



**RAIZA SERENA BARBOSA VOLTAN**

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E DO ÁCIDO  
SALICÍLICO NA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM  
SEMENTES GERMINADAS DE *SESBANIA VIRGATA* (Cav.)  
Pers.**

**LAVRAS-MG  
2021**

**RAIZA SERENA BARBOSA VOLTAN**

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E DO ÁCIDO  
SALICÍLICO NA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM  
SEMENTES DE *SESBANIA VIRGATA* (Cav.) Pers.**

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 Márcio Rocha Faria  
Orientador  
Dra. Olívia Alvina Oliveira Tonetti  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da  
Biblioteca Universitária da UFLA**

Voltan, Raiza Serena Barbosa.

Efeito do condicionamento osmótico e do ácido salicílico na  
tolerância à dessecação em sementes de *Sesbania virgata* (Cav.)

Pers. / Raiza Serena Barbosa Voltan. - 2021.

40 p.

Orientador(a): José Márcio Rocha Faria.

Coorientador(a): Olívia Alvina Oliveira Tonetti.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Tolerância à dessecação. 2. Osmocondicionamento. 3.  
Estresse hídrico. I. Faria, José Márcio Rocha. II. Tonetti, Olívia  
Alvina Oliveira. III. Título.

**RAIZA SERENA BARBOSA VOLTAN**

**EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO E DO ÁCIDO SALICÍLICO NA  
TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE *SESBANIA VIRGATA* (Cav.)  
Pers.**

**EFFECT OF OSMOTIC CONDITIONING AND SALICYLIC ACID ON  
DESICCATION TOLERANCE IN SEEDS OF *SESBANIA VIRGATA* (Cav.) Pers.**

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 17 DE DEZEMBRO DE 2021

Dr. José Márcio Rocha Faria UFLA

Dr. Ezequiel Gasparin UFSM

Dra. Cristiane Carvalho Guimarães Unesp/Botucatu

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria  
Orientador

Dra. Olívia Alvina Oliveira Tonetti  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2021**

## AGRADECIMENTOS

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

A Deus pela vida e oportunidade de evoluir em cada desafio que a vida me impõe.

Aos meus pais, Denise Barbosa Voltan e Vanderlei José Voltan, pela educação, exemplo e dedicação a mim.

Aos meus irmãos: Raynara, Kayro, Raica, Khadija e Benjamin, pela amizade, alegrias e por me ajudarem a ser alguém melhor, diariamente.

Ao meu companheiro, Hugo, por me incentivar nas horas difíceis, oferecer um ombro amigo e ser meu amigo de todos os momentos.

Aos amigos do Laboratório de Sementes Florestais (LSF) pelos deliciosos momentos de café, amizade e conversas importantes para o meu crescimento pessoal.

Aos amigos da residência Hill pelas risadas, parceria e amizade, tornando todo o processo mais leve e prazeroso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria, por todos os ensinamentos, ajuda no experimento e conversas construtivas.

À Olívia, técnica do laboratório, por me orientar em todos os experimentos, me auxiliar em todas as dúvidas, oferecer palavras de consolo e otimismo quando necessário.

Ao Prof. Dr. Anderson por auxiliar em todo o planejamento do meu experimento.

À Universidade Federal de Lavras por oferecer condições e infraestrutura para a realização de novas pesquisas científicas e conceder a oportunidade de estudo e especialização.

À Capes, por conceder a bolsa de estudos, oferecendo meios para que eu realizasse o curso e me dedicasse de forma exclusiva.

A todos os professores, técnicos e servidores que direta ou indiretamente me auxiliaram a alcançar essa conquista, o meu muito obrigada.

“As folhas das árvores servem para nos ensinar a cair sem alardes.” (Manoel de Barros)

## RESUMO

*Sesbania virgata* é uma espécie com alta produção de sementes, longevidade prolongada e altos índices de germinação, além de possuir sementes ortodoxas, o que a torna interessante para o estudo de tolerância a dessecação em sementes germinadas, a fim de entender melhor as sementes recalcitrantes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento osmótico e do ácido salicílico na tolerância à dessecação dessas sementes após a germinação. Inicialmente, as sementes foram submetidas a 3 tratamentos: PEG (-0,6 MPa); PEG (-0,6 MPa) + A.S. (250  $\mu$ M) e sem condicionamento, mantidas a 10°C, por 72 h, no escuro. O teste de germinação foi realizado em câmara de germinação do tipo BOD a 25 °C com luz branca constante por 72 h. Após a germinação, as sementes com 1, 3 e 5 mm passaram pela secagem contendo 150 mL de sílica gel ativada por 72 h, a 20 °C no escuro, com ou sem prévia incubação em PEG (-2,04 MPa), sendo em seguida levadas para a pré-umidificação, por 24 h a 20°C, e reidratação nas mesmas condições da germinação. O teste de germinação alcançou 99% de germinação para as sementes sem condicionamento, 98% para sementes osmocondicionadas em PEG e 97% para PEG + A.S. O IVG (índice de velocidade de germinação) foi maior para PEG + A.S, seguido de PEG e por último, sem condicionamento. Após a secagem direta observou-se que as sementes germinadas com 1 mm de comprimento de radícula obtiveram sobrevivência estatisticamente superior em relação a 3 e 5 mm de comprimento de raiz em todos os tratamentos. Esse resultado também foi observado na secagem após a incubação em PEG. Analisando cada comprimento de raiz após a secagem direta encontra-se que o comprimento de raiz de 1 mm obteve melhor sobrevivência no tratamento com PEG, enquanto o comprimento de 3mm de raiz apresentou melhor resultado de sobrevivência para PEG e PEG + A.S. e por último, o comprimento de 5 mm foi estatisticamente superior no tratamento PEG + A.S. Após a incubação em PEG foi encontrado que as sementes com 1 mm de comprimento de raiz apresentou sobrevivência estatisticamente superior no condicionamento em PEG, o comprimento de 3 mm de raiz não apresentou diferença significativa em relação aos 3 tratamentos e o comprimento de 5 mm obteve resultados superiores de sobrevivência no tratamento sem condicionamento. Dentre os tratamentos pré secagem direta observa-se que o melhor foi o de condicionamento em PEG em plântulas com 1 mm de raiz, alcançando 74% de sobrevivência. Esse mesmo tratamento proporcionou a maior taxa de sobrevivência (90%) após a incubação em PEG. Conclui-se que as plântulas de *S. virgata* alcançaram maiores taxas de sobrevivência em comprimentos de raiz de 1 mm e condicionamento das sementes em PEG (-0,6 MPa). Também foi observado a emissão de raízes laterais quando houve morte da raiz principal em todos os tratamentos com comprimento de raiz de 1 mm.

Palavras-chave: sobrevivência, osmocondicionamento, estresse hídrico

## ABSTRACT

*Sesbania virgata* is a species with high seed production, prolonged longevity and high germination rates, in addition to being very suitable for use in reforestation programs. The objective of this work was to evaluate the effect of osmotic conditioning and salicylic acid on the desiccation tolerance of these seeds after germination. The experiment was conducted at the Forest Seeds Laboratory at the Federal University of Lavras. Initially, the seeds were subjected to 3 treatments: PEG (-0.6 MPa); PEG (-0.6 MPa) + A.S. (250  $\mu$ M) and without conditioning, kept at 10°C, for 72 h, in the dark. The germination test was carried out in a BOD-type germination chamber at 25°C with constant white light for 72 h. After germination, the seeds were dried with or without previous incubation in PEG (-2.04 MPa), which is then taken to pre-humidification for 24 h at 20°C and rehydration under the same germination conditions. The germination test reached 99% germination for seeds without conditioning, 98% for seeds osmoconditioned in PEG and 97% for PEG + AS. The IVG (germination speed index) was higher for PEG + AS, followed by PEG and by last, without conditioning. After direct drying, it was observed that seedlings with 1 mm of radicle length had statistically higher survival compared to 3 and 5 mm of root length in all treatments. This result was also observed in drying after incubation in PEG. Analyzing each root length after direct drying it is found that the 1 mm root length had better survival in the PEG treatment, while the 3mm root length showed better survival result for PEG and PEG + AS and finally, the 5 mm length was statistically superior in the PEG + AS treatment for seedling survival. After incubation in PEG, it was found that the 1 mm root length showed statistically superior survival in the PEG conditioning, the 3 mm root length did not show any significant difference in relation to the 3 treatments and the 5 mm length had superior results of survival in unconditioned treatment. Among the direct drying treatments, it was observed that the best was the PEG conditioning in seedlings with 1 mm of root, reaching 74% of survival. This same treatment provided the highest survival rate (90%) after incubation in PEG. It is concluded that *S. virgata* seedlings achieved higher survival rates at root lengths of 1 mm and seed conditioning in PEG (-0.6 MPa). Lateral root emission was also observed when the main root died in all treatments with a root length of 1 mm.

Keywords: survival, osmoconditioning, water stress

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pres.....	<b>10</b>
<b>2.2</b>	Germinação.....	<b>11</b>
<b>2.3</b>	Condicionamento fisiológico.....	<b>12</b>
<b>2.4</b>	Ácido salicílico.....	<b>14</b>
<b>2.5</b>	Tolerância a dessecação .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	Coleta e beneficiamento de sementes.....	<b>17</b>
<b>3.2</b>	Determinação do grau de umidade.....	<b>17</b>
<b>3.3</b>	Condicionamento osmótico com polietileno glicol e ácido salicílico.....	<b>17</b>
<b>3.4</b>	Quebra de dormência.....	<b>18</b>
<b>3.5</b>	Testes de germinação.....	<b>19</b>
<b>3.6</b>	Índice de velocidade de germinação.....	<b>19</b>
<b>3.7</b>	Tempo médio de germinação.....	<b>19</b>
<b>3.8</b>	Perda e restabelecimento da tolerância à dessecação (TD).....	<b>19</b>
<b>3.9</b>	Análise de dados.....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	Teste de germinação.....	<b>22</b>
<b>4.2</b>	Perda e restabelecimento da TD.....	<b>23</b>
<b>4.2.1</b>	Efeito do condicionamento e ácido salicílico na sobrevivência das sementes germinadas .....	<b>24</b>
<b>4.3</b>	Formação de raízes laterais.....	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

*Sesbania virgata* (Cav.) Pers é uma espécie arbórea tropical da família Fabaceae e sub-família Faboideae (ARAUJO et al., 2004), com alto potencial para utilização em programas de reflorestamento de matas ciliares, recuperação de áreas degradadas e controle da erosão no solo (BRANZINI et al., 2012). As sementes de *S. virgata* possuem dormência física, alta longevidade e germinação em condições inóspitas, características estas que auxiliam na formação de bancos de sementes e manutenção da espécie ao longo do tempo e espaço (VIEIRA et al., 2007).

