

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**VICTOR SOUZA SEIXAS DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO HALOPRIMING NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE  
*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SALINAS**

**São Cristóvão, SE**

**2025**

**VICTOR SOUZA SEIXAS DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO HALOPRIMING NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE  
*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES SALINAS**

Projeto de monografia apresentado como requisito de aprovação da disciplina “FLORE0076 - Trabalho de Conclusão de Curso II” do curso de Engenharia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe.

Orientadora: Prof(a). Dra. Elizamar Ciríaco da Silva

**São Cristóvão, SE**

**2025**

VICTOR SOUZA SEIXAS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO HALOPRIMING NA GERMINAÇÃO DE  
SEMENTES DE *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan EM DIFERENTES  
CONCENTRAÇÕES SALINAS**

Projeto de monografia apresentado como requisito de aprovação da disciplina “FLORE0076 - Trabalho de Conclusão de Curso II” do curso de Engenharia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe.

São Cristóvão, Sergipe, 10 de abril de 2025

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**ELIZAMAR CIRIACO DA SILVA**

Data: 14/04/2025 09:17:22-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr.<sup>a</sup> Elizamar Ciríaco da Silva

Orientadora

Documento assinado digitalmente



**CRISTIANNE SANTANA SANTOS**

Data: 14/04/2025 12:27:29-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr.<sup>a</sup> Cristianne Santana Santos

1º Examinadora

Documento assinado digitalmente



**BRUNO LASSMAR BUENO VALADARES**

Data: 14/04/2025 10:05:12-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Bruno Lassmar Bueno Valadares

2º Examinador

**Me formar em Engenharia Florestal é o primeiro grande sonho que estou prestes a realizar em minha vida, sendo assim, o presente trabalho é dedicado as pessoas por trás dessa realização, Valdevir Seixas de Oliveira e Eliane Rosa de Souza Seixas de Oliveira.**

## **Agradecimentos**

Antes de tudo, agradeço a Jesus pela vida que tenho, por todas as vezes que me motivou para que eu pudesse estar onde estou e por sempre estar cuidando dos meus caminhos. Aos meus pais, Valdevir Seixas de Oliveira e Eliane Rosa de Souza Seixas de Oliveira agradeço o amor incondicional, por serem minha base, pelas disciplinas, por sempre me instruírem em bons caminhos, por todos os esforços que tiveram para que não faltasse nada para mim ou meus irmãos e por todo apoio que me deram até aqui. Agradeço aos meus irmãos que tanto amo, Vinicius Souza Seixas de Oliveira e Gabriela Souza Seixas de Oliveira por serem parte da minha base e formação, à minha cunhada Isabelle Bessa por todas as conversas, risadas e momentos em família. Expresso profunda gratidão a minha orientadora Prof(a). Dra. Elizamar Ciríaco da Silva, pela inestimável orientação, por me acolher como filho pródigo em seu laboratório, sendo didática e disposta ao ensinar e por fazer parte desta conquista. Ao Professor Américo por seus conselhos e por proporcionar as melhores aulas práticas do curso, sempre foram um gás para mim. Aos amigos de longa data Lis, Clara, Maki, Peterson, Gustavo e Kaio, obrigado por todos esses anos de irmandade. Aos amigos que a UFS me proporcionou, Thaise, Adria, Edlla e Adrian, agradeço por todos os momentos de apertos e comemorações que tivemos juntos, sou grato a Marcio, Kelly, Mariane e Jorge pela amizade e as noites de videogames, levo todos vocês para vida e nas boas lembranças. Agradeço também, a José Ronaldo por fazer de qualquer ambiente a sua volta uma sala de aula para mim, pelas boas risadas e por sua parceria. A Hunaldo Gois, agradeço os conselhos, por toda torcida que sempre teve por mim e por sua amizade. Agradeço também a Nilton Oliveira, por sua paciência, instrução, pelos conselhos profissionais que levarei sempre comigo. Em especial, a Thiago Torquato, o qual tenho grande admiração, agradeço todos os ensinamentos, pessoais e profissionais, por sua paciência e compreensão em ensinar, sua amizade, por acreditar e ver potencial em mim, por seu acolhimento, pelos momentos de descontração, pelas disciplinas e sermões. Levo seus ensinamentos e as boas memórias, comigo no peito. Sou grato a Deus por ter colocado cada um de vocês em meu caminho. Aos meus amigos e colegas de laboratório, agradeço todo apoio e companheirismo que tiveram comigo durante a elaboração deste estudo. Finalmente, agradeço a Universidade Federal de Sergipe pelo ensino superior de qualidade e pela infraestrutura necessária para o desenvolvimento deste estudo.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVO.....	6
2.1. Objetivos Específicos.....	6
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	15
4.1. Caracterização do Lote de Sementes.....	16
4.2. Determinação da concentração salina e período de condicionamento.....	17
4.2.1 Teste de germinação para definição da concentração salina.....	17
4.2.2 Curva de Embebição.....	18
4.3. Tratamento Pré-Germinativo ( <i>Halopriming</i> ).....	18
4.4. Análise Estatística dos Dados.....	20
5. Resultados e Discussão.....	21
5.1 Caracterização do Lote.....	21
5.2 Curva de embebição.....	21
5.3 Avaliação da germinação.....	23
6. CONCLUSÃO.....	28
7. REFERÊNCIAS.....	28

## Lista de tabelas

**TABELA 1** Morfometria de sementes de Angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina*). **21**

**TABELA 2** Parâmetros germinativos de sementes de *Anadenanthera colubrina* submetidas a dois tratamentos pré-germinativos (Com e sem *Halopriming*) e colocadas para germinar em condições salinas. Legenda: Porcentagem de germinação (%G), Tempo médio para germinação de 50% das sementes (T50), Coeficiente de variação do tempo de germinação (CVt), Taxa média de germinação (MGR), Sincronia de germinação (GS), Incerteza de germinação (U).. **24**

## Lista de Figuras

**FIGURA 1** Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em bandeja para captura de imagem e posterior análise morfométrica. **16**

**FIGURA 2** Curva de embebição feita com solução de água destilada, Fase I e Fase III indicadas pelas setas, respectivamente. **22**

**FIGURA 3** Curva de embebição feita com solução de 150 milimolar de NaCl, Fase I e Fase III indicadas pelas setas, respectivamente. **22**

**FIGURA 4** Mosaico do desenvolvimento radicular de sementes de *Anadenanthera colubrina* em diferentes concentrações salinas após aplicação de *Halopriming*, em decorrência da diminuição da divisão celular e perdas na atividade enzimática. Radículas de maior comprimento no grupo controle (A); Crescimento moderado a 150 mM (B); Radículas subdesenvolvidas em concentração de 300 mM (C); Radícula que atingiu a protrusão a 450 mM pós-priming (D).

## Resumo

Em decorrência das mudanças climáticas, o avanço da desertificação e o impacto causado por ações antrópicas, como o manejo inadequado de irrigação e dejetos de efluentes na natureza de forma indevida, que vem causando cada vez mais condições adversas na natureza, como o acúmulo de sais no solo, que afeta a planta de forma direta, devido ao elevado potencial osmótico no substrato. O presente estudo foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Ecofisiologia Vegetal (LFEV) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus São Cristóvão. A caracterização morfológica do lote foi feita com imagem de computação através do Software Groundeye® e as sementes apresentam comportamento ortodoxo. O presente trabalho avaliou o halopriming, com uso de NaCl, como tratamento pré-germinativo em sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, nas diferentes concentrações salinas de 150, 300, 450 e 600 mM, tendo como tratamento controle água destilada. A concentração salina e tempo do condicionamento foram definidos conforme a concentração subletal para a germinação e a Fase I do processo germinativo respectivamente. No presente estudo observou-se a inibição da germinação a concentrações salinas a partir de 450 mM, após tratamento germinativo. Não houve diferença significativa entre a germinação em condições normais e a pós a aplicação do halopriming. Sendo necessário avaliar novos tempos de condicionamento e concentrações de Cloreto de Sódio (NaCl).

### Abstract

Due to climate change, the advancement of desertification, and the impact of anthropogenic actions, such as improper irrigation management and the inadequate disposal of effluents into nature, increasingly adverse conditions are being created in the environment, such as the accumulation of salts in the soil, which directly affects plants due to the high osmotic potential in the soil. This study was conducted at the Laboratory of Plant Physiology and Ecophysiology (LFEV) at the Federal University of Sergipe (UFS), São Cristóvão Campus. The morphological characterization of the plot was performed using computational imaging through the Groundeye® software, and the seeds exhibit orthodox behavior. This study evaluated halopriming with NaCl as a pre-germination treatment on *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brennan seeds, at different saline concentrations of 150, 300, 450, and 600 mM, with distilled water as the control treatment. The saline concentration and conditioning time were defined based on the sublethal concentration for germination and the first phase of the germination process, respectively. The study observed germination inhibition at saline concentrations starting from 450 mM and noted a slight improvement in the evaluated germination parameters. However, no significant difference was found between germination under normal conditions and after the halopriming treatment. Further evaluation of different conditioning times and NaCl concentrations is necessary.

## 1. INTRODUÇÃO

Árvores nativas são alvos de estudos devido ao forte interesse no seu uso para reflorestamento de áreas degradadas, ajudando, dessa forma, a repor a biodiversidade existente em determinado local, assim como a sua paisagem. Em 2017, o governo brasileiro se comprometeu com o projeto de Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg), que visa recuperar 12 milhões de hectares até 2030 (Decreto 8.972/2017) para amenizar os efeitos adversos das mudanças climáticas. Desse modo, o incentivo a pesquisa e trabalhos voltados para a produção vegetal de espécies nativas vem crescendo consideravelmente (Nunes, 2017).

A propagação florestal de espécies nativas contribui para o sequestro de carbono da atmosfera, redução das temperaturas e para o equilíbrio ecossistêmico local, sendo um dos principais meios para mitigação dos impactos decorrente das atividades antrópicas poluentes e o manejo inadequado dos recursos naturais (Da Silva Vargem, 2024). De acordo com Melo e Cruz (2015), áreas que anteriormente passaram por extensa degradação tem sua resiliência florestal diminuída drasticamente e aponta como a melhor solução o reflorestamento, seja por plantio de mudas nativas, semeadura direta, muvuca de sementes ou demais técnicas. Os autores também afirmam que áreas recuperadas expressam indicadores de sustentabilidade que apontam melhorias nas condições geoambientais locais (Silva, 2023).

Para um desenvolvimento adequado das plantas é imprescindível sementes de qualidade e uma germinação eficiente dessas, sendo um dos estágios fundamentais na produção de mudas para a recuperação de áreas antropizadas ou na silvicultura para extrativismo vegetal. Na germinação ocorrem processos bioquímicos, através da absorção de água, que culminam no desenvolvimento do embrião e conseqüentemente a emissão da radícula. (Barrôco et al., 2005).

O aumento das temperaturas e a escassez de água no solo devido a irregularidade das chuvas afetam diversos fatores ambientais que contribuem para o sucesso ou fracasso germinativo. Fatores como acúmulo de sais no solo, redução da umidade, ausência de oxigênio, luminosidade, nutrientes, além de fatores biológicos intrínsecos da semente, como vigor e dormência, podem afetar a germinação (Silva et al., 2020a; Silva et al., 2020b). A pressão osmótica sofrida pela semente na natureza e em solos agrícolas se deve, em grande parte, ao acúmulo de íons no substrato, afetando sua embebição e, conseqüentemente, processos bioquímicos e fisiológicos durante a germinação (Ferreira et al, 2013).

