

MATHEUS BRAGA CORDEIRO CAETANO

**GERMINAÇÃO DE *Astronium urundeuva* (M.Allemao) ENGL. UTILIZANDO  
SEMENTES DE DIFERENTES PROCENDÊNCIAS E TÉCNICAS GERMINATIVAS**

**RECIFE**

**Pernambuco - Brasil**

**Março – 2025**

**MATHEUS BRAGA CORDEIRO CAETANO**

**ASPECTOS GERMINATIVOS DE *Astronium urundeuva* (M.Allemão) ENGL. SOB ESTRESSE HÍDRICO, UTILIZANDO DIFERENTE TÉCNICAS E PROCEDÊNCIAS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais. Área de Concentração: Ciências Florestais. Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação da Natureza.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria da Penha Moreira Gonçalves

**Coorientador:** Prof. Dr. Marcone Moreira Santos

**RECIFE**  
**Pernambuco – Brasil**  
**Março – 2025**

**MATHEUS BRAGA CORDEIRO CAETANO**

**GERMINAÇÃO, ESTRESSE HÍDRICO E HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA EM  
SEMENTES DE *Astronium urundeuva* (M.Allemão) ENGL. ANÁLISE A  
PARTIR DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS**

Aprovado em: 24/03/2025

**Banca examinadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Ana Carolina Borges Lins e Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Lúcia de Fátima Carvalho Chaves

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE)

**Orientadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria da Penha Moreira Gonçalves

Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/PPGCF)

**RECIFE**

**Pernambuco - Brasil**

**Março – 2025**

## **Agradecimentos**

Primeiramente a minha família, minha mãe, Adriana de Cássia, minha avó, Maria do Socorro e meu tio, Alex Cordeiro, por sempre estarem ao meu lado durante minha trajetória e tudo que fizeram para que chegasse até aqui, sem eles nada seria possível.

À minha namorada, Bruna Nunes, por sempre me incentivar e apoiar nas minhas conquistas.

À Rodrigo pelas boas conversas, conselhos e desabafos no espaço vivência ao longo deste período de trabalho.

À minha orientação, professora Maria da Penha e Marcone Moreira por terem contribuído para o desenvolvimento deste trabalho bem como para minha formação e evolução como *profissional*,

À UFRPE e todos seus colaboradores que fazem ser possível o desenvolvimento do conhecimento e um ambiente de formação humana e *profissional*,

Agradeço ao núcleo de monitoramento ambiental (NEMA) da UNIVASF por ter cedido o material utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa, ao programa de pós-graduação em ciências florestais e seus docentes, e por fim, à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa que garantiu a permanência na pós-graduação e o desenvolvimento da pesquisa.

## RESUMO

*Astronium urundeuva* é uma espécie de larga distribuição geográfica. No Brasil abrange vasta área do território com uma faixa ampla de tolerância para diferentes regimes climáticos, sendo uma boa opção para estudos relacionados à tolerância e resistência à eventos climáticos futuros. O trabalho teve objetivo de avaliar os aspectos germinativos de sementes de *A. urundeuva* sob estresse hídrico utilizando técnicas germinativas como alternância de temperatura e hidratação descontínua (HD) em três procedências de sementes. Foram utilizados quatro tratamentos de potencial hídrico (0; -0,1; -0,2; -0,4 e -0,6MPa), utilizando as temperaturas 25° C; 30° C constantes e 25°/30° C alternados a cada 24h e as sementes foram submetidas a dois tratamentos de hidrocondicionamento, sendo um e dois ciclos de hidratação descontínua. Foi observado que à medida que o potencial osmótico diminuiu as variáveis germinativas como porcentagem de germinação, IVG, TMG, CUG diminuíram. Verificou-se que a temperatura de 25° C foi a que apresentou melhores resultados em relação aos outros dois tratamentos térmicos em todos os potenciais analisados. A temperatura de 30° C promoveu decréscimo de 50% nos parâmetros germinativos para as três procedências e potenciais analisados. A alternância não se mostrou eficiente para aprimorar os parâmetros germinativos em condições de estresse em relação às três procedências, não diferindo estatisticamente dos resultados obtidos para 25° C constante. Os potenciais 0 e -0,1MPa Não diferiram estatisticamente, o potencial de -0,6MPa foi o limite, apresentando nulidade de germinação na maior parte dos testes. A procedência 1 foi superior em relação as procedências 2 e 3 nos potenciais -0,1; -0,2 e -0,4 MPa na temperatura de 25° C constante, os demais não apresentaram diferença estatística significativa. Com relação aos tratamentos com HD, observou-se que tanto um, quanto dois ciclos de HD influenciaram positivamente nos parâmetros germinativos apenas na procedência 3, nos potenciais 0 e -0,2MPa. Para as procedências 1 e 2 os tratamentos de HD não diferiram estatisticamente do tratamento controle ou foram inferiores em potenciais osmóticos a partir de -0,2 MPa. Os resultados indicaram um possível fator epigenético na resposta aos tratamentos sendo necessário estudos com outras procedências.