A tolerância à dessecação (TD) é um mecanismo complexo que envolve genes e é baseada nos processos bioquímicos desses genes e regulação da transcrição (BARTELS, 2005). Esse mecanismo tem a capacidade de manter as funções das sementes quando são reidratadas (ALPERT; OLIVER, 2002). De acordo com a TD e armazenamento, as sementes podem ser classificadas em três grupos, ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias (ROBERTS, 1973).

Em sementes ortodoxas, a perda da TD inicia com a protrusão da radícula e à medida que o comprimento de raiz aumenta acontece a perda irreversível, variando de acordo com a espécie (FARIA et al., 2005; VIEIRA et al., 2010). Essas variações entre as espécies acontecem devido a estrutura física de suas matrizes internas, envolvendo interação de ácidos orgânicos, aminoácidos, açúcares e proteínas produzidas durante a maturação, que se associam a macromoléculas e impedem a desnaturação (BERJAK; PAMMENTER, 2008).

Sementes ortodoxas germinadas ou em processo de germinação, submetidas a estresses hídricos em soluções osmóticas, podem readquirir a TD perdida (BUIKINK et al., 2003; FARIA et al., 2005). O condicionamento osmótico melhora o desempenho e resistência das plântulas a estresses edafoclimáticos, além de favorecer germinação rápida e uniforme (MASETTO, 2013). O uso de polietilenoglicol para reinduzir a tolerância à dessecação tem obtido sucesso em sementes germinadas, quando a temperatura, tempo de incubação e o potencial hídrico da solução estão adequados para cada espécie (BUIKINK et al., 2003; FARIA et al., 2005; MAIA et al., 2014). Também envolvido com as respostas aos estresses ambientais está o ácido salicílico (A.S.) (BEZRUKOVA, 2001; SENARATNA, 2000).

O A.S. é um hormônio vegetal sintetizado pelas plantas (LÓPEZ et al., 2019). Este composto está relacionado com a resistência da planta, influenciando no crescimento e desenvolvimento dos vegetais (GONÇALVES et al., 2014). Além de promover efeitos na porcentagem de emergência e desenvolvimento de plântulas normais, vigor de sementes e

controle da deterioração (MAIA et al., 2000; MOREIRA et al., 2014). Além disso, existem poucos estudos que envolvem o papel do A.S. na qualidade das sementes de espécies florestais, a maioria dos estudos com esse fitormônio está focada em espécies e cultivares agronômicas (CORREIA, 2021; FILHO et al., 2019).

Portanto, objetivou-se com o presente estudo caracterizar o efeito do condicionamento osmótico e A.S. na sobrevivência de plântulas de *S. virgata* com 1, 3 e 5 mm de comprimento de raiz submetidas a secagem com ou sem incubação prévia em PEG, já que o estudo das sementes ortodoxas germinada podem trazer um maior conhecimento sobre o comportamento das sementes recalcitrantes. Os objetivos específicos foram: avaliar o efeito dos diferentes tipos de condicionamento na TD; analisar as diferenças entre os três comprimentos de raiz; examinar os resultados da secagem direta e incubação em PEG na análise de sobrevivência; realizar a reindução da TD.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Sesbania virgata* (Cav.) Pres.

A espécie arbórea *Sesbania virgata*, conhecida popularmente como cambaí-amarelo, pertence à família Fabaceae, subfamília Faboideae é encontrada em diversos pontos do Brasil, principalmente em vegetações ciliares pioneiras. Nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, sua maior ocorrência se dá na Mata Atlântica e no Cerrado (CARPANEZZI; FOWLER. 1997; BRAGGIO et al., 2002). Recentemente foi encontrada em alguns nichos da Caatinga, provavelmente introduzida neste bioma, trazendo impactos como invasora nestes ecossistemas (ANDRADE, 2006). No município de Bauru, SP, também foram observadas invasões por essa espécie em áreas de preservação permanente (SOUZA et al., 2010).

A espécie também ocorre em terrenos úmidos com associação de bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium*, geralmente associada aos primeiros estágios da sucessão ecológica, sendo por isso muito indicada para recuperação de áreas degradadas e áreas de cava com extração de argila (COUTINHO et al., 2006; POTOMATI; BUCKERIDGE, 2002). Pereira (2011) reforça a utilização dessa espécie para recuperação de áreas degradadas e a caracteriza como uma espécie com tempo médio de formação de mudas entre 120 a 150 dias, rápido crescimento no campo e rusticidade, muito bem adaptada a solos com baixa fertilidade, locais com a temperatura entre 15-35 °C e índice pluviométrico entre 1.200 e 2.500 mm.

As sementes de *S. virgata* possuem alta longevidade quando armazenadas. Em um trabalho desenvolvido por Vieira et al. (2007) foi observado que o armazenamento não alterou a viabilidade das sementes armazenadas por 24 meses em recipientes plásticos na geladeira a 4°C.

As sementes possuem impermeabilidade do tegumento à água, caracterizando-as com o tipo de dormência física (ARAÚJO et al., 2004). Dentre os métodos existentes de superação da dormência física, o mais indicado para essa espécie é o tratamento com ácido sulfúrico (VARI et al., 2007; VEASEY; TEIXEIRA DE FREITAS, 2002).

*S. virgata* produz sementes em alta quantidade, germinação alta e produção de plântulas, em laboratório, possui comportamento ortodoxo e facilidade na superação de dormência, dessa forma é uma espécie interessante para os estudos propostos.

## **2.2 Germinação**

A germinação é caracterizada como o reinício de atividades metabólicas do eixo embrionário que estavam paralisadas desde as fases finais do processo de maturação. No entanto, quando existe estímulo do ambiente, o eixo embrionário retoma seu crescimento, resultando no rompimento do tegumento por meio da radícula (LABOURIAU, 1983; BEWLEY; BLACK, 1994). Dessa forma, a germinação é um processo fisiológico responsável pela retomada e continuidade de atividades metabólicas que atuam no desenvolvimento das estruturas presentes no embrião e possibilitam a formação da plântula (LEAL et al., 2016).

A germinação tem início na embebição da semente, ativando processos metabólicos que culminam com o aparecimento da radícula (LARCHER, 2006). Sementes de uma mesma espécie podem apresentar potencial germinativo semelhante, mas não necessariamente o mesmo comportamento, pois o início da germinação e a sua distribuição podem ser diferentes, apresentando maior ou menor rapidez (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

O estresse é um desvio significativo das condições ótimas, que induz respostas no funcionamento do organismo, podendo ser reversíveis ou permanentes. Dessa forma, as plantas estão sujeitas a diversas condições de estresses que limitam o seu desenvolvimento e sobrevivência, independentemente de onde estejam (LARCHER, 2006). Para tanto, os fatores luz, temperatura, água e oxigênio que são imprescindíveis para que a germinação ocorra devem estar presentes no ambiente e atuarem de forma favorável para a semente (RAVEN et al., 2007).

A regeneração das espécies, bem como a sobrevivência das mesmas, é garantida por meio do potencial de germinação das sementes atuando em uma faixa extensa de fatores

abióticos (MOURA et al., 2011), sendo que os fatores climáticos, como temperaturas extremas e seca, são fatores ambientais abióticos que podem estressar as plantas, limitando o crescimento e desenvolvimento destas (KRASENSKY; JONAK, 2011).

A produção de mudas e de plântulas saudáveis é altamente influenciada pela utilização de sementes de boa qualidade, as quais são classificadas em quatro atributos: genético, físico, sanitário e fisiológico. A qualidade fisiológica das sementes é obtida por meio da avaliação do potencial fisiológico em testes de laboratório (MARCOS FILHO, 2001).

Além disso, um outro fator que influencia o processo germinativo é a capacidade que algumas sementes possuem de permanecer em um período de dormência, um mecanismo desenvolvido por algumas espécies, herdadas durante a evolução das mesmas, que permite a distribuição da germinação ao longo do tempo (BEWLEY; BLACK, 1994) permanecendo durante períodos curtos ou longos até que a semente tenha condições favoráveis para germinar (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; FOOTITT et al., 2011). As condições ideais acarretarão mudanças metabólicas, e/ou estruturais, que irão desbloquear o mecanismo intrínseco a semente que afeta a germinação (BEWLEY et al., 2013).

Existem dois mecanismos de dormência, endógena e exógena, sendo a endógena referente a bloqueios que ocorrem na germinação por características do embrião e a exógena que está ligada às características químicas ou estruturais (BASKIN; BASKIN, 2004).

A classificação de dormência pode ser física, morfológica, fisiológica, morfofisiológica e física combinada com fisiológica. Na dormência física ocorre impermeabilidade do tegumento das sementes, o que restringe a entrada de água; a dormência morfológica se configura quando após a dispersão o embrião ainda está imaturo; a dormência fisiológica se caracteriza por substâncias inibidoras que impedem a protrusão da radícula ou ausência de substâncias que promovem a germinação; a morfofisiológica é a combinação da morfológica com a fisiológica; e por fim, existe a combinação da física com a fisiológica (VIVIAN et al., 2008; CARDOSO, 2009; BASKIN; BASKIN, 2014; WILLIS et al., 2014). A dormência física é o tipo de dormência mais comum em sementes de leguminosas (COSTA et al., 2011).

### **2.3 Condicionamento fisiológico**

O condicionamento osmótico consiste na hidratação controlada das sementes a fim de promover atividades pré-metabólicas sem, contudo, permitir a emissão da raiz primária, já que diminui a entrada de água nas sementes, impedindo que estas germinem durante o condicionamento (NASCIMENTO, 2004).

O condicionamento fisiológico de sementes, também denominado *priming* é amplamente utilizado por possibilitar a máxima expressão de vigor das sementes em diversas espécies para que a germinação aconteça mais rapidamente, com maior uniformidade (LIMA; MARCOS FILHO, 2009) e com um melhor estabelecimento de plântulas (LOPES et al., 2019). De acordo com Zengh et al. (1994), o aumento do vigor é obtido porque a eficiência do tratamento na reparação da organização estrutural da membrana plasmática acontece na embebição.

A técnica consiste na hidratação parcial (pré-embebição) das sementes sob tempo e temperatura pré-estipulados, com o intuito de viabilizar os processos metabólicos do processo germinativo sem que haja emissão da raiz primária (PAPARELLA et al., 2015). A escolha do potencial osmótico é muito importante visto que este vai regular a quantidade de água que será absorvida e a semente vai passar pelas fases I e II, sem passar pelo alongamento celular e protrusão da radícula (BEWLEY & BLACK, 1994).