O investimento em pesquisas e tecnologias na conservação de espécies nativas e no entendimento dos estresses abióticos em biomas como a Caatinga vêm sendo cada vez mais importante, visto que, a ocorrência de solos halomórficos é ainda mais acentuada em regiões semiáridas devido à elevada evapotranspiração da água contida no solo, como também, pelo desequilíbrio ecossistêmico e a supressão da vegetação ocasionados pela exploração antrópica que vem acontecendo de forma severa para a produção de lenha, biomassa e pastagem nessas regiões (Associação Plantas do Nordeste, 2013).

Aspectos como manejo de irrigação adequado, adubação e preparo do solo eficientes e demais tratamentos silviculturais são indispensáveis para reduzir os danos causados pela salinidade do solo na agricultura. Entretanto, o uso de estratégias que atuam diretamente na planta e que buscam minimizar os impactos ocasionados pelo estresse salino possibilita resultados precisos e de alta eficácia. Entre essas estratégias, destaca-se a aplicação do *priming*, uma técnica que envolve o condicionamento de sementes em um quadro de estresse determinado para que o organismo, através de reações fisiológicas e metabólicas, possam adquirir resistência a determinada condição (Friedrich et al. 2019). Como estresse abiótico, o acúmulo de íons no solo atua como uma barreira ao desenvolvimento e estabilização da vegetação, nesse sentido, o *halopriming*, técnica no qual é induzido um estresse controlado de sais na semente/planta a fim de que se desenvolva uma maior tolerância a situações de estresses salinos futuros, através de uma resposta fisiológica, sendo assim, um mecanismo essencial (Farooq et al., 2019).

### **1.1. Justificativa**

O avanço crescente das mudanças climáticas e o acúmulo de sais no solo, seja por manejo agrícola inadequado, dejetos de grandes indústrias no ambiente ou por causas naturais como evaporação intensa e ascensão capilar de substâncias inorgânicas no solo, vêm demandando cada vez mais tecnologias viáveis, de baixo custo e em sinergia com a produção vegetal e a estabilidade de espécies nativas no meio ambiente (Fernandes, 2021). O Estado de Sergipe apresenta áreas em suscetível desertificação, como no município de Poço Redondo (Gois et al., 2015) e na região sul do Estado (De Lima Silva e De Rezende Nascimento, 2024). Nesse sentido, o *halopriming* torna-se uma técnica primorosa para aumentar a tolerância de plantas em resposta ao estresse salino do meio, podendo proporcionar melhorias nos parâmetros germinativos das sementes, assim como no desenvolvimento inicial de mudas.

Dessa forma, estudos que visem a utilização desta técnica com a finalidade de obtenção de mudas mais tolerantes a solos com problema de salinização torna-se de grande importância.

## 2. OBJETIVO

Avaliar a influência do *halopriming* na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* sob diferentes níveis de concentração salina, com fins de produção de sementes para utilização na Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) em regiões de solos halomórficos.

### 2.1. Objetivos Específicos

- Determinar a concentração salina próxima da inibitória para utilização como tratamento pré-germinativo (*halopriming*) em sementes de *Anadenanthera colubrina*;
- Avaliar os parâmetros germinativos de sementes de *Anadenanthera colubrina* após tratamento com solução salina (*halopriming*).

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Solos Halomórficos

A salinização se dá, principalmente, pelo acúmulo dos sais solúveis de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  nas diferentes camadas do solo. Em tempos de baixa ou ausente pluviosidade esses cátions se agregam e tendem a ficar na superfície do solo, podendo formar crostas salinizadas e visivelmente aparentes (Holanda et al., 2001). A alta salinidade do solo no ambiente vêm sendo uma das principais causas no processo de formação de núcleos de desertificação em regiões semiáridas (Luo, 2017), como apontado por Castro e Santos (2020), que observaram impactos significativos no uso de água subterrânea para irrigação devido ao alto teor de sais

solúveis presentes, somados à características do solo. Os autores também observaram um maior problema com salinidade em áreas de solo exposto com histórico de atividades agrícolas, apontando o manejo irregular como um dos motores para a desertificação. A reconstituição da vegetação para cobertura e proteção do solo torna-se um desafio devido a intoxicação por sais e a pressão osmótica sofrida pelas plantas nessas condições (Pedrotti, 2015; Gkiougkis, 2015). Diante desses impactos da salinidade na vegetação, torna-se fundamental compreender as causas desse fenômeno.

O nível de salinidade nos solos é influenciado a partir de particularidades ambientais e/ou atividades antrópicas (Daliakopoulos et al., 2016). No âmbito natural, a salinidade no solo pode ser acentuada ou advir de fatores como o acúmulo de sais no solo; deposição por chuvas e ventos, principalmente em zonas costeiras; elevada evapotranspiração do solo, ocasionando altas concentrações de sais na superfície; capilaridade dos solos para a superfície; rocha matriz ao qual determinado solo se originou (Castro, 2020; Pedrotti, 2015). Sob domínio antrópico o solo está suscetível a salinização por resíduos industriais, como águas hipossalinas, que apresenta elevada concentração de sais, irrigação e sistemas de drenagens, além do uso de defensivos agrícolas com altos teores de sais em sua composição.

Os baixos índices pluviométricos de regiões áridas e semiáridas contribuem para uma maior evapotranspiração e na redução do teor de umidade no solo, demandando o uso mais intenso da irrigação e, conseqüentemente, maiores possibilidades de acúmulos de sais devido ao manejo inadequado da atividade. (Daliakopoulos et al., 2016; Ribeiro, 2010; Kanzari, et al., 2012; Pedrotti, 2015; Salvati e Ferrara, 2015). Outro alerta, especialmente na região Nordeste, é o vazamento de dejetos e subprodutos industriais de alta salinidade em solo e corpos d'água, a exemplo, a água de produção e salmouras, resultado da dessalinização, ocasionando um elevado acúmulo de sais no horizonte A do solo, alterando suas propriedades físicas e químicas e impactando significativamente a biodiversidade local (Pedrotti, 2015; Da Silva et al., 2022).

Tais condições adversas afetam a planta de forma direta, devido ao elevado potencial osmótico no solo, fazendo com que seja gasta uma maior quantidade de energia para absorção de água, além da intoxicação causada pelo excesso de sais que ocasionam perturbações fisiológicas à planta (Paparella et al.; Pedrotti et al., 2015). Elementos como potássio e cálcio podem ter sua absorção inibida devido ao acúmulo de sódio no solo e, conseqüentemente, não

serem transportados e assimilados de maneira eficiente na planta, acarretando um grave desequilíbrio nutricional (Munns e Termatt, 1986).

Dos danos mais recorrentes e percebidos no desenvolvimento da planta está a redução da taxa de crescimento da área foliar, que ocorre devido a baixa absorção de água e osmólitos, além de expressar uma redução no turgor celular. No caso do estresse por elevadas concentrações de NaCl, as células também podem sofrer distúrbios na síntese de parede celular como uma tentativa de resposta regulatória ao meio concentrado (Willadino et al., 2010).

### 3.2. Germinação

Angiospermas é o nome dado ao grupo de plantas que evoluíram para a formação de frutos e flores, atuando como órgão propagador e reprodutor das plantas através da polinização. A fecundação é realizada pela oosfera, gameta feminino localizado no óvulo, e o gameta masculino da planta, proveniente do grão de pólen que é transportado até o ovário floral e assim as junções dos gametas dão origem ao zigoto, que por sua vez passará por constantes divisões mitóticas e iniciar o desenvolvimento embrionário.

A semente é o conjunto de estruturas que permitem a sustentação e desenvolvimento do embrião, sendo morfológicamente aptas para sua proteção e nutrição, contendo o endosperma, proveniente da fecundação do núcleo espermático com os núcleos polares da célula central e rico em amido, óleos e proteínas (Lima, 2019). O embrião das angiospermas é composto pelos cotilédones, que absorvem e reservam nutrientes importantes na germinação, e o eixo-embrionário composto pela radícula e hipocótilo, que auxilia na sustentação dos cotilédones, auxiliando na sustentação desse (Taiz et al., 2017). Com essa junção morfoestrutural e sequências metabólicas, a semente culmina na entrada e no crescimento de novas plântulas no ecossistema através do processo de germinação (Bewley, 1997; Lima, 2019).

Ao atingir a maturidade e ser dispersada da planta-mãe, a semente entra em estado de quiescência até que esteja em condições ambientais favoráveis para iniciar a germinação e o estabelecimento da plântula, onde uma vez encontrada tais condições, ocorre a retomada das atividades metabólicas, com a ativação de enzimas, reações bioquímicas e a respiração celular, resultando na germinação (Marcos Filho, 2015). Ainda assim, mesmo na presença de

elementos como água, luz e oxigênio a semente pode expressar uma dormência, fenômeno que impede a germinação até que os níveis desses e outros elementos no meio estejam propícios para o desenvolvimento do embrião, até sua fase final. Isso contribui para um maior tempo da dispersão e maiores chances de sobrevivência da plântula (Taiz et al., 2017).

A dormência pode ser exercida através da impermeabilidade do tegumento e outras limitações. Já a quebra da dormência em condições naturais ainda é muito discutida (REFERENCIAR). Entretanto, sabe-se que ocorre através de estímulos ambientais como intervalos específicos de exposição à luz, diferenças de temperaturas, pisoteio e predação de animais e danos mecânicos, desequilíbrio na troca de gases, maturidade incompleta do embrião e substâncias químicas como óxido nítrico e nitrato, associado a fotoperíodos (Taiz et al., 2017). Nesse sentido, para que ocorra a germinação de forma efetiva é necessário que a semente esteja viável para germinar em boas condições, ausente de dormências e em bom estado fitossanitário, e livres de patógenos (Vieira et al., 2023).

A germinação nas angiospermas geralmente segue um padrão trifásico, encerrando com a ruptura do envoltório da semente. No que tange a botânica, a germinação ocorre pela protrusão da raiz primária a dois milímetros e no âmbito agrícola, com a emergência da plântula (Vieira et al., 2013). A primeira fase da germinação se dá pela entrada de água na semente, onde a água é direcionada pelo gradiente entre o potencial mátrico da semente e do potencial hídrico ( $\Psi$ ) do substrato. O tempo de embebição pode variar de espécie para espécie a depender do comportamento da semente, do tipo de dormência intrínseca e da permeabilidade do envoltório (Carvalho et al., 2012). As sementes podem ter tegumentos de natureza facilmente permeáveis a tegumentos impermeáveis (Lima, 2019). No caso das dicotiledôneas a absorção pode chegar até 40% a mais de água em um período de uma ou duas horas. Essa fase é caracterizada, principalmente, por uma acelerada captação de água, o que acaba retomando as atividades metabólicas associadas ao embrião (Carvalho et al., 2012), elementos como açúcares, ácidos orgânicos, gases e aminoácidos passam a ser transportados em prol do desenvolvimento embrionário. Somado a isso a taxa de respiração e a digestão das reservas energéticas aumentam, além de gerar variações na permeabilidade da membrana (Bewley et al., 1997; Vieira et al., 2023).

