. **Diário Oficial da União**, de 30 de agosto de 2002, seção I, p. 17.241, 2002

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**, 2009.

BRASIL. Instruções para a análise de sementes de espécies florestais. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: **MAPA/ACS**, p. 98, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: **FUNEP**, p. 590, 2012.

CARRILLO-RECHE, J. et al. Quantificando o potencial da preparação de sementes 'na fazenda' para aumentar o desempenho das culturas em países em desenvolvimento. Uma meta-análise. **Agronomia para o Desenvolvimento Sustentável**. v. 38, n. 64, p. 1-14, 2018.

CAZARIM, P. H. et al. Desempenho inicial de sementes de milho tratadas com Tiametoxam e Azospirillum brasilense em condições de deficiência hídrica simulada. **Acta Iguazu**, v. 10, n. 2, p. 90-99, 2021.

CHEN, K.; ARORA, R.; ARORA, U. Osmocondicionamento de sementes de espinafre (*Spinacia oleracea* L. cv. Bloomsdale) e desempenho germinativo sob temperatura e estresse hídrico. **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 1, p. 36-48, 2010.

EHRHARDT-BROCARDO, N. C. M.; COELHO, C. M. M. Hydration patterns and physiologic quality of common bean seeds. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 37, n. 4, p. 1791-1799, 2016.

DUTRA, T. R.; et al. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 323-330, 2017.

FAROOQ, M. et al. Endurecimento térmico: uma nova ferramenta para aumentar o vigor de sementes de arroz. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 47, n. 2, p. 187-193, 2005.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; RODRIGUES, T. J. D. Germinação de sementes de alface submetidas a condicionamento osmótico durante o armazenamento. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 73-77, 2002.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds. **Seed Science & Technology**, v. 3, p. 881-888, 1973.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. A. Condicionamento osmótico na germinação de sementes de Cássia-do-nordeste sob estresse hídrico, térmico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1025-1034, 2003.

JISHA, K. C.; VIJAYAKUMARI, K.; JOS, T. P. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, p. 1381-1396, 2012.

- KHAN, A. A. Preplant physiological seed conditioning. In: **Horticultural Review**, v. 13, p. 131-181, 1992.
- KISSMANN, C. et al. Germinação de sementes de *Stryphnodendron* Mart. osmocondicionadas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 26-35, 2010.
- KUBALA, S. et al. Expressão aumentada do gene de síntese de prolina P5CSA em relação à melhora da osmocondicionamento de sementes de *Brassica napus* sob estresse salino. **Journal of Plant Physiology**, v. 183, p. 1-12, 2015.
- LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: **Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos**, p. 174, 1983.
- LANTERI, S. et al. Efeitos da deterioração controlada e osmocondicionamento na germinação e replicação nuclear em sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Annals of Botany**, v. 77 n. 6, p. 591-597, 1996.
- LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. 3ª ed. Editora RiMa: São Carlos, 531 p. 2006.
- LISBOA, A. C. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 5. ed. Nova Odesa, SP: **Instituto Plantarum**, v. 1, p. 368, 2008.
- LUCCHESI, J. R. et al. Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 141-149, 2018.
- MAGUIRE, J. D. Velocidade de germinação - Ajuda na seleção e avaliação para emergência e vigor de plântulas 1. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCHETTI, E. R. Época de coleta, semeadura, tratamento pré-germinativo e métodos de semeadura de espécies florestais cultivadas no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984, Nova Prata. **Anais**. Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata, v. 2, p. 524-532, 1984.
- MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. **Semana de atualização em produção de sementes**, v. 1, p. 11-39, 1986.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: **FEALQ**, p. 495, 2005.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. **ABRATES**, Londrina, p. 660, 2015.
- MASETTO, T. E. et al. Germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth.: efeito de salinidade e condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 3, 2014.

MEDEIROS, J. G. et al. Fungos associados às sementes de *Enterolobium contortisiliquum*: análise da incidência, controle e efeitos na qualidade fisiológica com o uso de extratos vegetais. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 47-58, 2016.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES FILHO, E. Estabelecimento de plântulas de sorgo oriundas de sementes osmocondicionadas de diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 223-229, 2011.

OLIVEIRA, L. M. D. et al. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Samanea tubulosa* Bentham-(Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Árvore**, v. 36, p. 433-440, 2012.

OLIVEIRA, T. P. D. F. D. et al. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). **Ciência Florestal**, 25, 1043-1051, 2015.

PENIDO, A. C. et al. Efeito do condicionamento fisiológico em sementes de café armazenadas. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

PEREIRA, S. R. et al. Priming de sementes de *Urochloa brizantha* cv. Xaraé." **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 49, p. 2804-2807, 2018.

PEREIRA, T. M. et al. O óxido nítrico protege sementes de *Eucalyptus urophylla* em condições de estresse salino?. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

REIS, R.D. et al. Qualidade fisiológica de sementes de maxixe osmocondicionadas. **Journal of Seed Science**, v. 35, p. 368-373, 2013.

RIBEIRO, E. C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de *Urochloa brizantha* submetidas ao condicionamento com sais de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019.

RIBEIRO, M. I. et al. Curva de embebição, anatomia e mobilização de reservas em sementes de *Mimosa flocculosa* submetidas à superação de dormência. **Iheringia, Série Botânica**, v. 76, 2021.

SABERALI, S. F.; MORADI, M. Effect of salinity on germination and seedling growth of *Trigonella foenum-graecum*, *Dracocephalum moldavica*, *Satureja hortensis* and *Anethum graveolens*. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, v. 18, n. 3, p. 316-323, 2019.

SANTOS JUNIOR, R. N.; SILVA, A. G. D. Osmotic stress in the germination of *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & JW Grimes seeds. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 971-979, 2020.

SILVA, L. M. M. et al. Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Cnidocolus juercifolius*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 66-72, 2005.

SILVA, M. F. et al. Métodos alternativos ao ácido sulfúrico para superação de dormência das

sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril). **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 8, 2020.

SMITH, P. T.; COOB, B. G. Physiological and enzymatic characteristic of primed, re-dried air, and germinated pepper seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, p. 503-513, 1992.

SOUSA, A. A. et al. Incidência de fungos associados a sementes de ipê-rosa (*Tabebuia impetiginosa*) e ipê-amarelo (*Tabebuia ochracea*) em Roraima. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 6, n. 1, p. 34-39, 2012.

SOUZA, T. V. et al. Seed dormancy in tree species of the Tropical Brazilian Atlantic Forest and its relationships with seed traits and environmental conditions. **Brazilian Journal of Botany**, v. 38, n. 2, p. 243-264, 2015.

TONETTO, T. D. S. et al. Armazenamento e germinação de sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 40-46, 2015.

TU, K. et al. Efeitos do Seed Priming na Vitalidade e Conservação de Sementes de Pimenta. **Agricultura**, v. 12, n. 5, p. 603, 2022.

VALDOVINOS, T. M. et al. Germinação de sementes de três espécies de árvores Bignoniaceae sob estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, 2021.

VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potenciais osmóticos em função da concentração de polietilenoglicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 1957-1968, 1991.

VIRGENS, I. O. et al. Physiologic behavior of *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) Fr. All. seeds submitted to abiotic factors. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 681-692, 2012.