Além disso, o condicionamento induz uma maior proteção às sementes, auxiliando-as em condições ambientais adversas (possíveis estresses) (KUBALA et al., 2015). No processo de condicionamento osmótico há uma hidratação lenta da semente permitindo que ela alcance a reorganização de suas membranas plasmáticas e organize os tecidos de forma ordenada, reduzindo assim possíveis danos ao eixo embrionário (KHAN, 1992).

Existem técnicas de hidrocondicionamento (utilizando água para a hidratação das sementes), osmocondicionamento (emprego de soluções de polietilenoglicol, manitol e sais), matricondicionamento (que utiliza materiais como argila e areia) e exposição das sementes em atmosferas úmidas a pré-germinação (MARCOS FILHO, 2005). As soluções mais utilizadas no osmocondicionamento são o polietilenoglicol (PEG) e sais inorgânicos como o NaCl e CaCl<sub>2</sub> e alto peso molecular (OLIVEIRA; GOMES-FILHO, 2009; YAMASHITA et al., 2009; KISSMANN et al., 2010). De acordo com Souza e Cardoso (2000), cada um desses agentes apresenta diferenças químicas que podem concluir resultados diferentes na germinação das sementes, mesmo utilizando potenciais hídricos similares.

O polietilenoglicol (PEG) é um agente osmótico que simula a seca, tem a vantagem de ser quimicamente inerte, atóxico para sementes e raízes das plantas e não penetrar nas sementes (HASSANPANA, 2010; NASCIMENTO, 2004; SOLIMAN; HENDAWY, 2013; STANTON et al. 2012). O PEG tem sido utilizado para estudos de restrição hídrica que envolve a avaliação da germinação e seleção de genótipos tolerantes à salinidade e/ou seca em diferentes culturas (HOMAYOUN et al., 2011; BOYD; HUGHES, 2011; STANTON et al., 2012;

HASSANPANA, 2010; HASSANEIN, 2010; SOLIMAN; HENDAWY, 2013; VERMA et al., 2013).

O tratamento de sementes germinadas em polietilenoglicol (PEG) estimula o aumento da síntese de ácido abscísico (ABA). Esse fitormônio está relacionado com vários mecanismos de proteção, dentre eles pode-se listar: relaxamento da membrana celular e conseqüentemente redução no volume citoplasmático, sem que ocorram danos ultraestruturais (JIA et al., 2001; LU et al., 2007; CREELMAN; MULLET, 1991). Trabalhos já evidenciaram a possibilidade do relaxamento da membrana plasmática ou encolhimento do volume da célula estarem relacionados com a biossíntese de ABA induzida por estresse osmótico (CREELMAN; MULLET, 1991; JIA et al., 2001).

Existem trabalhos com o PEG em sementes de culturas anuais, espécies hortícolas e alguns resultados benéficos para espécies florestais (SARMENTO, 2021). Alguns trabalhos com sementes das espécies florestais *Miconia condellana* Trien. (quaresminha) (BORGES et al., 1993), *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. (babosa) (SUNE et al., 2002) e *Chorisia speciosa* (St. Hil.) (paineira) (FANTI; PEREZ, 2003) demonstram benefícios na emergência de plântulas. Além disso, o uso do PEG para reinduzir a tolerância à dessecação tem mostrado resultados positivos em diversos trabalhos (BUTINK et al., 2003; FARIA et al., 2005; MAIA et al., 2014).

Estudos com a germinação e estabelecimento de espécies florestais, principalmente em locais com baixa disponibilidade hídrica em determinada época do ano, são importantes para a sobrevivência das mesmas (ROSA et al., 2005). Além do mais, é necessário o desenvolvimento de um protocolo adequado para sementes germinadas de diferentes espécies, já que fatores como temperatura, tempo de incubação e o potencial hídrico da solução podem influenciar nos resultados dessa técnica (BUTINK et al., 2003).

## 2.4 Ácido salicílico

O ácido salicílico (A.S.) é um hormônio vegetal sintetizado pelas plantas, pertence ao grupo de moléculas denominado salicilato, caracterizado por um anel aromático e um grupo hidroxila (LÓPEZ et al., 2019). Este composto é sintetizado pelo aminoácido fenilalanina, encontrado em folhas, inflorescências de plantas termogênicas e plantas atacadas por patógenos (ARTECA, 1995; WILDERMUTH et al., 2001), podendo ocorrer nos cloroplastos ou nos peroxissomos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

De acordo com Azooz e Youssef (2010), o A.S. está relacionado com a resistência às doenças, tolerância ao estresse hídrico e com os efeitos de proteção das plantas que estão sob escassez de água. Recentemente, também foi descrito como um composto indutor de resistência, que pode alterar o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais (GONÇALVES et al., 2014). O A.S. também ajuda na mediação das respostas aos estresses ambientais como o salino, hídrico ou térmico (BEZRUKOVA, 2001; SENARATNA, 2000).

Além disso, este composto está presente em processos fisiológicos e bioquímicos da planta, como o fechamento estomático, absorção de nutrientes, síntese de clorofila, inibição da germinação, fotossíntese, metabolismo de nitrato, produção de etileno, indução do florescimento, além da produção de proteínas e frutos (NOOREN et al., 2009; KABIRI; FARAHDAKSH; NASIBI, 2012; KERBAUY, 2008).

Um trabalho desenvolvido por Carvalho et al. (2007), estudando qual seria o efeito do ácido salicílico na germinação e vigor de sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) em condições de estresse térmico e hídrico, resultou no aumento do índice de velocidade de germinação. O uso do A.S. em concentrações adequadas pode aumentar a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade, porém isso depende das condições ambientais, época e forma de uso (NIVEDITHADEVI et al., 2012).

Dessa forma, o A.S. pode promover efeitos no processo germinativo, atuando na porcentagem de emergência, comprimento da parte aérea e raiz, biomassa fresca e seca, porcentagem de plântulas normais, vigor das sementes, controle da deterioração e outros benefícios (MAIA et al., 2000; HEBERLE, 2012; MOREIRA et al., 2014; LISBOA et al., 2017; FILHO et al., 2019).

Existem alguns estudos com A.S. na germinação de sementes florestais, como *Spondias tuberosa* L. (umbu) e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (angico vermelho) (CORREIA, 2019; FILHO et al., 2019), porém a maior parte dos estudos dedica-se a espécies e cultivares agronômicas, como camomila, melancia, arroz, pepino e milho (PACHECO et al., 2007; SILVA et al., 2012; MEDEIROS et al., 2015; BERTONCELLI et al., 2015; MANFRON et al., 2016).

## **2.5 Tolerância a dessecação (TD)**

A tolerância à dessecação é um mecanismo que os organismos possuem para resistir ao processo de secagem e ainda manter as suas funções quando forem reidratadas, é encontrada em grãos de pólen, esporos e sementes (ALPERT; OLIVER, 2002). Nas plantas é raro existir

TD em brotos e raízes, mas nas sementes e pólen é comum (DEKKERS et al., 2015). De acordo com Colville e Kranner (2010), formas de vida que são tolerantes à dessecação possuem capacidade de perder mais de 90% de água e reassumir o metabolismo quando a água estiver disponível.

As sementes recalcitrantes têm a capacidade de germinarem antes ou imediatamente após a separação da planta-mãe. Isso acontece porque elas continuam hidratadas até o fim da maturação e, dessa forma, não existe tolerância à dessecação para essas espécies, ocasionando a dificuldade de armazenamento nas mesmas (BARBEDO; MARCOS FILHO 1998; HARTMANN et al., 1997). Diferente das recalcitrantes, as ortodoxas passam por um processo de dessecação ao fim da maturação, modificando o metabolismo do desenvolvimento para a germinação, um processo necessário para balanço hormonal, quantidade e tipos de proteínas e açúcares, estado físico da água e etc. (FARRANT et al., 1988, BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998).

O estágio fisiológico de desenvolvimento das sementes possui três fases (JIANG; KERMODE, 1994); histodiferenciação, maturação e dessecação. Durante a primeira fase a semente é intolerante à dessecação, na segunda fase a semente adquire a tolerância a dessecação e assim entra na terceira fase (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998). Mais tarde, na germinação, a perda da TD acontece quando as divisões celulares e as sínteses do DNA são retomadas, estando relacionada, entre outras coisas, à incapacidade de as células reconstituírem o citoesqueleto microtubular (FARIA et al., 2005).

A sensibilidade à dessecação aumenta consideravelmente enquanto o processo de germinação avança, isso é válido também para as sementes mais tolerantes, com a fase mitótica e extensa vacuolização das células do embrião que sinalizam a perda da tolerância (FARRANT et al., 1986; BERJAK et al., 1989). Trabalhos com sementes ortodoxas demonstraram que as mesmas podem readquirir a tolerância à dessecação perdida durante a germinação, quando submetidas a estresses hídricos em soluções osmóticas (BUITINK et al., 2003; FARIA et al., 2005), outro trabalho buscou induzir o embrião imaturo a tolerar a secagem, incubando as sementes imaturas de *Caesalpinia echinata* LAM. (Pau-Brasil) em soluções de polietilenoglicol (PEG) em potencial hídrico inferior ao do embrião (LEDUC, 2007).

Os estresses hídricos podem ser ferramentas interessantes para estimular processos que vão levar a tolerância à dessecação, ativando genes, embora pouco se saiba sobre o funcionamento da ativação de genes ligados a TD (LE; McQUEEN-MASON, 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### 3.1 Coleta e beneficiamento de sementes

Frutos maduros de *Sesbania virgata* foram coletados na cidade de Lavras (21°14'S, 44°59'W Minas Gerais, em junho de 2001, sendo as sementes beneficiadas no Viveiro Florestal do DCF/UFLA.

O beneficiamento foi realizado seguindo a metodologia de Davide et al. (1995), que consiste na quebra dos frutos utilizando martelo de borracha no interior de sacos de aniagem, seguida por separação do material inerte utilizando-se peneiras. Em seguida, as sementes foram pesadas, colocadas em sacos plásticos selados e armazenadas em câmara fria e seca (5°C; 50% UR) até o início do experimento.

#### 3.2 Determinação do grau de umidade

. A determinação foi feita pelo método de estufa a 105±3°C, por 24 horas (BRASIL, 2009) utilizando 4 repetições de 10 sementes ou plântulas (no caso da semente já germinada) em cada amostra. O teste de umidade foi realizado em todas as etapas do experimento. Os resultados foram expressos com base no peso úmido das sementes.