Ainda na fase I, Preston et al. (2019) destacam mudanças na expressão de genes reguladores de hormônios da planta. Essa rápida absorção de água em um curto período tende a diminuir na segunda fase da germinação, visto que os sítios de ligações potenciais de água

estão saturados, também acontece o início de reações bioquímicas e metabólicas primordiais para a germinação, além de alta atividade enzimática para indução do crescimento, como maior digestão das reservas, restauração do citoesqueleto, síntese do RNA mensageiro e a translocação de substância solúveis no sentido do eixo-embrionário. Nesse ponto a semente já está visivelmente maior do que no início da germinação (Marcos Filho, 2015). Já na fase de crescimento, a Fase III da germinação, ocorrem modificações morfológicas, com a mobilização de reservas e o retorno de uma maior absorção de água e atividade respiratória, possibilitando o alongamento da raiz embrionária e, conseqüentemente, a protrusão da radícula, encerrando o processo germinativo (Vieira et al., 2023).

No decorrer da germinação é notório que a água se torna um elemento indispensável, sendo responsável por diferentes funções, como reduzir a rigidez tegumentar, aumentar o crescimento volumétrico da semente e seus constituintes, promover a difusão de gases, estimular a síntese hormonal, auxiliar na estabilização das membranas celulares e no transporte de solutos (Vieira et al., 2023). A água também está diretamente ligada a velocidade de embebição, visto que sua disponibilidade em condições aeróbicas favorece a germinação. Entretanto é necessário que a pressão hidrostática esteja em níveis ideais para embebição, visto que quanto maior a pressão hidrostática sobre a semente, menor é a velocidade de embebição, de acordo com Taiz et al. (2017). Isso ocorre devido a tentativa de equilíbrio das forças de pressão exercidas sobre a semente. Em locais onde os solos apresentam propriedades holomórficas, a embebição de sementes se torna ainda mais complicada. A alta concentração de sais reduz o potencial osmótico do substrato, tornando-o mais negativo, o que dificulta a movimentação de água para o eixo-embrionário. Esta diferença de potencial hídrico entre a semente e o meio externo pode ser insuficiente para promover a absorção de água necessária, retardando ou até inibindo a germinação (Munns, 2008). Os componentes químicos das sementes também influenciam na obtenção de água. Sementes com maiores quantidades de compostos orgânicos, com destaque para proteínas e açúcares, tendem a ter comportamento hidrofílico, o que acaba favorecendo a captação de água para o seu interior (Vieira et al., 2023).

Uma germinação ideal e uniforme, resulta em plantas de maior vigor e, conseqüentemente, maior captação de água e nutrientes, além de proporcionar maior resistência a estresses bióticos e abióticos (Bewley et al., 1994). Nesse sentido é viável a aplicação de técnicas que proporcionam tal qualidade fisiológica. Em um contexto de insegurança alimentar e de intensas mudanças climáticas, o investimento em conhecimento

sobre os mecanismos fisiológicos e metabólicos das sementes, bem como sobre o processo de germinação, revela-se indispensável para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis e para a conservação dos recursos naturais. À medida que novas pesquisas são conduzidas, avanços consideráveis são alcançados em menor e maior grau, os quais norteiam inovações científicas e tecnológicas capazes de estabelecerem práticas efetivas de conservação ambiental a nível macro e microrregionais através da propagação vegetal (Vieira et al., 2023).

### 3.3. *Priming*

Como mecanismo de adaptação às adversidades abióticas do meio, as plantas desenvolveram uma “memória” aos estresses ambientais, onde armazenam informações de reações fisiológicas e bioquímicas que podem ser reativadas futuramente em situações semelhantes de estresse. O *priming* ainda atua na ativação do sistema antioxidante e integridade das fitas de DNA (Galviz; Ribeiro; Souza, 2020; Ferreira e Marin, 2022). Esse princípio norteia a aplicação de condicionamento de sementes, ou *priming*, que vêm sendo cada vez mais estudado como meio para aumentar a homogeneidade na germinação e estabelecer novas culturas agrícolas e propagação vegetativa (Ferreira e Marin, 2022).

A eficiência da indução ao estresse controlado para posterior tolerância do organismo vêm sendo estudada a muito anos. Charles Darwin induziu estresse salino em sementes de alface utilizando água do mar. Theophrastus (371-287 a.C.) e Gaius Plinius Secundus (23-79 d.C) perceberam resultado positivos ao controle depois de pré-embeber semente de pepinos não só em água, mas também em mel (Waqas et al., 2019; Ferreira e Marin, 2022). Na contemporaneidade entende-se que diferentes técnicas de *priming* podem proporcionar às sementes uma velocidade maior na germinação, redução da dormência, proporcionar mais vigor e, claro, aumentar a tolerância a estresses ambientais abióticos (Khan, 1992).

A aplicação do *priming* como tratamento de preparo para as sementes também pode melhorar a qualidade inicial da germinação e aumentar a produtividade, além de mitigar danos ocasionados pelo armazenamento irregular das sementes, reparando a deterioração ocasionada pela oxidação dos aminoácidos decorrente da respiração (Windauer et al, 2007; Taylor et al., 1998). Desse modo o *priming* é capaz de mitigar danos associados ao envelhecimento e baixo vigor das sementes (Farooq et al., 2009). De acordo com Carvalho e

Nakagawa (2012) e Ferreira (2022) o estudo da técnica de *halopriming*, isto é, variação do priming capaz de induzir tolerância a toxicidade iônica, em sementes vêm se mostrando um mecanismo viável e de baixo custo para superar o estresse salino no solo, aumentando a eficácia da germinação em lavouras, cultivos florestais e em ambientes áridos, elevando a tolerância das plantas a alta salinidade, se mostrando uma tecnologia, além de econômica, sustentável e viável em diferentes cenários, conferindo tolerância à diferentes estresses abióticos e proporcionando melhores condições de nutrição e proteção ao embrião, apontada como uma das principais funções do *priming* em sementes (Rudnev, 2017; Orobinsky et al., 2018).

Apesar dos estudos conduzidos até o presente momento evidenciarem que o *priming* é um método promissor, sua aplicação em alta escala requer pesquisas contínuas devido aos diferentes mecanismos e fatores que exercem influência direta no sucesso da técnica, principalmente em países como o Brasil que apresentam alta diversidade de microclimas regionais (Ferreira e Marin, 2022).

O *priming* pode ser aplicado para distintos ganhos de tolerância, desde métodos mais tradicionais como *hydropriming*, que consiste por períodos definidos em que as sementes são expostas a água antes da protrusão da radícula e então postas para secagem até que voltem a seu peso original ou aproximado. Esse ciclo pode se repetir mais de uma vez e as sementes tratadas também podem ser armazenadas após a secagem (Sher et al., 2019). O hidrocondicionamento pode permitir uma germinação mais homogênea do lote devido a entrada equilibrada de água que ocorre nas sementes, por provocar a formação de proteínas e melhor solubilização de moléculas, beneficiando a nutrição do embrião (Sher et al., 2019; Ferreira e Marin, 2022). Outra técnica é o *Osmopriming* que, semelhante ao hidrocondicionamento, as sementes são imersas em soluções de açúcares ou polietilenoglicol para secagem parcial ou até o peso inicial. O osmocondicionamento pode melhorar a performance do desenvolvimento de plantas em condições ótimas, o ganho de massa seca e o estabelecimento da planta (Sher et al., 2019).

Para estudos de tolerância às altas temperaturas é comum utilizar o *thermopriming*, onde as sementes são tratadas a altas ou baixas temperaturas, expondo as sementes de forma controlada por diferentes períodos, aumentando sua resistência em condições adversas. Essa exposição também pode gerar micro aberturas no tegumento (microfissuras), facilitando a embebição de água e conseqüentemente favorecendo a germinação (Farooq et al., 2019). Já

para estudos que visam a redução dos efeitos da desnutrição na planta, é utilizado o *Nutripiming*, no qual as sementes são imersas em diferentes soluções nutritivas, geralmente a base de magnésio, boro e zinco, que contribuem para melhoria na assimilação dos micronutrientes no solo e na sua disponibilidade para a planta. Outra alternativa com *priming* é o uso de fitormônios (reguladores de crescimento) e demais compostos orgânicos estimuladores do crescimento, conhecido também como *hormopriming*, que aprimoram o crescimento e estabelecimento de plantas em campo (Sher et al., 2019). Bryksová (2020) ao condicionar sementes de grão-de-bico com ácido giberélico (GA3) percebeu aumento na germinação e no vigor das plântulas, além de auxiliar amenizando a toxicidade de íons e possibilitando um melhor equilíbrio nutricional.

Paralelos aos métodos convencionais, novas tecnologias vêm sendo implementadas ao *priming*. Como exemplo, tem-se o *Nanopriming* que faz uso de nanopartículas de dimensão inferior a 100 nm, que interagem com diferentes componentes e tecidos celulares para proporcionar uma melhor germinação e desenvolvimento da planta, técnica que vem apresentando alta eficácia (Nile et al., 2022). Outras técnicas inovadoras consistem no uso de campos magnéticos para melhorar a germinação e vigor das sementes através da indução de produção de amilases, estudos a ponto que sementes condicionadas a valores ideais de militeslas (unidade para campos magnéticos) podem ter uma resposta superior a sementes não condicionadas (Ferreira et al., 2022). Conjuntamente associado a técnica de *priming* tem-se o uso da Luz Ultravioleta (UV) que atua sob a semente, potencializando moléculas energeticamente, provocando reações de componentes bioquímicos e auxiliando na resistência contra fitopatógenos. Nesse sentido, o *priming* tende a ser um mecanismo cada vez mais promissor e eficaz na conservação dos recursos naturais e no combate às mudanças climáticas (Ferreira e Marin, 2022).

### **3.3.1 Halopriming**

O *halopriming*, consiste no pré-tratamento das sementes em soluções salinas controladas, através de sais inorgânicos como NaCl, CaCl<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, entre outros. O *priming* aplicado faz com que a planta detenha uma resposta fisiológica para uma possível posterior situação de estresse abiótico iminente (Paparella et al., 2015). De acordo com Johnson et al. (2021), o *priming* auxilia no reparo e replicação do DNA, aumenta o RNA e reduz a perda de metabólitos. Somado a isso, Paparella et al. (2015) afirma que durante o *priming* genes

associados aos processos biofísicos e bioquímicos da germinação são regulados, podendo, por fim, acelerar o processo. Do Amaral et al. (2020) observaram resultados positivos na redução de danos causados pelo estresse salino na germinação, em mudas e em culturas de tomate (*Solanum lycopersicum*), ervilha (*Pisum sativum* L.) e outras espécies. Dessa forma, quando utilizado de forma assertiva no *halopriming*, o cloreto de sódio pode atuar como agente regulador da relação de sódio e potássio na planta, fundamental para a manutenção do equilíbrio iônico nas células. Somado a isso, esse composto pode facilitar a dissolução de moléculas de maior tamanho presentes nas sementes, estimulando a aclimatação sob o sal (Nabi et al., 2020; Ferreira et al., 2022).