**Palavras-chave:** Estresse abiótico; Aroeira-do-Sertão; epigenética; Memória de sementes; hidrocondicionamento

## ABSTRACT

*Astronium urundeuva* is a species with a wide geographical distribution. In Brazil, it covers a vast area of the territory, exhibiting a broad range of tolerance to different climatic regimes, making it a good option for studies related to tolerance and resistance to future climate events. The study aimed to evaluate the germination aspects of three provenances of *A. urundeuva* under conditions of water stress, different temperatures, and the use of pre-germination treatments. Four osmotic potentials were tested (0; -0.1; -0.2; -0.4; and -0.6 MPa), using temperatures of 25° C, 30° C (constant), and 25°/30° C (alternating every 24 hours). It was observed that as the osmotic potential decreased, germination variables such as germination percentage, germination speed index (IVG), mean germination time (TMG), and coefficient of uniformity of germination (CUG) also decreased. The 0 and -0.1 MPa treatments performed the best across the three lots, with germination ceasing entirely at -0.6 MPa. The temperature of 25° C yielded the best results and showed no significant statistical difference compared to the alternating temperature treatment. At 30° C, there was a decrease in germination and in all variables analyzed across all lots. The hydroconditioning technique was applied using two treatments for the three lots: one and two cycles of discontinuous hydration (HD), followed by exposure to 25° C and different osmotic potentials for germination. It was found that there was no positive effect of the treatments for lots 1 and 2. For lot 3, both treatments improved germination at 0.0 MPa compared to seeds that did not undergo HD, but no significant statistical differences were observed at the other potentials. The results indicated a possible epigenetic factor in the response to treatments, requiring studies with other sources.

**Keywords:** Abiotic stress; Aroeira-do-Sertão; epigenetic; seed memory; Hydropriming

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
<b>3. A ESPÉCIE (<i>Astronium Urundeuva</i>) .....</b>	<b>14</b>
1.1 Propagação.....	17
1.2 Usos potenciais e econômicos .....	19
3.1 Fisiologia da germinação.....	20
3.2 Água e germinação.....	23
3.3 Temperatura e germinação.....	25
3.4 Alternância de temperatura e hidratação descontínua aplicadas à germinação....	26
3.5 Germinação em função da epigenética .....	33
<b>4. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>
<b>5. CAPÍTULO 1 – GERMINAÇÃO DE <i>ASTRONIUM URUNDEUVA</i> (M.ALLEMAO) ENGL. SOB INTERAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO E OSMÓTICO. ....</b>	<b>48</b>
<b>6. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>7. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>51</b>
7.1 Análises físicas .....	52
7.2 Testes de germinação .....	53
7.3 Análise estatística .....	56
<b>8. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
8.1 Biometria e caracterização das procedências .....	56
8.2 Testes de germinação .....	58
<b>9. CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>10. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>11. CAPÍTULO 2 – HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA EM SEMENTES DE <i>ASTRONIUM URUNDEUVA</i> (M.ALLEMAO) ENGL.: EFEITO NA GERMINAÇÃO SOB ESTRESSE HÍDRICO. ....</b>	<b>73</b>
<b>12. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>13. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>76</b>
13.1 Análise estatística .....	78
<b>14. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>78</b>
14.2 Curva de embebição.....	78
14.3 Parâmetros germinativos .....	79
<b>15. CONCLUSÃO.....</b>	<b>90</b>
<b>16. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>91</b>

## Lista de figuras

Figura 1 Mapa de ocorrência de <i>A. urundeuva</i> no Brasil .....	15
Figura 2 Ilustração das partes de <i>A. urundeuva</i> : A): Árvore; B) Folhas; C): inflorescências; D): Sementes beneficiadas.....	16
Figura 3 Representação das fases do processo germinativo das sementes.....	22
Figura 4 Mecanismo de ação do hidrocondicionamento em sementes...	29
Figura 5. Protrusão da radícula (A), plântula normal (B).....	55
Figura 6. Médias de germinabilidade de três procedências(I1,I2 e I3) de <i>A.</i> <i>urundeuva</i> para A – 25° C; B – 30° C; C – 25-30° C, sob diferentes potenciais osmóticos. ....	59
Figura 7. Curva de embebição de sementes de três procedências de <i>A.</i> <i>urundeuva</i> a 25° C .....	79
Figura 8. Germinabilidade (%) de sementes de <i>A. urundeuva</i> submetidas a ciclos de hidratação e desidratação (HD) a 25° C .....	80
Figura 9. índice de velocidade de germinação de três procedências de <i>A.</i> <i>urundeuva</i> submetidos a ciclos de hidratação descontínua (HD) a 25° C .....	82