#### 3.3 Condicionamento osmótico com polietileno glicol e ácido salicílico

As sementes foram submetidas a três tratamentos após a quebra de dormência, sendo dois de condicionamento osmótico [PEG (-0,6 MPa e PEG (-0,6 MPa) + A.S. (250 µM)] e o tratamento controle (sem condicionamento osmótico). Os tratamentos foram feitos com 40 mL de solução PEG 6000 (200 g de PEG 6000 dissolvidos em 1 L de água) e 40 mL de PEG + A.S. (100 µM) (Figura 1). Os três tratamentos [PEG (-0,6 MPa e PEG (-0,6 MPa) + A.S. (250 µM)] e o tratamento controle (sem condicionamento osmótico) foram alocados em câmara tipo BOD a 10°C por 72h, no escuro (MASSETTO, 2008).

Figura 1 – Sementes de *S. virgata* submetidas aos três tratamentos de condicionamento



Fonte: Do autor (2021)

### 3.4 Quebra de dormência

O tratamento pré-germinativo adotado para a quebra de dormência foi a escarificação química. As sementes foram colocadas em um béquer, imersas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos e lavadas em água corrente (SILVA, 2011).

### 3.5 Testes de germinação

Após o condicionamento, as sementes foram lavadas com solução de hipoclorito de sódio (2% de cloro ativo) por 3 minutos e enxaguadas em água corrente por um minuto para redução da proliferação de fungos. Os testes de germinação foram conduzidos em rolo de papel com cinco repetições de 20 sementes, colocadas em câmara de germinação do tipo BOD a 25°C com luz branca constante, permanecendo por 7 dias (MASETTO et al., 2013).

O teste foi avaliado considerando como germinadas as sementes que apresentaram protrusão radicular e mortas aquelas que não germinaram, e estavam amolecidas ou atacadas por microrganismos ao final do teste. A avaliação foi feita durante sete dias após a instalação do teste.

### 3.6 Índice de velocidade de germinação

Após a instalação do teste foram realizadas contagens diárias de sementes germinadas visando à determinação do índice de velocidade de germinação, proposto pela fórmula de Maguire (1962).

$IVG = \Sigma (G_n/N_n)$ , onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

$G_n$  = número de sementes germinadas computadas na  $n$ ésima contagem;

$N_n$  = número de dias da  $n$ ésima contagem a partir da semeadura.

### 3.7 Tempo médio de germinação

Desenvolvido com os resultados do teste de germinação, os resultados são expressos em dias (Labouriau, 1983).

$TMG = \Sigma(n_i t_i) / \Sigma n_i$ , onde:

$N_i$  = número de sementes germinadas por dia;

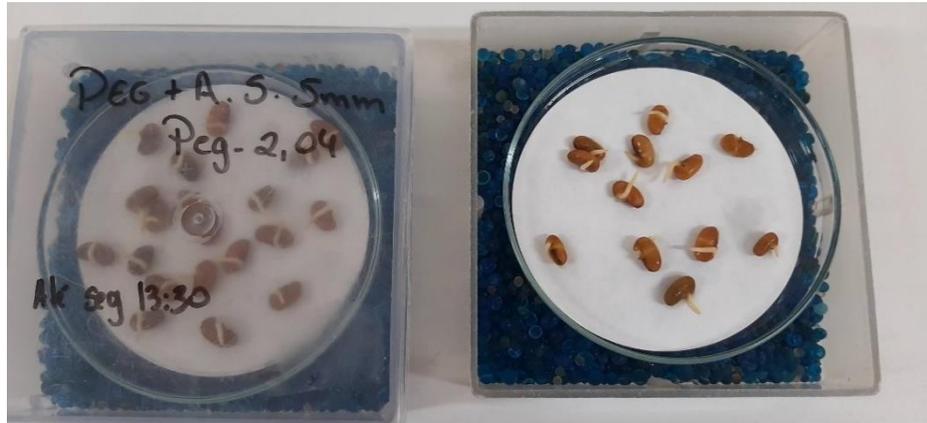
$T_i$  = tempo médio de incubação;

$i = 1$ .

### 3.8 Perda e restabelecimento da tolerância à dessecação (TD)

Após a germinação das sementes, sementes germinadas com 1, 3 e 5 mm de comprimento de raiz primária foram submetidas a dois tratamentos: secagem direta ou secagem após incubação em PEG (-2,04 MPa). A secagem direta foi feita utilizando-se caixa do tipo gerbox com 150 mL de sílica gel ativada na parte inferior, por 72 h, a 20°C, no escuro COSTA, 2011) (Figura 2).

Figura 2 – Secagem em sílica gel de sementes germinadas de *S. virgata* com raiz primária de 5 mm de comprimento.



Fonte: Do autor (2021).

A incubação em solução de PEG (-2,04 MPa) foi feita em placas de Petri com 15 mL de solução PEG 6000 (380 g de PEG dissolvidos em 1 L de água). As plântulas permaneceram por 72 h, a 5°C, a fim de interromper o crescimento das raízes (MASETTO, 2008). Após isso, as plântulas passaram pela lavagem em água corrente para completa remoção dos resíduos, sendo em seguida colocadas em papel toalha para secagem do excesso de água. Por fim, foram colocadas em caixa gerbox contendo 150 mL de sílica gel ativada por 72 h, a 20°C no escuro (COSTA, 2011).

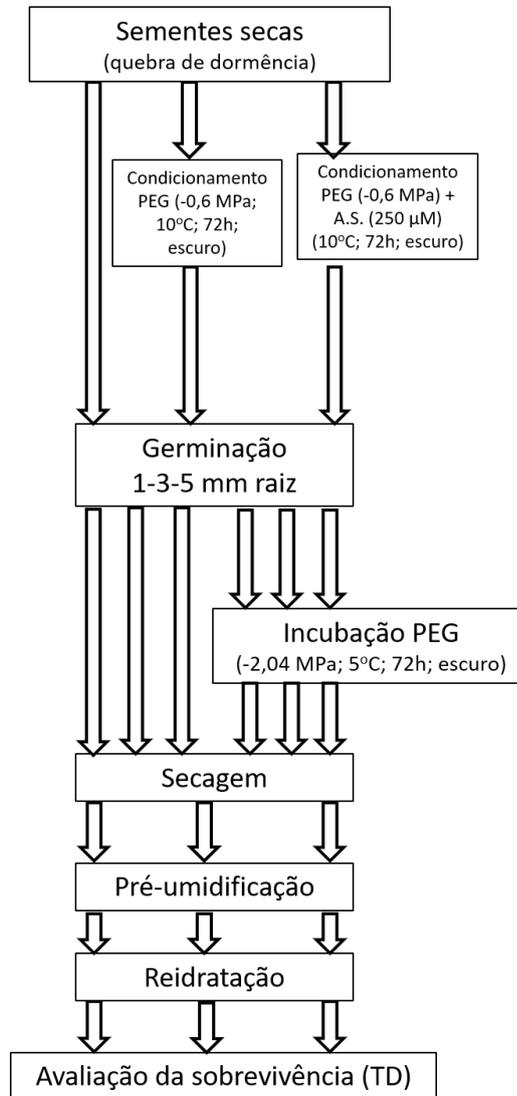
Posteriormente as plântulas foram levadas para a pré-umidificação em caixa gerbox com 90 mL de água, o que garante uma atmosfera úmida, permanecendo por 24 h, a 20°C, no escuro (COSTA, 2011). Em seguida, foram submetidas à reidratação sobre papel umedecido em placas de Petri nas mesmas condições da germinação durante 14 dias. Plântulas que retomaram seu crescimento e formaram plântulas normais (BRASIL, 2009) foram consideradas como tolerantes à dessecação.

Figura 3 – Sementes *S. virgata* com 1 mm de comprimento durante a pré-umidificação após o condicionamento em PEG, germinação e secagem direta.



Fonte: Do autor (2021).

Figura 4 – Fluxograma da metodologia de avaliação do efeito do condicionamento osmótico e ácido salicílico na perda e restabelecimento da TD em sementes de *S. virgata*.



Fonte: Do autor (2021).

### 3.9 Análise de dados

Os dados foram analisados por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM) e, quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste da Menor Diferença Significativa (Least Significant Difference – LSD) a 5% de probabilidade. Todas as análises foram executadas pelo software R for Windows 4.1.1 (R Core Team, 2021).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste de germinação

As sementes de *S. virgata* alcançaram alta porcentagem de germinação para os três tratamentos (sem condicionamento, PEG e PEG + A.S.), sendo 99%, 98% e 97%, respectivamente. Estes dados demonstram que o lote não perdeu a viabilidade durante os 20 anos que ficou armazenado. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi maior nas sementes tratadas com PEG e PEG + A.S., refletindo em um menor tempo médio de germinação (TMG) (Tabela 1). De forma semelhante, Masetto (2013) observou efeitos positivos no potencial fisiológico das sementes de *S. virgata* causados pelo osmocondicionamento em PEG, evidenciado por meio da germinação e velocidade de germinação das sementes. Em outro trabalho, Santos et al. (2011) estudando sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.) osmocondicionadas em PEG, observaram que houve aumento na porcentagem e velocidade de germinação no tratamento -0,3 MPa.

O uso do A.S. em sementes de pepino demonstrou que o IVG foi influenciado negativamente com o aumento das concentrações de A.S., resultando que concentrações maiores que 0,3 mM influenciaram negativamente o vigor das sementes (FILHO et al., 2017). Carvalho et al. (2007) encontraram diminuição no IVG a partir das doses de 0,025 e 0,05 mM de A.S. Em sementes de camomila e calêndula a aplicação de A.S. em concentrações maiores que 0,1 mM foi prejudicial à germinação. Silva et al. (2012) observaram que as sementes de melancia embebidas em A.S. obtiveram maior velocidade média de germinação, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio, embora a germinação tenha sido inferior. Este último resultado se assemelha com os resultados obtidos neste trabalho, já mostrados anteriormente, no qual o A.S. não trouxe resultados superiores na porcentagem de germinação, mas trouxe no tempo médio e índice de velocidade de germinação.

Tabela 1 – Resultados da porcentagem de germinação, IVG e TMG das sementes de *S. virgata* nos três tratamentos: sem condicionamento, PEG e PEG + A.S. germinação de sementes de *S. virgata*.

Tratamentos	Germinação (%)	IVG	TMG (dias)
<b>Sem condicionamento</b>	99	9,5	5
<b>PEG</b>	98	19	3
<b>PEG + A. S</b>	97	20	1

Fonte: Do autor (2021).