Todavia, Bewley e Black (1982) destacam que as sementes são particularmente sensíveis a elevados níveis de NaCl devido a absorção excessiva de  $\text{Na}^+$  e/ou  $\text{Cl}^-$  e degradação dos tecidos. Pesquisas com uso do NaCl para aplicação de estresses e condicionamentos salinos também podem apresentar resultados inibitórios ao desenvolvimento vegetal (COLOCAR REFERÊNCIA). Ao avaliar concentrações elevadas na aplicação do *halopriming* em sementes de *Solanum lycopersicum* (Tomate), Nawaz et al. (2011) evidenciaram que o condicionamento acima de 50 mM eleva o efeito tóxico do acúmulo de íons nos tecidos e passa a inibir o efeito estimulante de tolerância. Além disso, percebeu-se que com concentrações de 10, 25 e 50 mM de NaCl, em todos os períodos de imersão avaliados, houve perda de eletrólitos, ocorrido devido à provável limitação na capacidade de reestruturação das membranas celulares. Contudo, o *halopriming* se mostra como um mecanismo satisfatório no tratamento e indução de tolerância nas sementes. Paparella (2015) e demais pesquisadores, ao estudarem o cenário atual do uso do *priming* como tecnologia, reforçam a necessidade da criação de redes de pesquisa para resultados sólidos e que promovam maior qualidade a semente, sendo essencial que cada vez mais pesquisas sejam conduzidas no intuito de definir parâmetros ideais para sua aplicação.

### **3.4. *Anadenanthera colubrina***

Popularmente conhecida como Angico-vermelho, Angico, Angico-amarelo e entre outros nomes, a *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan é uma espécie decídua de estação seca, com cerca de 11 metros de altura, podendo chegar a 15 metros, com um fuste de 30 cm de diâmetro e casca de cor castanha-avermelhada (Pareyn et al., 2018). Possuem folhas características com 15-20 cm de comprimento sendo alternadas e bipinadas, contendo pinas

com 35-50 pares de folíolos de superfície glabra, ápice agudo e obtuso, contendo base assimétrica. Seus frutos são do tipo vagem de coloração castanha-avermelhada com 8 a 15 sementes, sendo estas de cor pardo avermelhado escuro e de aspecto brilhoso. Sua frutificação ocorre nos sete primeiros meses do ano (Morim, 2017; Kill e Silva, 2016). A *A. colubrina* é uma espécie nativa do Brasil, sendo predominantemente encontrada na Caatinga, mas também com distribuição fitogeográfica no Cerrado e Mata Atlântica, pertencente à família Fabaceae. Possui importância econômica sendo utilizada como espécie forrageira, ornamental, produto madeireiro e propriedades medicinais, além de sua importância ecológica, sendo uma opção viável na recuperação de áreas degradadas (Bispo et al., 2017; Carvalho, 2002; Saraiva et al., 2012).

A colheita e extração das sementes devem ser iniciadas na época de dispersão das sementes, que acontece durante a estação chuvosa e início da estação seca (De Medeiros, 2017). A colheita deve ser feita com suporte de ferramentas como o podão, por se tratar de uma árvore de grande porte. A ferramenta também serve para provocar movimentos mecânicos nos galhos com intuito de coletar frutos mais maduros. Ao extrair as sementes é ideal que os frutos sejam postos para secar em área sombreada e ventilada para melhor deiscência natural (Matias 2014; Rabbani 2013). Quanto ao fruto, a coloração castanho-escuro avermelhado e castanho-claro indicam o período ideal para a retirada das sementes. Esse entendimento permite um melhor beneficiamento, visto que o potencial fisiológico da semente é proporcional a sua maturação ideal. (Cruz, 2021).

As sementes do Angico-vermelho apresentam comportamento ortodoxo com resistência a secagem e ao devido armazenamento em câmara fria e seca, com temperatura entre 18~20 °C e Umidade Relativa de 60%. Entretanto, com um ano sua taxa de sucesso germinativo decai para 30% tornando-se nula após dois anos. Para estudos da qualidade fisiológica em laboratório, é indicado um substrato à base de papel e condições controladas (Bispo, 2016; Brasil, 2013). As sementes não possuem dormência, o que facilita sua germinação, que acontece em aproximadamente 8 horas, em condições controladas, com a emissão da radícula a 2 mm. Para seu beneficiamento, Bispo (2017) constatou que sementes com maiores diâmetros tendem a gerar plântulas de maior vigor.

A espécie possui rápida germinação relativa e emergência das plântulas, além de elevada taxa de produção de sementes com dispersão autocórica, sendo classificada como uma espécie pioneira (REFERÊNCIA). Dessa forma, suas sementes completam a maturação

ainda dentro da vagem, germinam assim que encontrarem condições ideais, após serem dispersadas. O principal meio de regeneração é a germinação de sementes. Esses parâmetros germinativos também indicam alta aptidão em situações de estresse abiótico (Bispo et al., 2017; Carvalho 2003; Dorneles et al., 2013). *A.colubrina* também é uma opção na arborização urbana e paisagismo, quebra-vento em sistemas silvipastoris, sombra em áreas de pastagem, auxilia na obtenção de nitrogênio no solo, além de ser atrativa para abelhas e insetos pequenos (Maia, 2004).

Espécies classificadas como pioneiras, como no caso da *A.colubrina*, possuem um papel fundamental no processo de recuperação de uma área degradada, desenvolvendo-se de forma rápida e a pleno Sol. Dessa forma, suas copas compõem o dossel inicial da floresta, para posteriormente espécies secundárias e de clímax serem introduzidas em um ambiente propício para seu desenvolvimento e propagação, visto que a área possui sombreamento e melhores condições de solo (REFERENCIAR). Com o tempo essas árvores não pioneiras acabam fazendo a substituição da maior parte da vegetação inicial do processo de recuperação (Whitmore, 1989). Devido a essas capacidades econômicas e ambientais, a *A. colubrina* é escolhida como alvo do estudo.

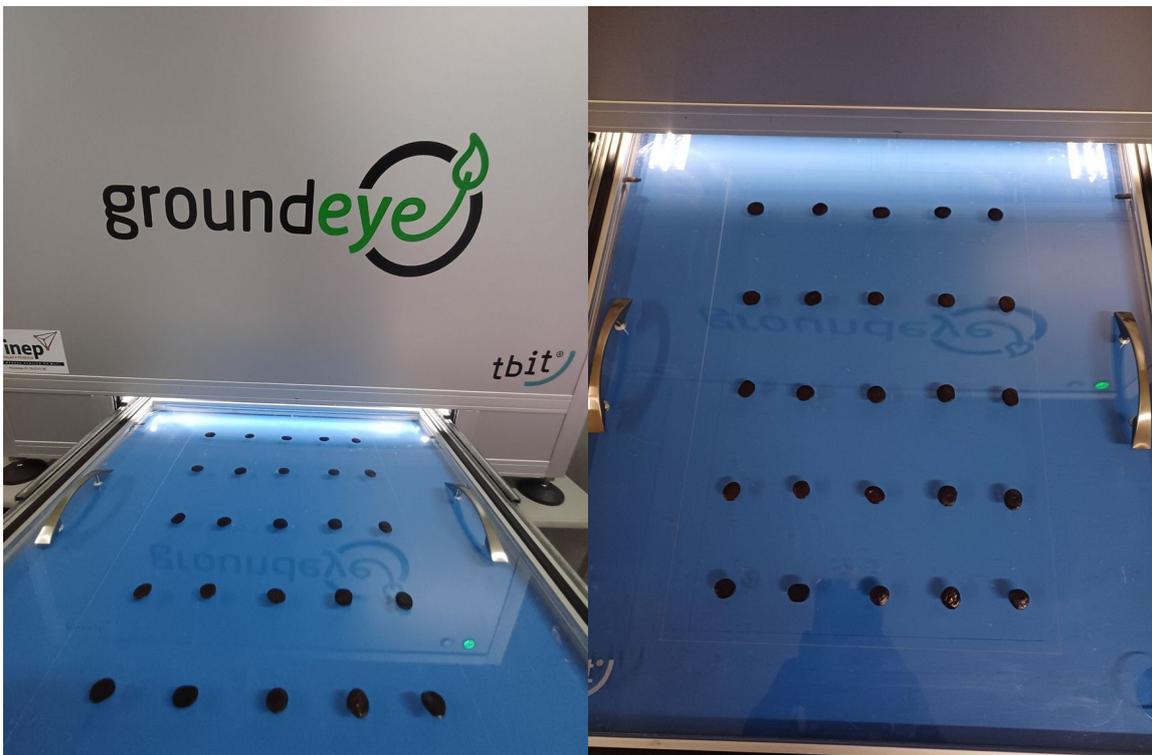
#### **4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia e Ecofisiologia Vegetal (LFEV) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE. O experimento utilizou sementes de *Anadenanthera colubrina* procedentes do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA/UNIVASF) da Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco.

##### **4.1. Caracterização do Lote de Sementes**

Para o beneficiamento, as sementes foram selecionadas avaliando-se as condições fitossanitárias e formação estrutural, descartando sementes com o tegumento danificado ou aparentemente violados, além de sementes com má formação. Para a caracterização das sementes determinou-se o teor de umidade (%) aferindo-se o peso da massa inicial (PI) e o peso das sementes secas (PS) após a permanência em estufa a 105°C por 24 horas. Os valores levantados foram utilizados para calcular o grau de umidade, em porcentagem (Brasil, 2009), com cinco repetições de 20 sementes (n=100).

A análise biométrica das sementes foi realizada através de visão computacional com auxílio do equipamento GroundEye S800, programa Groundeye® na versão 1.7.14. O aparelho é equipado com uma câmera de alta resolução conectada a um computador e o sistema possibilita a visualização e análise das sementes em tempo real por meio de um software especializado em processamento de imagens. Uma amostra de 200 sementes foram postas, aleatoriamente, em prancha para captura de imagem e posterior análise de dados morfométricos (Fig. 1). foram avaliados os seguintes parâmetros: Predominância de cor; Área; Circularidade; Compressão; Diâmetro máximo e mínimo; Perímetro.



**Figura 1:** Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em bandeja para captura de imagem e posterior análise morfométrica.

#### 4.2 Determinação da concentração salina e período de condicionamento

Diante da escassez de trabalhos voltados à aplicação do *halopriming* em espécies arbóreas, principalmente com uso do Cloreto de Sódio, observou-se a adoção de técnicas metodológicas que não estabelecem critérios sólidos para a definição da concentração salina empregada, bem como para a determinação do tempo de exposição das sementes à solução, sendo definido múltiplos períodos ou um único a fim de verificar o comportamento de uma determinada espécie ao *priming*. A exemplo, Shazia et al. (2024) ao estudarem a *Leucaena*

*leucocephala*, estipularam concentrações aproximadas de 171 e 342 mM de NaCl para o *halopriming*, com tempo de exposição de 30 horas. Já Biswas (2022) determinou 50 mM por 2 horas para diferentes espécies de leguminosas obtendo resultados positivos. Em condicionamentos feitos com uso de Nitrato de Potássio (KNO<sub>3</sub>) há estudos com períodos de 24 horas (Ferreira et al., 2020) e 48 horas de imersão em soluções com diferentes potenciais osmóticos (Santos et al., 2016).

Similar ocorre quanto às concentrações salinas definidas em trabalhos com uso do NaCl, para sementes de diversas espécies vegetais, tendo sido realizadas pesquisas com 35 e 50 mM (Jisha & Puthur, 2014), 40, 80 e 120 mM (Haghighat et al., 2012), sem embasamentos concretos para determinação desses valores. Nesse sentido, optou-se para a condução do presente experimento, estabelecer a concentração da solução salina e o tempo de imersão com base na concentração subletal e a curva de embebição das sementes respectivamente, visto que, são fatores diretamente associados à dinâmica de absorção de água, metabolismos e reações bioquímicas intrínsecas ao desenvolvimento do embrião no decorrer da germinação (Barrôco et al., 2005; Ferreira et al., 2013).