O lote de sementes apresentou teor de água inicial de 9,9% (sem condicionamento) e após os tratamentos em PEG e PEG + A.S., o teor obtido foi de 56,4% e 59,4%, respectivamente. As sementes ortodoxas possuem baixo teor de água e essa condição é um dos fatores mais importantes para que a sua viabilidade seja mantida ao longo do tempo (FOWLER, 2000). Além disso, elas são higroscópicas, o que confere a capacidade de ganhar ou perder umidade no meio em que estão inseridas (PUZZI, 2000). Sementes que possuem dormência tegumentar podem trocar mais umidade com o meio em que estão inseridas quando são submetidas a tratamentos para superação de dormência (ALBUQUERQUE, 2007), o que explica as variações de umidade após os tratamentos pré-germinativos. Após a germinação das sementes, foram feitas novas determinações de umidade para cada tratamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Grau de umidade das sementes germinadas em função dos tratamentos de condicionamento.

<b>Tratamento</b>	<b>Umidade (%)</b>
Sem condicionamento- 1mm	62,4
Sem condicionamento - 3mm	60,7
Sem condicionamento - 5mm	61,2
PEG - 1mm	60,9
PEG - 3mm	62,1
PEG - 5mm	60,6
PEG + A.S - 1mm	61,4
PEG + A.S - 3mm	61,7
PEG + A.S - 5mm	65,4

Fonte: Do autor (2021).

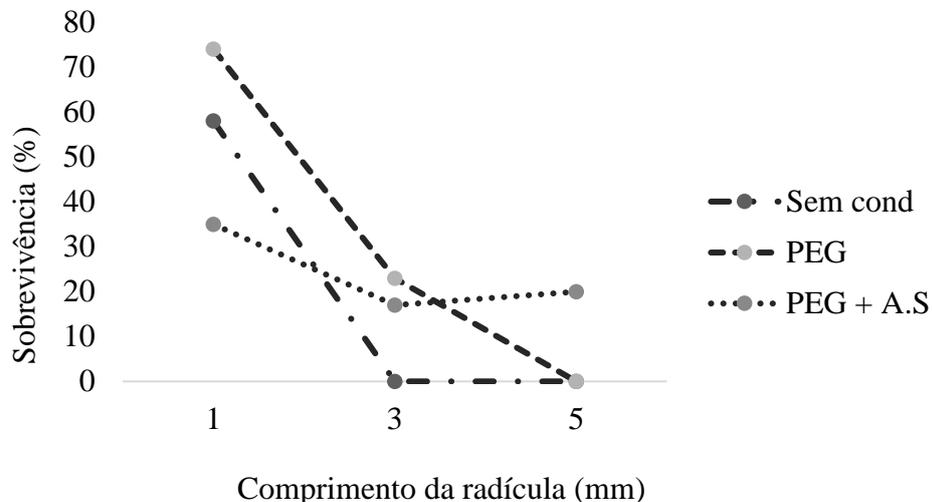
#### **4.2 Perda e restabelecimento da TD**

Houve interação tripla significativa (condicionamento, comprimento de radícula e secagem), interação dupla significativa (secagem e comprimento de radícula, secagem e condicionamento, comprimento de radícula e condicionamento) e efeito significativo dos fatores condicionamento e comprimento de radícula, isoladamente para o fator sobrevivência. Observou-se que não houve diferença significativa quanto ao fator secagem, esse resultado também foi observado por Guimarães (2009) e Oliveira (2009).

#### 4.2.1 Efeito do condicionamento e ácido salicílico na sobrevivência das sementes germinadas

Os resultados foram analisados separadamente para secagem direta e secagem após PEG (-2,04), já que não houve efeito significativo para o fator de secagem. Sendo assim, as sementes germinadas de *S. virgata*, após a secagem direta em sílica gel sobreviveram 58% para o comprimento de 1 mm de raiz no tratamento sem condicionamento. O condicionamento em PEG resultou em alta sobrevivência para plântulas com 1 mm de comprimento de raiz (74%) e baixa sobrevivência para plântulas de 3 mm (23%). Já as plântulas de 5 mm de comprimento de raiz não sobreviveram. E por fim, o tratamento com PEG + A.S. após a secagem direta apresentou 35% de sobrevivência para as plântulas com 1 mm de comprimento de raiz, 17% para plântulas com 3 mm e 20% para as plântulas de 5 mm de comprimento de raiz (Figura 5).

Figura 5– Porcentagem de sobrevivência de plântulas de *S. virgata* com raiz primária de diferentes comprimentos submetidas à secagem direta em sílica gel, seguida de pré-umidificação e reidratação.



Fonte: Do autor (2021).

Analisando cada comprimento de raiz separadamente encontra-se que o comprimento de 1 mm obteve sobrevivência superior estatisticamente no tratamento com PEG, diferente do comprimento de 3 mm de raiz que apresentou melhor resultado de sobrevivência nos tratamentos com PEG e PEG + A.S. As plântulas com 5 mm de comprimento de raiz obtiveram sobrevivência superior no tratamento com PEG + A.S. O comprimento de raiz de 1 mm apresentou melhor resultado de sobrevivência para o tratamento com PEG, enquanto que no comprimento de raiz de 3 mm não houve diferença significativa entre os tratamentos e o

comprimento de raiz de 5 mm obteve melhores resultados para o tratamento sem condicionamento (Tabela 3).

Tabela 3 – Sobrevivência de plântulas de *S. virgata* após secagem direta e secagem após incubação em PEG (-2,04 MPa) para os três tratamentos iniciais: sem condicionamento, PEG e PEG + A.S.

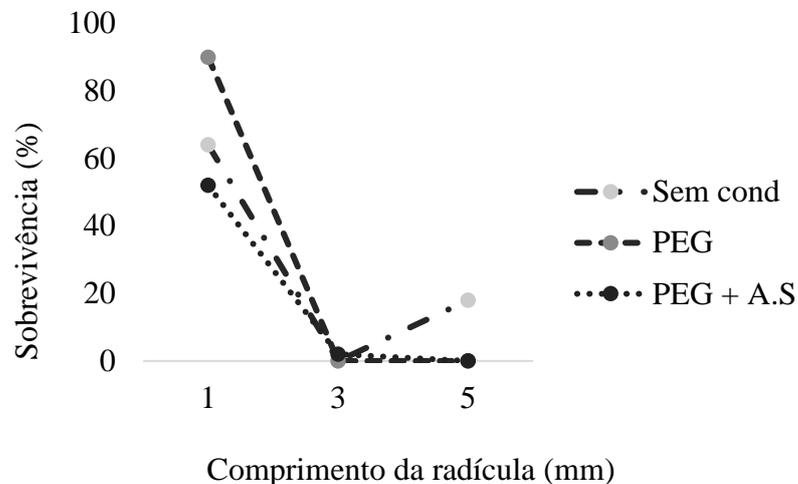
<b>Secagem direta</b>			
<b>Condicionamento</b>	<b>Comprimento de raiz</b>		
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
Sem condicionamento	58 bA	0 bB	0 bB
PEG	74 aA	23 aB	0 bC
PEG + A.S.	35 cA	17 aB	20 aAB
<b>Secagem após PEG</b>			
<b>Condicionamento</b>	<b>Comprimento de raiz</b>		
	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
Sem condicionamento	64 bA	0 aC	18 aB
PEG	90 aA	0 aB	0 bB
PEG + A.S.	52 bA	2 aB	0 bB

Legenda: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Menor Diferença Significativa (Least Significant Difference – LSD) a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam comprimentos de raiz nas linhas. Letras minúsculas comparam condicionamentos nas colunas.

Fonte: Do autor (2021).

Após a incubação em PEG verificou-se no tratamento sem condicionamento sobrevivência para 1 mm de comprimento de raiz (64%) e 5 mm de raiz (18%). O tratamento com PEG apresentou sobrevivência somente para 1 mm de comprimento de raiz (90%) e o tratamento com PEG + A.S. apresentou sobrevivência para 1 mm de comprimento de raiz (52%) e 3 mm (2%) de comprimento de raiz (Figura 6).

Figura 6 – Porcentagem de sobrevivência de plântulas de *S. virgata* com raiz primária de diferentes comprimentos submetidas ao PEG (-2,04 MPa), secagem, pré-umidificação e reidratação.



Fonte: Do autor (2021).

De acordo com a análise estatística de comparação de médias o comprimento de 1 mm de raiz obteve melhores resultados de sobrevivência tanto na análise de secagem direta, como na incubação em PEG (-2,04), diferindo estatisticamente dos demais comprimentos de raiz.

A protrusão da radícula marca, geralmente, o ponto em que as sementes ortodoxas perdem a tolerância à desidratação (LEPRINCE et al., 1995). O comprimento de raiz primária em que as sementes ortodoxas germinadas perdem a TD pode variar de acordo com a espécie e/ou cultivar (FARIA et al., 2005; GUTTERMAN; HUANG, 2004; VIEIRA et al., 2010). Entretanto, essa tolerância pode ser restabelecida em sementes germinadas, ou em fase de germinação (VIEIRA et al., 2010; MAIA et al., 2011).

Dentre os tratamentos identificou-se que a utilização da solução de PEG resultou em um percentual maior de sobrevivência nas plântulas com 1 mm de comprimento de raiz, tanto na secagem direta quanto após incubação em PEG. Esse resultado comprova os benefícios dessa solução, dentre eles: oferecer estímulo e a sincronização da germinação e emergência das plântulas, reduzindo a sensibilidade de sementes e plântulas a estresses (ODELL; CANTLIFFE, 1986).

Durante o condicionamento, iniciam-se diversos processos como a mobilização de reservas, ativação e síntese de DNA, produção de ATP, reparo de danos em membranas e atividade respiratória (CLARKE; JAMES, 1991; SUNG; CHANG, 1993). Além do mais, o uso do PEG envolve a mobilização do endosperma e proteínas de armazenamento, ativação de mecanismos de reparo e aumento na atividade de enzimas antioxidantes (KIBINZA et al.,

2011). Ele tem sido sugerido principalmente para sementes deterioradas, a fim de aumentar a longevidade por meio dos mecanismos de reparo (GONZÁLEZ-ZETUCHE et al., 2001).