#### **4.2.1 Teste de germinação para definição da concentração salina**

Com o intuito de determinar a concentração subletal de salinidade utilizado como agente condicionante, foi realizado um experimento teste de germinação, sem que as sementes passassem por qualquer tratamento germinativo prévio, utilizando 500 sementes, sendo, cinco repetições de 20 sementes por tratamento. As sementes foram higienizadas em solução de hipoclorito de sódio a 3% por 1,5 minutos, seguidos de enxágue triplo com água destilada e secas em papel toalha. As sementes foram colocadas para germinar em placas de Petri, esterilizadas a 120 °C por 5 horas, contendo duas folhas de papel filtro umedecidas com soluções salinas (NaCl) nas concentrações de 150 mM; 300 mM; 450 mM; 600 mM e água destilada para compor o tratamento controle, em temperatura ambiente (em torno de 24 °C), conforme a metodologia de Brasil (2009). A germinação foi acompanhada diariamente, contando-se o número de sementes germinadas de acordo com o critério botânico de avaliação, isto é, protrusão da radícula a dois milímetros do tegumento. Dessa forma, estabeleceu-se o valor de concentração subletal a ser utilizada como agente condicionante no experimento.

#### 4.2.2 Curva de Embebição

Para melhor compreender o comportamento da semente e definir o tempo de aplicação do *priming*, foi realizado a curva de embebição. As sementes foram higienizadas em solução de hipoclorito de sódio a 3% por cerca de 1,5 minuto, seguida de enxágue triplo em água destilada e secas em papel absorvente. A curva foi feita com cinco repetições de 20 sementes, totalizando 100 unidades. As sementes foram postas em placas de Petri, as quais foram previamente esterilizadas a 120 °C por 5 horas, contendo duas folhas de papel filtro, umedecidas com solução de NaCl na concentração subletal definida (BRASIL, 2009). Em intervalos de 1 hora foram realizadas as pesagens das sementes até que completassem a germinação.

#### 4.3. Tratamento Pré-Germinativo (*Halopriming*)

Para a montagem e preparo do experimento seguiu-se os mesmos procedimentos realizados no teste de germinação. Seguidamente, para a indução do *halopriming*, as sementes (n =500) foram submersas em meio salino na concentração de 150 mM pelo período equivalente ao tempo da fase I da curva trifásica de embebição, neste caso, 5 horas. Após esse período, as sementes foram lavadas com água destilada com enxágue triplo e colocadas para secar ao ar livre por 24h. Em seguida as sementes foram postas para germinar em diferentes concentrações de NaCl, sendo 0 mM (água destilada), 150 mM, 300 mM; 450 mM e 600 mM. A germinação foram acompanhadas diariamente através de contagem do número de sementes germinadas, considerando a protrusão da radícula com tamanho igual ou superior a 2mm (Vieira et al., 2023). Os parâmetros germinativos avaliados foram escolhidos de acordo com a metodologia de Aravind (2019), sendo esses: Porcentagem de Germinação, T50, Coeficiente de variação do tempo de germinação, Tempo Médio de Germinação, Sincronia da Germinação e Incerteza de Germinação.

A porcentagem de germinação foi obtida através da seguinte equação:

$$%G = (N_g / N_t) \times 100$$

Onde,  $N_g$  é o número de sementes germinadas e  $N_t$  é o número total de sementes.

O **T50**, Tempo médio em que 50% das sementes germinaram, referente a germinação final, é calculado em dia, de acordo com a seguinte equação:

$$T_{50} = T_i + \frac{\left(\frac{n+1}{2} - i\right)(T_j - T_i)}{N_j - i}$$

Onde,  $N$  = número total de sementes germinadas ao final do experimento:  $N_i$  e  $N_j$  = número acumulado de sementes germinadas nos tempos  $T_i$  e  $T_j$  respectivamente, onde  $N_i < N/2 < N_j$ ,  $T_i$  e  $T_j$  = tempos correspondentes às contagens adjacentes  $N_i$  e  $N_j$ .

O coeficiente de variação do tempo de germinação ( $CV_t$ ) avalia a distribuição da germinação das sementes em torno do tempo médio, isto é, valores baixos indicam germinação uniforme e vice-versa (Gomes, 1960).

$$CV_t = \sqrt{\frac{s_T^2}{T_m}}$$

No qual,  $s_T^2$  é a variância do tempo de germinação e  $T_m$  é o tempo médio de germinação.

A Taxa Médio de Germinação ou Mean germination rate ( $MGR$ ), a rapidez com que as sementes germinam ao longo do tempo, levando em consideração o número total de semente e tempo de ocorrência. (Labouriau, 1983; Ramal e Santana, 2006). O cálculo é feito da seguinte maneira:

$$MGR = \sum_{i=1}^K \frac{i}{\sum_{i=1}^K NiTi} \cdot i$$

Dessa forma,  $T_i$  é o tempo desde o início do experimento até o **i-ésimo** intervalo,  $N_i$  é o número de sementes germinadas no **i-ésimo** intervalo de tempo (não o número acumulado, mas o número correspondente ao **i-ésimo** intervalo), e  $k$  é o número total de intervalos de tempo. Sendo o inverso do tempo médio de germinação ( $T_m$ ), ou seja:

$$MGR = \frac{1}{T_m}$$

A Sincronia de Germinação (SG) indica a uniformidade com que as sementes germinam, e é calculado de acordo com a equação seguinte:

$$SG = \frac{\sum_{i=1}^K C_{i,2}}{C_{\sum Ni,2}}$$

Onde e  $C_{i,2}$  é a combinação parcial de duas sementes germinadas entre  $N_i$ , que é o número de sementes germinadas no **i-ésimo** intervalo de tempo.  $C_{\Sigma N_i,2}$  é a combinação parcial de duas sementes germinadas entre o número total de sementes germinadas na última contagem, assumindo que todas as sementes que germinaram foram de modo simultâneo (Ranal e Santana, 2006).

A Incerteza de Germinação (IG) é calculada de acordo com a seguinte fórmula (Labouriau, 1983):

$$IG = - \sum_{i=1}^k \log_2 f_i \log_2 f_i$$

Onde  $f_i$  é a frequência relativa de germinação, expressa através da fórmula:

$$f_i = \frac{i}{\sum_{i=1}^K i}$$

Assim,  $N_i$  é o número de sementes germinadas no **i-ésimo** intervalo de tempo,  $k$  é o número total de intervalos de tempo.

#### 4.4. Análise Estatística dos Dados

Os dados para obtenção dos parâmetros avaliativos foram tabulados e analisados utilizando o Software R Versão 4.4.3. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos dados, em seguida análise de variância (ANOVA) e o teste de Mann-Whitney para comparações posteriores ( $P < 0,05$ ), com auxílios do programa Past versão 4.03.

	Dominância de cor preto (%)	Área (cm <sup>2</sup> )	Circular idade	Diâmetro máximo	Diâmetro mínimo	Perímetro
<i>Média</i>	89	1,16	0,91	1,28	1,11	4,09
<i>DV</i>	0,0819	0,1273	0,0426	0,0815	0,0668	0,2982
<i>CV (%)</i>	9,19	10,98	4,70	6,39	5,99	7,29

Tabela 01: Morfometria de sementes de Angico-vermelho; Angico-branco (*Anadenanthera colubrina*)

## 5. Resultados e Discussão

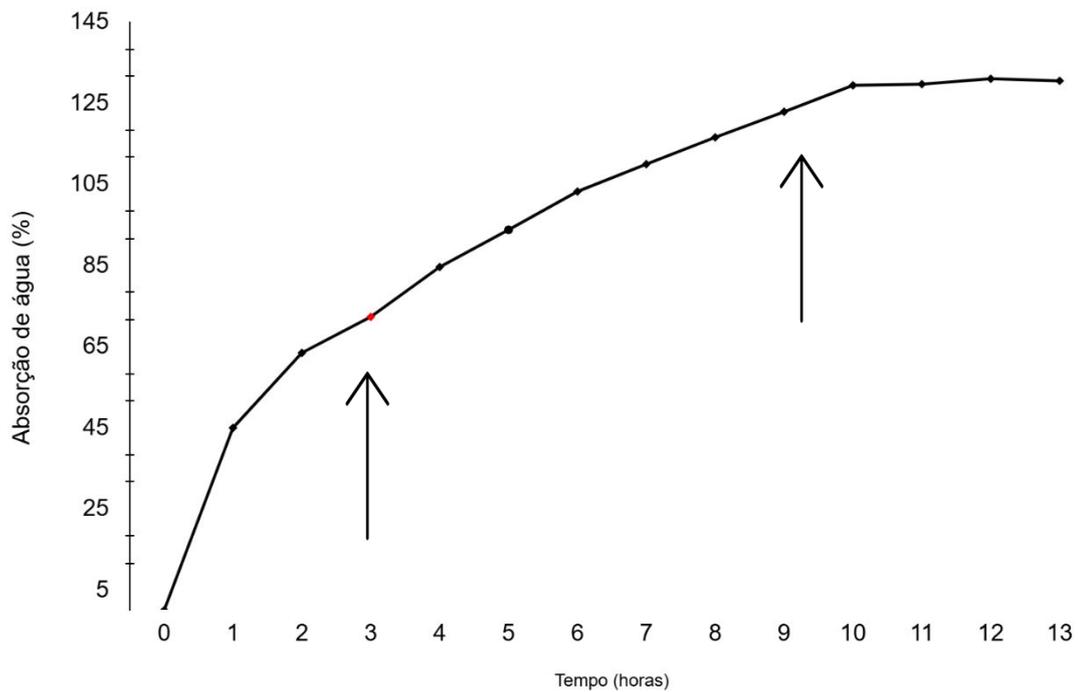
### 5.1 Caracterização do Lote

O lote apresenta porcentagem de germinação 86%. As sementes de *Anadenanthera colubrina* avaliadas expressam valores de diâmetro mínimo e máximo de 1,11 e 1,28 cm respectivamente, os valores são próximos entre si, o que condiz com o valor de circularidade (0,91), indicando alta circularidade relativa, além de um perímetro de 4,09 cm e área de 1,16 cm<sup>2</sup> (Tabela 1). Quanto a sua coloração, a predominância se dá pela cor preta (89%) variando entre os aspectos de preto, marrom-escuro e marrom-claro. Essas características estão dentro dos padrões encontrados para a espécie, além de indicarem maturidade fisiológica (Cruz et al., 2020). As sementes apresentaram comportamento ortodoxo, tendo o teor de umidade em 9,6% estando de acordo com a literatura para a espécie (Ferreira et al., 2011). O Peso de Mil Sementes (PMS) e Grau de Umidade foram determinados conforme metodologia Da Lima Jr (2010). Para o Peso de Mil Sementes (PMS) foi constatado 126,25 gramas (desvio padrão de 0,86) estando superior aos valores obtidos por Sarana (2020) no norte do Piauí. De acordo com Paiva et al., (2018) a biometria possibilita identificar possíveis variedades sobre a qualidade morfológica e fisiológica da semente em decorrência do local que se encontram.