A maior parte das plântulas de 3 e 5 mm não conseguiu suportar o método de secagem nas condições estabelecidas, fato que provocou rápida desidratação e baixas chances da síntese de componentes protetores (FARIA et al., 2005). Diversos fatores estão relacionados aos efeitos negativos da dessecação na sobrevivência de células e tecidos, dentre eles: desarranjo do citoesqueleto e falhas na operação de sistemas eliminadores de radicais livres (GARNCZARSKA, 2009; PROCTOR, 2007). Um trabalho com sementes de *S. virgata* demonstrou que as sementes perdem progressivamente a TD após a protrusão da radícula, alcançando completa sensibilidade quando a radícula atinge 5 mm de comprimento (COSTA et al., 2015). Além disso, o primeiro órgão a perder a TD é a radícula (MAIA et al., 2011).

Algumas pesquisas demonstraram sucesso no restabelecimento da tolerância à dessecação em sementes germinadas, nas espécies *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC.) (VIEIRA, 2008; MARTINS, 2009), *Alliaria petiolata* M.Bieb (VIEIRA, 2008), *Medicago truncatula* Gaertn (BUI TINK et al., 2003; FARIA et al., 2005). Estudos de Guimarães (2009) e Oliveira (2009) apontaram a incapacidade de reinduzir a tolerância à dessecação em sementes ortodoxas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. e *Leucaena leucocephala* (Lam.) após germinação. Uma vez que a TD é perdida, ela pode ser reinduzida com o uso desses tratamentos até certo ponto do crescimento da raiz, após isso, as plântulas ficam irreversivelmente sensíveis à dessecação.

As porcentagens de umidade estão apresentadas na Tabela 4. Verifica-se que os valores após a secagem direta estão abaixo de 10% na maior parte dos tratamentos e após a incubação em PEG (-2,04 MPa), os valores estão na faixa de 53-62% diminuindo para 7,7-9,5% de teor de água após a secagem (valores próximos do teor de água inicial). Na pré-umidificação esses valores se elevam novamente (15-36%), antes de iniciarem a reidratação.

Tabela 4 – Grau de umidade (%) após os tratamentos, secagem e pré-umidificação das sementes germinadas de *S. virgata*.

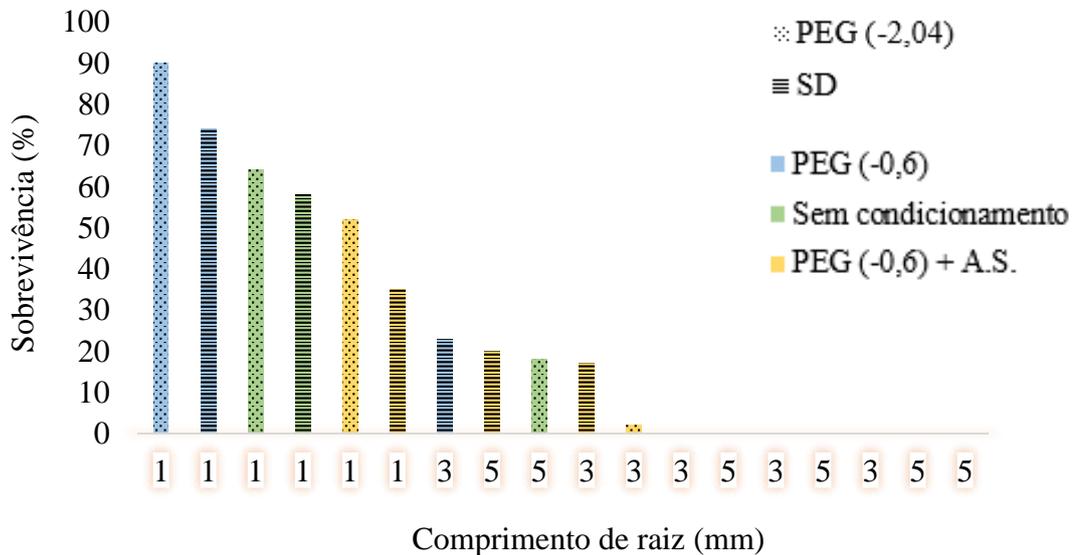
Tratamentos	Umidade após tratamento (%)	Umidade após secagem (%)	Umidade pré umidificação (%)
PEG (-0,6) - 1mm – (PEG -2,04)	58,04	9,08	21,9
PEG (-0,6) - 1mm - SD	9,89	-	31,37
Sem condicionamento - 1mm – (PEG -2,04)	56,41	9,52	22,76
Sem condicionamento - 1mm - SD	8,27	-	15,01

PEG (-0,6) + A.S. - 1mm - PEG (-2,04)	56,36	9,36	15,43
PEG (-0,6) + A.S. - 1mm - SD	14,84	-	36,14
PEG (-0,6) - 3mm - SD	9,91	-	22,79
PEG (-0,6) + A.S. - 5mm - SD	8,12	-	23,4
Sem condicionamento - 5mm - PEG (-2,04)	56,08	7,77	29,16
PEG (-0,6) + A.S. - 3mm - SD	9,44	-	15,64
PEG (-0,6) + A.S. - 3mm - PEG -2,04	59,87	8,38	16,86
Sem condicionamento - 3mm - SD	10,43	-	29,26
Sem condicionamento - 5mm - SD	8,52	-	21,91
Sem condicionamento - 3mm - PEG (-2,04)	57,76	7,75	19,82
PEG (-0,6) - 5mm - SD	9,42	-	26,45
PEG (-0,6) - 3mm - PEG (-2,04)	59,76	8,74	16,6
PEG (-0,6) - 5mm - PEG (-2,04)	53,56	8,11	22,79
PEG (-0,6) + A.S. - 5mm - PEG (-2,04)	62,22	8,4	24,01

Fonte: Do autor (2021).

A Figura 7 demonstra que as plântulas com maior sobrevivência foram aquelas condicionadas em PEG (-0,6 MPa) com comprimento de radícula de 1 mm e posteriormente incubadas em PEG (-2,04 MPa).

Figura 7 – Sobrevivência de plântulas de *S. virgata* em diferentes comprimentos de raiz para os três tratamentos de condicionamento após secagem direta e incubação em PEG.



Fonte: Do autor (2021).

Acredita-se que a heterogeneidade existente entre indivíduos de espécies não domesticadas e as variações ambientais naturais entre os anos durante a fase de maturação das sementes influenciam, além da profundidade da dormência e da produção de sementes, a

resposta à dessecação de sementes e plântulas (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; HONG; ELLIS, 1996).

Além disso, devido exatamente a essa heterogeneidade, talvez o tempo, a temperatura do condicionamento em PEG, o potencial hídrico e/ou a concentração de A.S. utilizados não tenham sido ideais para o lote analisado.

### 4.3 Formação de raízes laterais

Uma plântula normal se caracteriza por sistema radicular (raiz primária e em alguns gêneros raízes seminais), parte aérea (hipocótilo reto, delgado e alongado e epicótilo bem desenvolvido, gemas terminais, folhas primárias verdes e em expansão (BRASIL, 2009, p. 150). Observou-se um maior crescimento de plântulas normais nos tratamentos com 1 mm de comprimento de raiz, enquanto os tratamentos de 3 e 5 mm apresentaram baixas porcentagens de plântulas normais. As plântulas dos tratamentos com comprimento de raiz de 1 mm e algumas plântulas com comprimento de raiz de 3 mm seguiram o seu crescimento normal e quando houve morte do ápice da raiz primária formaram-se raízes laterais nos flancos da principal (Figura 8).

As raízes típicas são originadas do embrião, elas se formam no polo radicular e formam a raiz primária (ou principal) e delas vão surgir ramificações (raízes secundárias e terciárias) no interior do periciclo e vão formar o sistema radicular pivotante ou axial (ALMEIDA; ALMEIDA, 2014). As raízes adventícias não se formam a partir da radícula do embrião ou raiz primária (ou principal) formada a partir da radícula, mas se originam das partes aéreas das plantas (caules e folhas), caules subterrâneos ou em zonas de ramificação (regiões mais velhas que as próprias raízes), localizadas um pouco acima da zona pilífera (ALMEIDA; ALMEIDA, 2014).

Um trabalho desenvolvido por Medri et al. (2002), verificaram que *S. virgata* desenvolveu raízes adventícias após ser cultivada em solo alagado por 20 dias. Já as raízes laterais se diferenciam, na maior parte dos casos, por iniciação de um primórdio nas células do periciclo adjacentes aos polos de protoxilema, com uma certa distância do meristema apical da raiz (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006; EHLERS; GOSS, 2003; HODGE et al., 2009).

De acordo com Vieira et al. (2010), a emissão de raízes laterais está ligada às plântulas em condições de estresse, auxiliando no estabelecimento e sobrevivência das mesmas. As raízes laterais crescem de acordo com os estímulos do ambiente em meios dinâmicos, onde vão se

desenvolver simultaneamente com a raiz primária (BENKOVÁ; BIELACH, 2010). Dessa forma, as sementes germinadas possuem capacidade de produzir raízes laterais quando existem tecidos viáveis que se diferenciam em primórdios radiculares (COSTA et al., 2017).

O estresse ocasionado após a secagem provavelmente afetou o meristema radicular de algumas plântulas, principalmente daquelas com 3 e 5 mm de comprimento de raiz, ocasionando a perda da capacidade de originar novas células para formar o sistema radicular, porém em algumas plântulas com 3 mm de comprimento de raiz o estresse não afetou o periciclo, possibilitando que as plântulas pudessem iniciar os primórdios de raízes laterais (Figura 8).

Figura 8 – Plântulas de *S. virgata* durante a reidratação.



Legenda: Raiz primária na retomada do crescimento (A); surgimento de raízes laterais após surgimento de necrose (morte da raiz primária) (B).

Fonte: Do autor (2021).

## 5 CONCLUSÕES

O condicionamento em PEG + A.S. não proporcionou melhores resultados na porcentagem de sobrevivência, embora o tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação apresentaram-se superiores aos demais.

O condicionamento em PEG (-0,6 MPa) demonstrou resultados superiores no restabelecimento da TD em relação aos tratamentos PEG + A.S. e sem condicionamento no comprimento de 1 mm de raiz.

A *S. virgata* possui maior taxa de tolerância à dessecação em plântulas com 1 mm de comprimento de raiz;

É importante que mais estudos dessa natureza sejam realizados, utilizando diferentes potenciais osmóticos para o condicionamento, diferentes concentrações de A.S. e avaliando as

estruturas celulares, para um melhor entendimento da perda e restabelecimento da TD em sementes ortodoxas de *S. virgata*

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.A. **Plantas invasoras: espécies exóticas invasoras da caatinga e ecossistemas associados**. 1. Ed. Campina Grande: Epgraf, 2013.
- ARAÚJO, E. C.; MENDONÇA, A. V.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; SILVA, R. F. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Sesbania virgata* Pers. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 105-110, 2004.
- ALBUQUERQUE, K. S. et al. Métodos para superação de dormência em sementes de Sucupira-Preta (*Bowdichia virgilioides* KUNTH). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.6, p. 1716-1721, 2007.
- ALMEIDA, M.; ALMEIDA, C. V. Morfologia da raiz de plantas com sementes. **Coleção Botânica**, ESALQ/USP: Piracicaba, 2014.
- ALPERT, P.; OLIVER, M. J. Drying without dying. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W.; Desiccation and survival in plants: drying without dying. **CAB International**, New York, p. 3-43, 2002.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia vegetal**. 2. Ed. Viçosa, 438 p., 2006.
- ARTECA, R.N. Plant growth substances; principles and applications. **Chapman**, New York, 1995.
- AZOOZ, M. M.; YOUSSEF, M. M. Evaluation of heat shock and salicylic acid treatments as inducers of drought stress tolerance in hassawi wheat. **American Journal of Plant Physiology**, v. 5, n. 2, p. 56-70, 2010.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, 16p., 2004.
- BARBEDO, C. J.; MARCOS-FILHO, J. Tolerância à dessecação de sementes. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, p. 145-164, 1998.
- BARTELS, D. Desiccation tolerance studied in the resurrection plant *Craterostigma plantagineum*. **Integr. Comp. Biol**, Nov. 2005.
- BASKIN, C.C., BASKIN, J.M. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of dormancy and germination. San Diego: **Academic Press**, 1600 p., 2014.
- BENKOVÁ, E.; BIELACH, A. Lateral root organogenesis: from cell to organ. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 13, p. 677-683, Amsterdam, 2010.

- BERJAK, P.; FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W. The basis of recalcitrant seed behaviour. **Plenum Press**, New York, 1989.
- BERTONCELLI, D. J. et al. Ácido salicílico na indução de resistência a doenças em pepino e controle de *Pythium sp.* in vitro. **Revista de Ciências Agro veterinárias**, Lages, v. 14, n. 2, p. 124-131, 2015.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. **Plenum Press**, New York, 1994.
- BEWLEY, J. D., BRADFORD, K. J., HILHORST, H.W.M., NONOGAKI, H. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. **Springer**, New York, 2013.
- BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de Sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Eds.). Sementes florestais tropicais. Brasília: **ABRATES**, p.83-135, 1993.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. **Artmed**, Porto Alegre, p. 209-222, 2004.
- BOYD, N. S.; HUGHES, A. Germination and emergence characteristics of spreading dogbane (*Apocynum androsaemifolium*). **Weed Science**, v.59, n.4, p.533-537, 2011.
- BRAGGIO, M.M.; LIMA, M.E.L.; VEASEY, E.A.; HARAGUCHI, M. Atividades farmacológicas das folhas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, n.4, p.49-53, 2002.
- BRANZINI, A., GONZÁLEZ, S. R., ZUBILLAGA, M. Absorption and translocation of copper, zinc and chromium by *Sesbania virgata*. **Journal of Environmental Management**, p. 50-54, jul. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para a análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- BUITINK, J. et al. The re-establishment of desiccation tolerance in germinated radicles of *Medicago truncatula* Gaertn. Seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 13, p. 273-286, 2003.
- CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia Brasiliensis**, Rio Claro, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009.
- CARPANEZZI, A.A.; FOWLER, J.P.A. Quebra da dormência tegumentar de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Embrapa**: Colombo, p.1-2, 1997.
- CARVALHO, P. R.; MACHADO, N. B.; CUSTÓDIO, C. C. Ácido salicílico em sementes de calêndula (*Calendula officinalis* L.) sob diferentes estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p.114-124, 2007.

- CLARKE, N. A.; JAMES, P. A. The effects of priming and accelerated ageing upon the nucleic acid content of leek seeds and their embryos. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 2, p. 261-268, 1991.
- COLVILLE, L., KRANNER, I. Plantas tolerantes à dessecação como sistemas modelo para estudar a regulação redox de tióis de proteína. **Plant Growth Regulation** 62, p. 241–255, 2010.
- CORREIA, M. A. **Ácido salicílico e tempo de pré embebição na superação da dormência e morfofisiologia de umbuzeiro**. 2019. 36 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.
- COSTA, M. C. D. Armazenamento de plântulas de *Sesbania virgata*. 2011. 79 p. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- COSTA, C.H.M.; DIARIS, K.B.; GUIMARÃES, T.M. Métodos de escarificação para superação de dormência de sementes de Jatobá. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.30, n.1, 2017.
- COUTINHO, M. P. et al. Substrate from clay extraction area enriched with agroindustrial and urban byproducts for *Sesbania* seedlings cultivation. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p. 147-153, 2006.
- CREELMAN, R. A.; MULLET, J. E. Abscisic acid accumulates at positive turgor potential in excised soybean seedling growing zones. **Plant Physiology**, v. 95, n. 4, p. 1209-1213, 1991.
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA/FAEPE, 41 p., 1995.
- DEKKERS, B. J.; COSTA, M. C. D.; MAIA, J., BENTSINK, L.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H. W. Acquisition and loss of desiccation tolerance in seeds: from experimental model to biological relevance. **Planta**, v. 241, n. 3, p. 563-577, 2015.
- EHLERS, W.; GOSS, M. **Water dynamics in plant production**. Londres: CABI, 288 p., 2003.
- FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do estresse hídrico e do envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de sementes de paineira (*Chorisia speciosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 537-544, 2003.
- FARIA, J.M.R. et al. Changes in DNA and microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 418, p.2119-2130, 2005.
- FARRANT, J.M. et al. The increasing sensitivity of recalcitrant *A vicennia marina* seeds with storage time. **Physiologia Plantarum**, Holanda, v. 67, p. 291-298, 1986.
- FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Recalcitrance – a current assessment. **Seed Sci. & Technol.**, Holanda, v. 16, p. 155-166, 1988.
- FILHO, F. G. et al. Ácido salicílico e potencial germinativo na germinação de sementes de pepino. **Inova Ciência e Tecnologia**, Uberaba, v.3., n.2, p.7-12, 2017.

FILHO, J. G. et al. Influência do ácido acetilsalicílico na emergência e na indução à resistência ao déficit hídrico em *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 664-673, 2019.

FINCH-SAVAGE, W.E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, p .501-523, 2006.

FOOTITT, S. et al. Sensores de temperatura, luz e nitrato coordenam o ciclo de dormência das sementes de *Arabidopsis*, resultando em fenótipos anuais de inverno e verão. **The Plant Journal**, v. 74, p. 1003-1015, 2013.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em sementes florestais. **Embrapa Florestas**, Colombo, 27 p., 2000.

GARNCZARSKA, M.; BEDNARSKI, W.; JANCELEWICZ, M. Ability of lupine seeds to germinate and to tolerate desiccation as related to changes in free radical level and antioxidants in freshly harvested seeds. **Plant Physiology and Biochemistry**, Bari, v. 47, p. 56-62, 2009.

GONÇALVES, K.S.; SOUZA, A.P.; VELINI, E. D.; TRINDADE, M.L. B.; PAZ, V. P. S. Application of potassium phosphite to eucalyptus submitted to water stress. in: Inovagri international meeting, 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza Inovagri international meeting, Fortaleza, 2014.

GONZÁLEZ-ZETUCHE, L. et al. Natural priming of *Wigandia urens* seeds during burial: effects on germination, growth and protein expression. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 11, p. 27-34, 2001.

GUIMARÃES, C. C. Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Peltophorum dubium* durante e após a germinação. 2009. 70 p. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GUTTERMAN, Y.; HUANG, Z. Seedling desiccation tolerance of *Leymus racemosus* (Poaceae) (wild rye) a perennial sand-dune grass inhabiting the Junggar Basin of Xinjiang. **Seed Science Research**, Wallingford, n.14, p.233-239, 2004.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JR., F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 6.ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1997.

HASSANEIN, M. A. Establishment of efficient in vitro method for drought tolerance evaluation in *Perlargonium spp.* **Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants**: v.2, n.1, p.8-15, 2010.

HASSANPANAH, D. Evaluation of potato advanced cultivars against water deficit stress under in vitro and in vivo condition. **Biotechnology**, v.9, n.2, p.164-169, 2010.

HEBERLE, Elaine. Physiological quality and enzymatic activity of stored maize seeds. 2012. 66 p. **Tese (Doutorado em Plantas daninhas, Alelopatia, Herbicidas e Resíduos; Fisiologia de culturas; Manejo pós-colheita)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

HODGE, A. et al. Plant root growth, architecture and function. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 321, p. 153-187, 2009.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. A protocol to determine seed storage behaviour. **International Plant Genetic Resources Institute**, 1996.

JIA, W.; ZHANG, J.; LIANG, J. Iniciação e regulação do acúmulo de ácido abscísico induzido pelo déficit hídrico nas folhas e raízes do milho: volume celular e relações hídricas. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 355, p. 295-300, 2001.

JIANG, K.; KERMODE, A. R. Role of desiccation in the senescence of expression of genes for storage proteins. **Seed Science Research**, p. 149-173, 1994.

KABIRI, R.; FARAHDAKHSI, H.; NASIBI, F. Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on black cumin (*Nigella sativa*) germination and seedling growth. **World Applied Sciences Journal**, v.18, n.4, p.520-527, 2012.

KERBAUY, G. B. Fisiologia Vegetal. **Guanabara Koogan**, 2. edição, 431 p., 2008

KHAN, A.A. Preplant physiological seed conditioning. **Horticultural Reviews**, v.13, p. 131-181, 1992.

KIBINZA, S. et al. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. **Plant Science**, Clare, v. 181, p. 309-315, 2011.

KISSMANN, C.; SCALON, S. P. Q.; MOTA, L. H. S. M.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes de *Stryphnodendron* Mart osmocondicionadas. **Revista Brasileira de sementes**, v. 32, p 26-35, 2010.

KRASENSKY, J.; JONAK, C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. **Journal of Experimental Botany**, Austria, 16p., 2011.

KUBALA, S.; WOJTYLA, L.; QUINET, M.; LECHOWSKA, K.; LUTTS, S.; GARNCZARSKA, M. Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seed osmopriming improvement of *Brassica napus* germination under salinity stress. **Journal of Plant Physiology**, 2015.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 174 p., 1983.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3ª ed. Editora RiMa: São Carlos, 531 p. 2006.