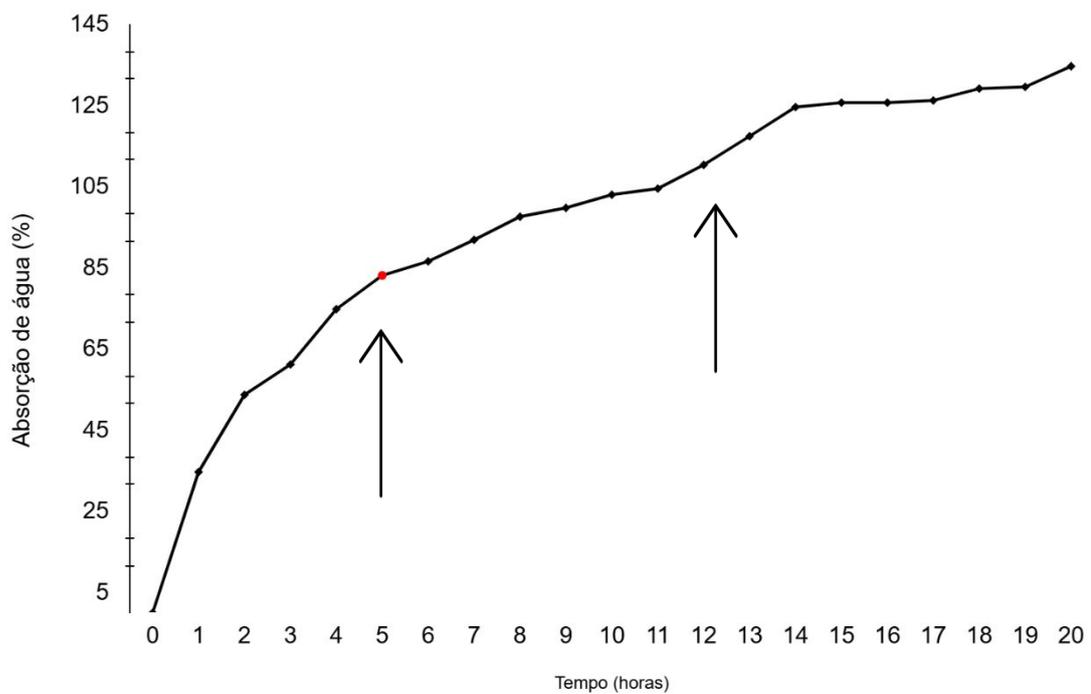
### 5.2 Curva de embebição

A curva de embebição das sementes em condições normais, com o uso de água destilada demonstrou que a fase I se completa em 3 horas (Figura 3). Essa condição demonstra uma rapidez na absorção de água pelas sementes que não apresentam dormência tegumentar. No entanto, em condições salinas (150 mM de NaCl), há um atraso de 2 horas para completar a fase I, quando comparado com a curva feita em condições normais. Esse atraso está associado à redução do potencial osmótico da solução, causado pela alta quantidade e de íons na solução salinizada.

A fase II também expressou um atraso de duas horas na curva em condição salina, possivelmente pela reação em cadeia danosa gerada pela alta concentração, é nesta fase que ocorre a mobilização de reservas, transcrição do RNA-m, além de alta atividade metabólica e fisiológica para o desenvolvimento do embrião (Vieira et al., 2013). Já a fase III inicia-se com 12 horas na curva realizada em solução de NaCl, quando houve a protrusão da radícula ( $\geq 2$  mm). Desse modo determinou-se o tempo de imersão das sementes em 5 horas na solução de concentração subletal.



**Figura 2:** Curva de embebição feita com solução de água destilada, Fase I e Fase III indicadas pelas setas, respectivamente.



**Figura 3:** Curva de embebição feita com solução de 150 milimolar de NaCl, Fase I e Fase III indicadas pelas setas, respectivamente.

### 5.3 Avaliação da germinação

As diferentes concentrações salinas impostas interagiu significativamente com os parâmetros germinativos avaliados, independente da aplicação ou não do *halopriming* (Tabela 2). A germinação das sementes em condições salinas, sem tratamento pré-germinativo, expressaram redução gradativa dos parâmetros germinativos avaliados proporcionalmente ao aumento da concentração de NaCl utilizada, em comparação com o controle (Tabela 2). A germinação no tratamento controle apresentou 96% das sementes germinadas, indicando uma ótima porcentagem de germinação do lote. A salinidade reduziu a porcentagem de germinação, o tratamento com 150 mM de NaCl obteve 49% de germinação, se diferenciando estatisticamente dos demais. O tratamento com 300 mM de NaCl obteve 1% das sementes germinadas não obtendo diferença significativa da germinação em 450 e 600 mM, os quais não houve sementes germinadas. Dessa forma, a concentração subletal encontrada no presente trabalho foi de 150mM de NaCl, sendo escolhida para o *halopriming*

Para o tempo médio para germinação de 50% das sementes (T50) analisado, verifica-se um resultado nulo na condição controle, indicando uma resposta breve e uniforme, visto que as sementes nessas condições; foram capazes de concluir seu processo germinativo em um período inferior a 24 horas. Entretanto, em 150 mM, o T50 aumentou consideravelmente para 1,66 dias, expressando um

atraso na germinação sob essa condição. Em concentrações salinas mais elevadas, o T50 retornou a zero, em decorrência da ausência de germinação significativa (Tabela 2). De maneira semelhante, é possível

observar que o coeficiente de variação do tempo de germinação (CVt) foi menor na condição controle (0,366), apresentando um aumento moderado em 150 mM (0,449), o que indica maior variabilidade temporal na germinação das sementes em condições salinas, porém, apesar disso, não houve diferença estatística significativa entre esses tratamentos. Nas concentrações mais elevadas, o CVt foi reduzido para 0, visto que não houve germinação significativa (Tabela 2).

A condição controle obteve uma taxa média de germinação (MGR), maior (0,77) quando comparada aos demais grupos, ao qual os valores reduziram progressivamente com o aumento da concentração salina, alcançando 0,47 em 150 mM e valores próximos de zero nas demais concentrações (Tabela 2). Semelhante ocorreu na sincronia de germinação (SG), que foi relativamente elevada no grupo testemunha (0,51), todavia, a sincronia apresentou queda em 150 mM (0,30) e chegou a zero nas concentrações mais elevadas (Tabela 2). Esses resultados evidenciam a interferência da concentração de íons de NaCl na germinação de sementes de *A. colubrina*, ocasionando um menor índice germinativo, além de reduzir a sincronia germinativa das sementes.

A incerteza da germinação (U) é um parâmetro que permite avaliar a variabilidade no processo de germinação das sementes, possibilitando verificar a homogeneidade ou irregularidade na germinação das sementes em determinada condição. Quanto maior a incerteza, maior a irregularidade na germinação, o que pode indicar fatores estressantes ou condições adversas para o crescimento das sementes (Singh e Gopal 2019). Portanto, há um índice maior de incerteza de germinação para as sementes germinadas na concentração de 150 mM (1,51) quando comparadas a condição controle (0,89), refletindo uma maior dispersão no tempo necessário para a germinação sob estresse moderado, já em concentrações salinas mais elevadas, a incerteza foi nula devido à ausência de germinação. Apesar dessa variação, os grupos (0 e 150 mM) não se diferenciam entre si estatisticamente, indicando que apesar da salinidade afetar alguns parâmetros germinativos, a previsibilidade de germinação das sementes de ambos os tratamentos se encontram relativamente próxima (Tabela 2).

**Tabela 2:** Parâmetros germinativos de sementes de *Anadenanthera colubrina* submetidas a dois tratamentos pré-germinativos (Com e sem *Halopriming*) e colocadas para germinar em condições salinas. Legenda: Porcentagem de germinação (%G), Tempo médio para germinação de 50% das sementes (T50), Coeficiente de variação do tempo de germinação (CVt), Taxa média de germinação (MGR), Sincronia de germinação (GS), Incerteza de germinação (U).

<i>Tratamento</i>	<i>Concentração (mM)</i>	<i>%G</i>	<i>T50</i>	<i>CVt</i>	<i>MGR</i>	<i>GS</i>	<i>U</i>
<i>Sem Priming</i>	0	96aA	0bB	0.366aA	0.77aA	0.51aA	0.89aB
	150	49bB	1.66aA	0.449aA	0.47bAB	0.30bAB	1.51aA
	300	1cC	0.4bA	0.000bB	0.10cAB	0.00cC	0.00bB
	450	0cC	0bB	0.000bB	0.00cC	0.00cC	0.00bB
	600	0cC	0bB	0.000bB	0.00cC	0.00cC	0.00bB
<i>Com Priming</i>	0	82aAB	0aB	0,203aA	0,93aA	0,87aA	0,32bB
	150	56aB	0,593aA	0,388aA	0,69bB	0,53bB	1,06aAB
	300	3bC	0,8aA	0bB	0,40cB	0cC	0cB
	450	1bC	0,4aA	0bB	0,10dC	0cC	0cB
	600	0bC	0aB	0bB	0dC	0cC	0cB

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ( $P < 0,05$ ). Letras maiúsculas comparam médias de uma mesma concentração salina em diferentes tratamentos e letras minúsculas comparam as diferentes concentrações dentro de um mesmo tratamento.

Em relação às sementes submetidas ao *halopriming* pode-se observar que o grupo controle (embebido em água destilada) obteve 82% das suas sementes germinadas, expressando uma boa germinação após o condicionamento, apesar da diferença de percentual na solução de 150 mM, ao qual as sementes germinaram em 56%, não se diferindo estatisticamente, porém, ambos os grupos se diferem das concentrações superiores, de 300, 450 e 600 mM, ao qual obtiveram o percentual de germinação em 3%, 1% e 0% respectivamente (Tabela 2). Quanto ao T50, não houve divergência estatística entre as diferentes concentrações, seja pela germinação em um tempo próximo e inferior a

24h (0 e 150 mM) ou pelo número ínfimo ou nulo de sementes germinadas nas concentrações mais elevadas. Já o coeficiente de variação do tempo de germinação (CVt) não apontou diferença significativa entre as sementes germinadas no grupo controle e 150 mM, tendo essa, uma variação maior de 0,388 sob 0,203 (controle), todavia ambos se diferiram das demais concentrações, tais quais, são análogas estatisticamente entre si.

No que diz respeito à taxa média de germinação (MGR), observa-se uma redução progressiva à medida que a concentração salina aumenta e conseqüentemente o tempo médio de germinação aumenta, de modo que, os grupos controle (0,93), 150 (0,69) e 300 mM (0,4) apontaram diferenças estatísticas entre si, em categorias únicas e expressam uma clara ação dos danos causados pela crescente toxicidade dos íons exercida sob as sementes. As concentrações de 450 e 600 mM não se diferenciam entre si devido a inibição da germinação em alta concentração. Em relação à Sincronia de Germinação (SG) percebe-se que as sementes condicionadas apresentaram alta sincronia em condição controle com uma média de 87%, no entanto, com o aumento da concentração, a sincronia reduziu significativamente para 53% nas sementes germinadas em 150 mM. Os demais grupos obtiveram resultados zerados, correspondente a germinação ínfima. Quanto a Incerteza de Germinação (U) o grupo de sementes em 150 mM apresentaram uma maior incerteza, indicando uma maior sensibilidade ao estresse salino quando comparado com o controle que obteve 0,32 de incerteza e conseqüentemente tendo uma maior probabilidade de germinação nessas condições, diferindo entre ambos estatisticamente.