LE, T.N.; McQUEEN-MASON, S. J.; Desiccation-tolerant plants in dry environments. **Rev. Environ. Sci. Biotechnol.** v.5, p. 269-279, 2006.

LEAL, C. C. P. et al. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de *Cassia grandis* L. f. em função de diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 727-734, 2016.

- LEDUC, S.N.M. Indução de tolerância à dessecação e variação de carboidratos solúveis em sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil) durante a maturação. **Dissertação (Mestrado no Instituto de Botânica)**, São Paulo, 2007.
- LEPRINCE, O. et al. The expression of desiccation-induced damage in orthodox seeds is a function of oxygen and temperature. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 94, n. 2, p. 233-240, June 1995.
- LIMA, L.B.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e relação com desempenho das plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.27-37, 2009.
- LISBOA, L.A.M; LAPAZ, A.M; VIANA, R.S; LEONEZI, R.S; FIGUEREDO, P.A.M. Influência do ácido salicílico no processo germinativo de sementes de cultivares de sorgo sacarino. **Revista Acta Iguazu**, v.6, n.2, p. 37-49, 2017.
- LÓPEZ, I. M. et al. Intra and extracellular journey of the phytohormone salicylic acid. **Journal Frontiers in Plant Science**, México, v. 10, n. 423, 2019.
- LOPES, C. A.; CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, D. B. Sodium hypochlorite in the priming of tobacco seeds. **Journal of Seed Science**, p. 108-111, 2019.
- LÜ, B.; GONG, Z.; WANG, J.; ZHANG, J.; LIANG, J. Microtubule dynamics in relation to osmotic stress-induced ABA accumulation in *Zea mays* roots. **Journal of Experimental botany**, v. 58, n. 10, p. 2565-2572, 2007.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v.2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MAIA, F. C.; MORAES, D. M.; MORAES, R. C. P. Ácido salicílico: efeito na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 264-270, 2000.
- MAIA, J.; DEKKERS, B. J.; PROVART, N. J.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H. W. The re-establishment of desiccation tolerance in germinated *Arabidopsis thaliana* seeds and its associated transcriptome. **PloS One**, v.6, n.12, e29123, 2011.
- MAIA, J.; DEKKERS, B. J.; DOLLE, M. J.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H. W. Abscisic acid (ABA) sensitivity regulates desiccation tolerance in germinated *Arabidopsis* seeds. **New Phytologist**, v. 203, n. 1, p. 81-93, 2014.
- MANFRON, A. C. A.; BISPO, N. B.; ACUNHA, J. G. Efeito da aplicação de ácido salicílico no crescimento de plântulas de milho. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2016, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar, 2016.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 495 p.,2005.

MARCOS- FILHO, J.; NOVENBRE, A. D. C.; PESCARIN, H. M. C. Testes de envelhecimento acelerado e de deterioração controlada para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.421-426, 2001.

MARTINS, L. et al. Armazenamento de sementes de ipê-branco: teor de água e temperatura do ambiente. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 775-780, 2009.

MASETTO, T. E.; FARIA, J.M.R.; DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A. Desiccation tolerance and DNA integrity in *Eugenia pleurantha* O. Berg. (Myrtaceae) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.2, p.051-056, 2008.

MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; FRAIZ, A. C. R.; REZENDE, R. K. S. Condicionamento osmótico de sementes de *Sesbania virgata* (CAV.) PERS (FABACEAE). **Cerne**, Lavras, v.19, n.4, p. 629-636, 2013.

MEDRI, B. S. P. Recuperação de áreas degradadas: procurando por diversidade e funcionamento dos ecossistemas, Londrina, 602 p., 2002.

MEDEIROS, L. R. et al. Efeito do ácido salicílico na qualidade fisiológica de sementes de arroz em condição de estresse salino. In: XVII Encontro de Pós-Graduação UFPEL, 2015, Pelotas. **Anais [...]**. Pelotas: Semana Integrada, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

MOREIRA, G. G. et al. Condicionamento fisiológico de sementes de melão com diferentes soluções de ácido giberélico e ácido salicílico. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p.3652 – 3659, 2014.

MOURA, M. R. et al. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 230-235, 2011.

NASCIMENTO, W.M. Germinação de sementes de melão osmoticamente condicionadas durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.61, n.1, p.114-117, 2004.

NIVEDITHADEVI, D.; SOMASUNDARAM, R.; PANNERSELVAM, R. Effect of abscisic acid, paclobutrazol and salicylic acid on the growth and pigment variation in *Solanum Trilobatum*. **International Journal of Drug Development e Research**, v. 4, n. 3, p.236246, 2012.

NOREEN, S.; ASHRAF, M.; HUSSAIN, M.; JAMIL, A. Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Pakistan Journal of Botany**, v. 41, n.1, p. 473-479, 2009.

ODELL, G. B.; CANTLIFFE, D. J. Seed priming procedures and the effect of subsequent storage on the germination of fresh market tomato seeds. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 99, p. 303-306, 1986.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n.3, p. 48-56, 2009.

OLIVEIRA, J. M. Tolerância à dessecação em sementes de *Leucaena leucocephala* durante a germinação. 2009. 70 p. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)** – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PACHECO, A.C. et al. Germinação de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e calêndula (*Calendula officinalis* L.) tratadas com ácido salicílico. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.9, n. 1, p. 61-67, 2007.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. Physiology of desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds and the implications for cryopreservation. **International Journal of Plant Sciences**, South Africa, 2014.

PAPARELLA, S., ARAÚJO, S. S., ROSSI, G. et al. Seed priming: estado da arte e novas perspectivas. **Plant Cell Rep** **34**, p. 1281–1293, 2015.

PEREIRA, A.R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 88 p., jan. 2011.

PROCTOR, M. C. F. et al. Desiccation tolerance in the moss *Polytrichum formosum*: physiological and fine-estructural changes during desiccation and recovery. **Annals of Botany**, Londres, v. 99, p. 75-93, 2007.

POTOMATI, A.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of abscisic acid on the mobilization of galactomannan and embryo development of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Leguminosae-Faboideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n.3, p. 303-310, 2002.

PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas. **Instituto Campineiro de Ensino Agrícola**, p. 666, 2000.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2021.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 830 p., 2007.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Tecnology**, Zurich, v.1, p. 499-514, 1973.

ROSA, L. S. et al. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* BAILL (TIMBÓ). **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 306- 314, 2005.

SANTOS, A. R. F. et al. Restrição hídrica em sementes de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 213-220, fev. 2011.

SARMENTO, M. B.; SILVA, A. C. S.; VILLELA, F.A.; SANTOS, K. L. Osmocondicionamento com Polietilenoglicol 6000 em sementes de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* O. Berg.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p. 15535-15548, 2021.

SENARATNA, T. et al. Acetyl salicylic acid and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. **Plant Growth Regulation**, v. 30, p. 157-161, 2000.

SILVA, P. E. M.; SANTIAGO, E. F.; DALOSO, D. M.; SILVA, E. M.; SILVA, J. O. Quebra de dormência em sementes de *Sesbania virgata* (Cav. Pers.). **IDESIA**, Chile, v. 29, p. 39-45, 2011.

SILVA, T. C. F. S.; MATIAS, J. R.; RAMOS, D. L. D.; ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F. Uso de diferentes concentrações de ácido salicílico na germinação de sementes de melancia Crimson Sweet. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p.7679-7685, jul. 2012.

SOLIMAN, H. I. A.; HENDAWY, M. H. Seleção de genótipos de tolerância à seca em trigo duro (*Triticum durum* Desf.) Sob condições in vitro. **Journal of Scientific Research**, Middle-East, p. 69-78, 2013.

SOUZA, V. C.; AGRA, C. P. F. M., ANDRADE, L. A., OLIVEIRA, I. G.; OLIVEIRA, L. S. Germinação de sementes da invasora *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Sob efeito da luz, temperatura e superação de dormência. **Ciências Agrárias**, p. 889-893, 2010.

SOUSA, G.M.; CARDOSO, V. J. M. Effects of different environmental stress on seed germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 28, n. 3, p. 621-630, 2000.

SUNE, A. D.; FRANKE, L. B.; SAMPAIO, T. G. Efeitos do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Adesmia latifolia* (Spreng.) Vog. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n.1, p. 18-23, 2002.

STATON, R.; WU, H.; LEMERLE, D. Factors affecting silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) germination. **Weed Science**. v. 60, p. 42-47, 2012.

SUNG, F. J. M.; CHANG, Y. H. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 21, n. 1, p. 97-105, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p., 2004.

VARI, A. K. et al. Seed coat-imposed dormancy in *Sesbania spp.* And treatments to improve germination. **Seed Science and Technology**, Basserdorf, v. 35, n.1, p. 318-325, 2007.

VEASEY, E. A.; TEIXEIRA DE FREITAS, J. C. Breaking seed dormancy in *Sesbania sesban*. *S. rostrata* and *S. virgata*. **Seed Science and Technology**, Basserdorf, v. 30, n.1, p. 211-217, 2002.

VERMA, D.; ANSARI, M. W.; AGRAWAL, G. K.; RAKWAL, R.; SHUKLA, A.; TUTEIA, N. In vitro selection and field responses of soma clonal variant plants of rice cv PR113 for drought tolerance. **Plant Signaling and Behavior**. v.8, n.4, 2013.

VIEIRA, B. de C. et al. Efeito da luz e escarificação na germinação de sementes de *Sesbania virgata* (Fabaceae) sob condições artificiais de armazenamento. **VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu, 2007.

VIEIRA, C. V. Germinação e re-indução de tolerância à dessecação em sementes germinadas de *Tabebuia impetiginosa* e *Alliaria petiolata*. 2008. 98 p. **Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal)**, Universidade Federal de Lavras, 2008.

VIEIRA C. V. et al. Stress-associated factors increase after desiccation of germinated seeds of *Tabebuia impetiginosa* Mart. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 62, n. 3, p. 257-263, Dec. 2010.

VIVIAN, R. et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

THOMPSON, K. GRIME, J. P. Seasonal variations in the seed banks of herbaceous species in tem contrasting habitats. **Journal of Ecology**. p. 893-921, 1979.

WILDERMUTH, M. C. et al. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defence. **Nature**, v. 414, n. 19, p. 562-565, 2001.

WILLIS, C. G. et al. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. **New Phytologist**, v. 203, p. 300–309, 2014.

ZENGH, G. H.; WILEN, R. W.; SLINKARD, A. E.; GUSTA, L.V. Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 15589-1593, 1994.

YAMASHITA, O. M. et al. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchiflora*. **Planta Daninha**, Viçosa, v.27, n.4, p.673-681, 2009.