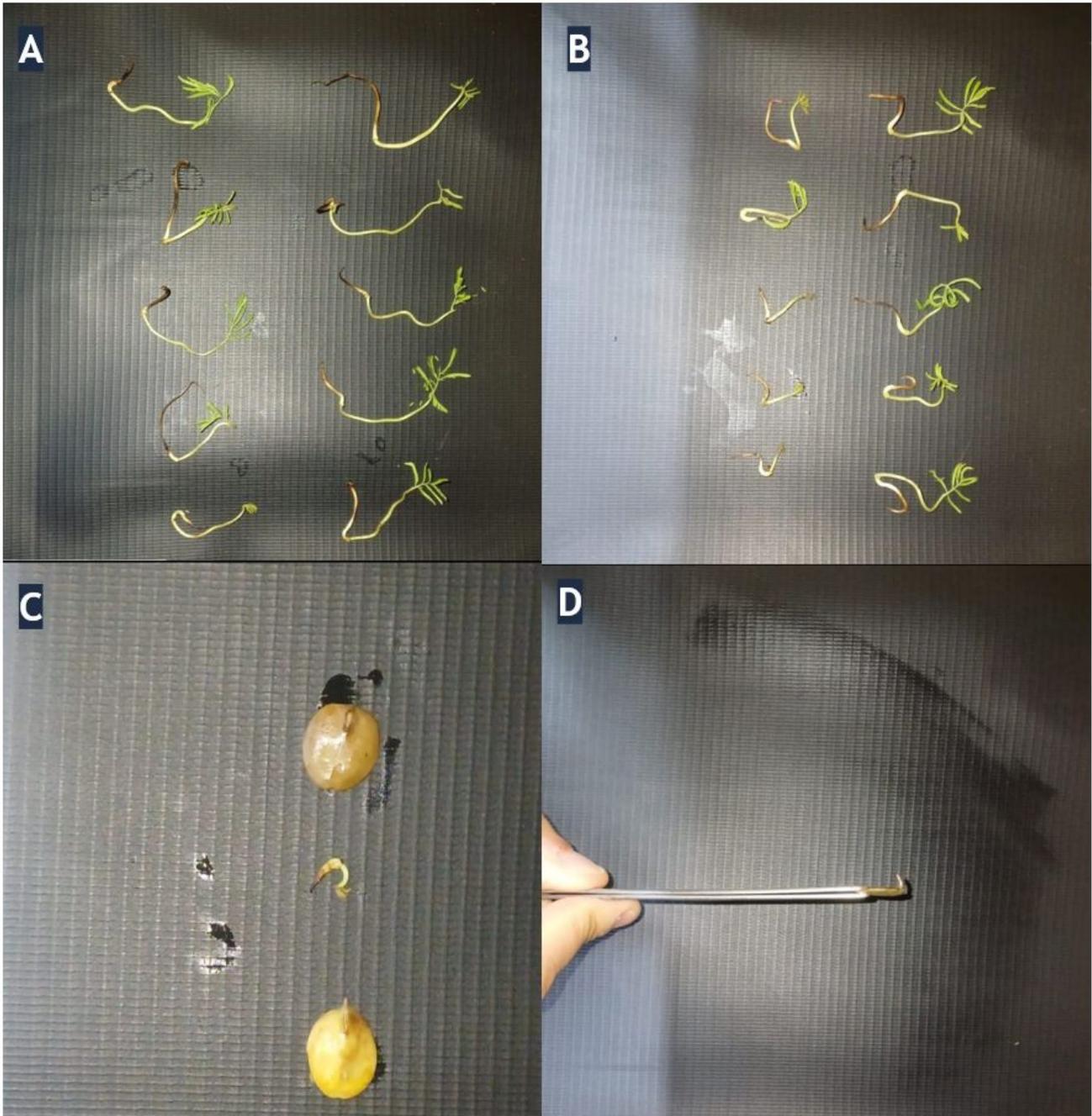
Nesse sentido percebe-se que em ambos os tratamentos a ação degenerativa da toxicidade de íons e a queda ou inexpressividade dos parâmetros germinativos é observada em maiores concentrações. Certamente isso ocorre devido ao acúmulo excessivo de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  - que geram alterações severas na homeostase das células, somado a diminuição do potencial hídrico no meio, reduzindo a disponibilidade de água para as sementes e ocasionando injúrias nas reações metabólicas (Willadino et al., 2010; Jisha et al., 2014). O estresse salino, principalmente em maiores concentrações, proporciona danos oxidativos que refletem em processos degradantes, como a peroxidação de lípidos, alterações na estrutura do DNA, na síntese de RNA e morte celular programada (Willadino et al., 2010). Silveira et al., (2010) apontam que mesmo para espécies que apresentam uma tolerância relativa à salinidade, como no caso da *A. colubrina* altos teores de  $\text{Na}^+$  contribuem para o desequilíbrio da relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  sendo o  $\text{K}^+$  um íon fundamental para regulação osmótica e transporte iônico.

Ao comparar ambos os experimentos entre si, é possível observar que as sementes em condições controle expressaram uma queda nos parâmetros germinativos avaliados, principalmente na porcentagem de germinação, caindo de 96% para 82%, o que é pode ser esperado em consequência do estresse salino acometido durante o *priming* seguido da germinação em condições neutras. Já em concentração de 150 mM de NaCl, ocorreu um comportamento contrário, apesar de os resultados não

serem estatisticamente diferentes, mas nota-se uma tênue melhora na porcentagem de germinação após o condicionamento, de 49% para 56% das sementes germinadas. Situação semelhante ocorreu nas concentrações mais altas, entre 300 e 450 mM de NaCl, sendo que esse último grupo (450 mM) apresentou uma pequena % de germinação após o condicionamento (1%). A germinação em 600 mM de NaCl se manteve nula devido à elevada toxicidade iônica. Assim, não há diferença estatística entre as três maiores concentrações avaliadas.

Em concentração de 150 mM de NaCl, as sementes tratadas apresentaram uma leve melhora nos parâmetros germinativos avaliados, no que se refere ao T50, obtiveram um período inferior a 24h para 50% da germinação, além de um ligeiro aumento na sincronia de germinação (SG). As sementes também evidenciaram menor variabilidade temporal e uma taxa médio de germinação (MGR) superior (0,69) quando comparado ao grupo sem o tratamento prévio e de mesma concentração, onde nota-se uma germinação, moderadamente, mais rápida e um tempo médio de germinação inferior, porém sem diferença estatística. Quanto a incerteza de germinação, o grupo tratado a 150 mM apresentou um valor inferior, necessário para a germinação, tendo uma sutil variação e, desse modo, não se diferenciam entre si. Contudo, o *halopriming* apresentou efeitos positivos discretos em concentrações moderadas de salinidade, mas sem diferenças estatisticamente significativas. Pesquisas indicam que a eficiência do *priming* pode estar relacionada a fatores como tempo de exposição, concentração do agente de *priming* e tolerância inata da espécie (Farooq et al., 2019).

Ao decorrer dos dias monitorados durante a contagem de sementes germinadas após *halopriming*, foi possível observar uma clara diferença no crescimento da radícula entre as diferentes concentrações salinas (Figura 2). Ao final da contagem, o grupo controle apresentou média de 31,9 mm ( $\pm 15,8$ ), enquanto as sementes germinadas em substrato irrigado com solução salina de 150 mM apresentaram média de 15,4 mm ( $\pm 5,7$ ), as radículas desenvolvidas na concentração de 300 mM tiveram média de 4,8 mm sendo a menor e maior 2 e 7,6 mm respectivamente. A germinação em 450 mM de NaCl se manteve em 2 mm, sugerindo o efeito osmótico e iônico no crescimento das radículas. Esses resultados corroboram com os parâmetros germinativos avaliados, que também expressaram regressão de qualitativa conforme a crescente concentração salina. Souza (2019) em sua pesquisa, confirma a redução da atividade enzimática e do crescimento das plantas em decorrência de estresses salinos elevados.



**Figura 4:** Mosaico do desenvolvimento radicular de sementes de *Anadenanthera colubrina* em diferentes concentrações salinas após aplicação de *Halopriming*, em decorrência da diminuição da divisão celular e perdas na atividade enzimática. Radículas de maior comprimento no grupo controle (A); Crescimento moderado a 150 mM (B); Radículas subdesenvolvidas em concentração de 300 mM (C); Radícula que atingiu a protrusão a 450 mM pós-priming (D).

## 6. CONCLUSÃO

A salinidade afeta a germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, sendo inibitória a partir de 300 mM de NaCl. O *halopriming* na concentração de 150 mM de NaCl no tempo correspondente a finalização da fase I da curva de embebição não promove uma maior tolerância das sementes a concentrações salinas maiores. Com base nos resultados obtidos, para estudos posteriores é aconselhável definir os valores para a concentração subletal entre 100 e 450 mM, visto que sua germinação já tende a ser inibitória em concentrações maiores, assim como, avaliar o tempo de aplicação do *halopriming* com base na fase II da germinação, paralelamente com a Fase I. No mais, as informações levantadas neste estudo servem de norte para que futuras pesquisas avaliem os fatores associados ao *priming* e assim possam elucidar os mecanismos de tolerância da espécie ao estresse salino e no estabelecimento de uma metodologia sólida para a espécie quanto ao seu tratamento pré-germinativo.

## 7. REFERÊNCIAS

- ARAVIND, J. et al. The germinationmetrics package: A brief introduction. New Delhi, India: ICAR-National Bureau of Plant Genetic Resources, p. 1-219, 2019.
- Barrôco, R. M. et al. The role of the cell cycle machinery in resumption of postembryonic development. *Plant Physiology*, v. 137, n. 1, p. 127-140, 2005. DOI: 10.1104/pp.10
- Bewley, J. D. (1997). Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell*, v. 9, n. 7, p. 1055-1066.
- Bewley JD, Black M (1982). *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination*, Vol. 2. Viability, dormancy, and environmental control. Springer-Verlag, Berlin.
- BISPO, J. de S. Biometria, vigor e limites para a germinação de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. 2016. III f. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) - Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Juazeiro, BA.
- BISPO, J. S. *et al* **Size and vigor of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan seeds harvested in Caatinga areas**. *Journal of Seed Science*, Londrina, v. 39, n. 4, p. 363-373, 2017.
- BISWAS, Sabarni; PAUL, Alivia; BISWAS, Asok K. Potential of seed halopriming in mitigating NaCl-induced adversities on nitrogen metabolism in legume crops. **Legume Research- An International Journal**, v. 45, n. 1, p. 73-81, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 2009, 309 p.

BRYKSOVÁ, Magdaléna et al. Hormopriming to Mitigate Abiotic Stress Effects: A Case Study of N 9-Substituted Cytokinin Derivatives With a Fluorinated Carbohydrate Moiety. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 599228, 2020.

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

CARVALHO, P.E.R. 2002. **Angico-branco: taxonomia e nomenclatura**. Colombo, Embrapa Floresta, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, circular técnica n.56.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA. Informações Tecnológicas, Colombo, EMPRAPA-CNPF, 2003, 1039 p. v. 1.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. **Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião de Petrolina - Pernambuco - Brasil**. Caminhos de Geografia, v.16, n.56, p.160-172, 2015.

CASTRO, Francelita Coelho; SANTOS, Antonio Marcos dos. **Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida**. Mercator (Fortaleza), v. 19, p. e19002, 2020.

CRUZ, Maria Soraia Fortado Vera et al. Biometria e Potencial Fisiológico de Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em Função do Estádio de Desenvolvimento do Fruto. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020.

CRUZ, Maria Soraia Fortado Vera et al. Maturidade de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 515-532, 2021.

DA LIMA JR, Manuel de Jesus. **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. 2010.

DA SILVA VARGEM, Daiana et al. Serviços Ecosistêmicos e a Potencialidade da Flora do Cerrado. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 13, n. 1, p. 9-20, 2024.

DA SILVA, Brenda Conceição et al. Estudo de caso para aplicação do grafeno como aditivo para prevenir a corrosão pela salmoura nas plataformas de petróleo. **Apoena**, v. 5, n. 2, p. 278-294, 2022.

DALIAKOPOULOS, I. N. et al. **The threat of soil salinity: A European scale review.** Science of the total environment, v. 573, p. 727-739, 2016.

DE, ÁCIDOS HÚMICOS E. OS MECANISMOS et al. ALINE DA COSTA SOUZA. 2019.

DE LIMA SILVA, Angel Tomé; DE REZENDE NASCIMENTO, Paulo Sérgio. Caracterização da vulnerabilidade à desertificação por geotecnologias no sul do estado de Sergipe. *Scientia Plena*, v. 20, n. 8, 2024.

DE MEDEIROS<sup>1</sup>, Robson Luis Silva et al. Fenologia de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em fragmento de floresta Ombrófila Aberta na Paraíba. 2017.

DO AMARAL, Marcelo N., et al. **Long-term transcriptional memory in rice plants submitted to salt shock.** *Planta*, v. 251, p. 1-16, 2020.

DO NORDESTE, Associação Plantas. A APNE pesquisando a Caatinga em prol da conservação e do manejo florestal sustentado [em linha]. out. 2013.

DORNELES, Marieta Caixeta; RANAL, Marli A.; SANTANA, Denise Garcia de. **Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil (Griseb.) Altschut, Fabaceae, estabelecida em fragmentos florestais do cerrado, MG.** *Ciência Florestal*, v. 23, n. 3, p. 291-304, 2013.

FAROOQ, Muhammad et al. **Seed priming in field crops: potential benefits, adoption and challenges.** *Crop and Pasture Science*, v. 70, n. 9, p. 731-771, 2019.

FERNANDES, João Paulo; NOVO, Garcia. Processos ecológicos e paisagem. *Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-Brasileiro*, 2021.

FERREIRA, Wanessa Nepomuceno. Ecofisiologia da germinação e do crescimento inicial de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. 2011.

FERREIRA, Elane Grazielle Borba de Sousa et al. **Processo germinativo e vigor de sementes de *Cedrela odorata* L. sob estresse salino.** *Ciência Florestal*, v. 23, n. 1, p. 99-105, 2013.

FERREIRA, Talyta de Carvalho et al. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ANADENANTHERA COLUBRINA TRATADAS COM NITRATO DE POTÁSSIO E SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO. In: **ENGENHARIA FLORESTAL: DESAFIOS, LIMITES E POTENCIALIDADE**. Editora Científica Digital, 2020. p. 704-709.

FERREIRA, Thiago Costa; PEREZ-MARIN, Aldrin Martin. Priming em sementes: uma revisão bibliográfica concisa e atualizada. 2022.

FRIEDRICH T., Faivre L., Bäurle I., Schubert D. (2019); Mecanismos baseados em cromatina de memória de temperatura em plantas. *Environ de células vegetais* 42:762-770.

GALVIZ, Yutcelia CF; RIBEIRO, Rafael V.; SOUZA, Gustavo M. Yes, plants do have memory. *Theoretical and experimental plant physiology*, v. 32, n. 3, p. 195-202, 2020.

GOIS, Douglas Vieira; DE MELO, Felipe Pessoa; ARAÚJO, Wandison Silva. Índices de vegetação e suscetibilidade à desertificação no município de Poço Redondo–Sergipe. **GeoAlagoas. Maceió**, 2015.

Gomes, F. P. (1960). Curso De Estatística Experimental. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo Available

GKIOUGKIS, I.; KALLIORAS, A.; PLIAKAS, F.; PECHTELIDIS, A.; DIAMANTIS, V.; DIAMANTIS, I.; ZIOGAS, A.; DAFNIS, I. Assessment of soil salinization at the eastern Nestos River Delta, N.E. Greece. *Catena*, v.128, p.238-251, 2015.

HAGHIGHAT, Z.; EBADI, A.; KHOMARI, S. Influence of seed priming on germination and early growth of Sorghum bicolor (L.) Moench under salt stress. **Plant Ecophysiology**, v. 4, p. 159-162, 2012.

HOLANDA, F. S. R.; MARCIANO, C. R.; PEDROTTI, A.; AGUIAR, J. F. de; SANTOS, V. P. 2001. Recuperação de áreas com problemas de salinização. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 22, n. 210, p. 57-61.

JISHA, K. C.; PUTHUR, Jos T. Halopriming of seeds imparts tolerance to NaCl and PEG induced stress in *Vigna radiata* (L.) Wilczek varieties. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 20, p. 303-312, 2014.

JOHNSON, Riya; Puthur, Jos T. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant physiology and biochemistry*, v. 162, p. 247-257, 2021.

KANZARI, S.; HACHICHA, M.; BOUHLILA, R; BATTLE-SALES, J. Characterization and modeling of water movement and salts transfer in a semi-arid region of Tunisia (Bou Hajla, Kairouan) - Salinization risk of soils and aquifers. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.86, p.34-42, 2012.

KHAN, Anwar A. et al. Matricconditioning of vegetable seeds to improve stand establishment in early field plantings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 117, n. 1, p. 41-47, 1992.

KILL, LHP; SILVA, T. A. Fenologia e biologia floral de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae) no Município de Petrolina, PE. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 128, 2016.

LABOURIAU, L.F.G. A germinação de sementes. Washington: Sec. Org. dos Estados Unidos, 1983. 174p.

LIMA, Ayslan Trindade. Memória hídrica de sementes: implicações ecofisiológicas durante a germinação e o desenvolvimento inicial de espécies da Caatinga. 2019.

LUO, J.; ZHANG, S.; ZHU, X.; LU, L.; WANG, C.; LI, C.; CUI, J.; ZHOU, Z. Effects of soil salinity on rhizosphere soil microbes in transgenic Bt cotton fields. *Journal of Integrative Agriculture*, v.16, n.7, p.1624-1633, 2017.

MAIA, G.N. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. São Paulo: D&Z, p.104-114. 2004.

MARCOS FILHO, Júlio. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2015.

MELO, Cristiane Castro Feitosa; DA CRUZ, Maria Lucia Brito. A agroecologia e o reflorestamento como contribuição à educação ambiental: o caso do sítio São Gonçalo-2000 A 2014. *Acta Geografica*, v. 9, n. 19, p. 126-145, 2015.

MORIM, M.P. *Anadenanthera* in *Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2017.

- MUNNS, R. & TERMATT, A. 1986. Whole plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13: 143–160.
- NABI, F. et al. Influence of seed priming on early stages growth of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] grown under salt stress conditions. *Legume Research: An International Journal*, v.43, n.5, p.665-671, 2020.
- NAWAZ, Aamir et al. Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato. ***African Journal of Agricultural Research***, v. 6, n. 15, p. 3551-3559, 2011.
- NILE, Shivraj Hariram et al. Nano-priming as emerging seed priming technology for sustainable agriculture—recent developments and future perspectives. ***Journal of nanobiotechnology***, v. 20, n. 1, p. 254, 2022.
- NUNES, Sâmia et al. Oportunidades para restauração florestal no Estado do Pará. Belém, PA: Imazon, 2017.
- OROBINSKY, V.L. et al. Seed refinement in the harvesting and post-harvesting process. In: International scientific and practical conference Agro-SMART-Smart solutions for agriculture. Atlantis Press, 2018.
- PAIVA, J. N.; NORONHA, B. G.; PEREIRA, MDD. Biometria de frutos e sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. por meio de processamento digital de imagens. In: **II CONIDIS (II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido)**. 2018.
- PAPARELLA S., Arau J.S.S., Rossi G., Wijayasinghe M., Aarbonera D., Balestrazzi A. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant cell rep* 34:1281–1293.
- PAREYN, F. G. C. et al. *Anadenanthera colubrina*: Angico. 2018.
- PEDROTTI, Alceu et al. **Causas e consequências do processo de salinização dos solos**. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- PEREIRA, Márcio Dias et al. Desempenho de sementes osmocondicionadas de cenoura sob estresse hídrico e térmico. *Scientia Agricola*, v. 66, n. 2, p. 174-179, 2009.
- RABBANI, AR.C. *Anadenanthera colubrina* (Vel!) Brenan. In: SIQUEIRA FILHO, J.A., MEIADO, M.V., RABBANI, AR.C., SI QUEIRA, AA, VIEIRA, O.CM., (Orgs.). *Guia de Campo de Árvores das Caatingas*.

RANAL, Marli A.; SANTANA, Denise Garcia de. Como e por que medir o processo de germinação?. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, p. 1-11, 2006.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Orgs.) Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010, p.12-19.

RUDNEV, S.G. Principles of organization of post-harvest grain processing. In: International Scientific and Practical Conference World science. ROST, p.16-19, 2017.

SALVATI, L.; FERRARA, C. The local-scale impact of soil salinization on the socio-economic context: An exploratory analysis in Italy. *Catena*, v. 127, p. 312-322, 2015.

SARAIVA, A. M. et al. Antimicrobial activity and bioautographic study of antistaphylococcal components from *Caesalpinia pyramidalis* Tull. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 48, n. 1, p. 147-154, 2012.

SANTOS, Márcia Adriana Carvalho dos et al. Synchronizing the in vitro germination of *Psidium guineense* Sw. seeds by means of osmotic priming. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 649-660, 2016.

SERRANO, Luiz Augusto Lopes et al. Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1237-1245, 2013.

SHAZIA, Sana et al. COMPARATIVE EFFECT OF HYDRO AND HALOPRIMING ON SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF IPIL IPIL (*Leucaena leucocephala*). **Pakistan Journal of Biotechnology**, v. 21, n. 1.

SINGH, Pritee; GOPAL, Jai. Effect of water and salinity stress on germination and seedling characters in onion. **Indian Journal of Horticulture**, v. 76, n. 2, p. 368-372, 2019.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. DE S. A.; GHEYI, H.R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 1092 –1101, 2020.

SILVA GA, Pacheco MV, Luz MN, Nonato ERL, Delfino RCH, Pereira CT (2020). Fatores ambientais na germinação de sementes e mecanismos de defesa para garantir sua perpetuação. *Research, Society and Development*, 9(11), e93491110524. Doi: 10.33448/rsd-v9i11.10524

SILVA, Jessica Ferreira da. Índices de referência para monitoramento da restauração de florestas estacionais semidecíduas. 2023.

SILVEIRA, Joaquim AG et al. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**, v. 1, p. 161-18, 2010.

SHER, A. et al. Methods of Seed Priming. In: Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings. Springer Singapore, 2019.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TAYLOR, A. G. et al. Seed enhancements. Seed science research, v. 8, n. 2, p. 245-256, 1998.

VIEIRA, Elvis Lima; CARVALHO, Z. S. Fisiologia de sementes: Parte I-formação e germinação de sementes. **Boletim Científico Agrônômico do CCAAB/UFRB**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2023.

**Whitmore, T. C.** 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. Ecology 70: 536-538.

WILLADINO, Lilia; CAMARA, Terezinha Rangel. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, 2010.

WINDAUER L, Altuna A, Benech-Arnold R, 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Indus Crop Prod. 25: 70-74.