## Lista de tabelas

Tabela 1. Dados biométricos de 03 (três) procedências de sementes de <i>A. urundeuva</i> analisados por meio da análise digital de imagens. ....	57
Tabela 2. Médias de variáveis de germinação de sementes de três procedências de <i>A. urundeuva</i> , submetidas a diferentes potenciais osmóticos e três tratamentos térmicos durante 10 dias de avaliação. ....	60
Tabela 3 Médias de parâmetros germinativos de <i>A. urundeuva</i> (procedência 1) a 25° C. ....	83
Tabela 4 Médias de parâmetros germinativos de <i>A. urundeuva</i> (procedência 2) a 25° C. ....	83
Tabela 5. Médias de parâmetros germinativos de <i>A. urundeuva</i> (procedência 3) a 25° C. ....	84
Tabela 6 Comparação entre médias de tratamentos de HD para parâmetros germinativos de <i>A. urundeuva</i> (procedência 1) a 25° C. ....	85
Tabela 7 Comparação entre médias de tratamentos de HD para parâmetros germinativos de <i>A. urundeuva</i> (procedência 2) a 25° C. ....	85
Tabela 8 Comparação entre médias de tratamentos de HD para parâmetros germinativos de <i>A. urundeuva</i> (procedência 3) a 25° C. ....	86
Tabela 9 Comparação de médias porcentagem de germinação de sementes de três procedências de <i>A. urundeuva</i> a 25° C. ....	87
Tabela 10 Comparação de médias de coeficiente de uniformidade de germinação de sementes de três procedências de <i>A. urundeuva</i> a 25° C. ....	87
Tabela 11 Comparação de médias de índice de velocidade de germinação de sementes de três procedências de <i>A. urundeuva</i> a 25° C. ....	88

## Lista de siglas

AQP – Aquaporinas

AsA – Ácido ascórbico

CAT – Catalase

CUG – Coeficiente de uniformidade de germinação

DHN – Desidrinas

ERO – Espécie reativa ao oxigênio

GEE – Gases de efeito estufa

GR – Glutathione redutase

HD – Hidratação descontínua

IPCC – international panel of climate change

IVG – índice de velocidade de germinação

LEA - Proteínas abundantes de embriogênese tardia

PEG – Polietilenoglicol

POD – Peroxidase

RAS – Regras para análise de sementes

SOD – Superóxido dismutase

TMG – Tempo médio de germinação

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

*Astronium urundeuva* que tem como basônimo *Myracrodruon urundeuva* (Mitchell e Dally, 2017; Silva-Luz et al., 2020). É uma espécie arbórea da família Anacardiaceae, também conhecida popularmente por Aroeira-do-sertão, aroeira-do-cerrado, urundeuva. *A. urundeuva* possui ampla distribuição geográfica no Brasil, ocorrendo nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal (Silva-Luz et al., 2020). Estando presente ainda em outros países da América do Sul, a exemplo da Argentina, Bolívia e Paraguai. (Mitchell e Dally, 2017).

A ampla distribuição geográfica de *A. urundeuva* indica que a espécie possui uma alta variabilidade genética, o que lhe confere uma plasticidade maior em sua tolerância e adaptação a diferentes regiões e condições morfoclimáticas (Capo et al., 2022). Contudo, impactos ambientais como a fragmentação florestal, desmatamento, exploração têm afetado populações de *A. urundeuva*, reduzindo o seu tamanho efetivo, o que tem causado diminuição da variabilidade genética e alteração no seu sistema reprodutivo (Sebbenn, 2011).

Outro importante fator que deve ser inserido nesse contexto é a questão climática, projeções em diferentes cenários de aumento de concentração de GEE apontam para a região nordeste do Brasil como uma das principais que serão afetadas pelas mudanças climáticas, com aumento das médias de temperaturas, menor volume e irregularidade da precipitação (IPCC, 2022).

Dado que fatores abióticos exercem grande influência sobre o desenvolvimento de espécies vegetais, esses cenários podem comprometer a germinação das sementes, o desenvolvimento inicial das mudas e o estabelecimento de diversas espécies, mesmo aquelas espécies bem adaptadas a climas quentes e secos, como a Caatinga, exigindo em ambientes tão áridos que as espécies se tornem cada vez mais tolerantes (Bispo et al., 2021)

Populações com menor variabilidade genética, podem ser mais afetadas pelas mudanças climáticas visto que podem sofrer fenômenos como a deriva genética onde há oscilação aleatória de frequências alélicas de uma população, podendo conduzir à fixação de determinados alelos ao custo da extinção de outros e com endogamia, cruzamento de indivíduos aparentados (Silva et al., 2021).

Água e temperatura são os fatores abióticos de maior influência no processo germinativo (Bewley et al., 2013). A disponibilidade de água atua fundamentalmente

para iniciar o processo, aliada à temperatura que irá regular a velocidade de absorção desta pelas sementes (Bewley *et al.*, 2013).

No ambiente natural a baixa disponibilidade hídrica ou situações de temperaturas estressantes, podem promover estresses que irão influenciar diretamente no estabelecimento das espécies, podendo retardar a germinação até que condições favoráveis sejam encontradas, assim a distribuição no espaço e no tempo da formação de bancos de plântulas pode ser afetada (Barros *et al.*, 2014)

Frente às projeções de mudanças climáticas apontadas pelo painel intergovernamental sobre mudanças do climáticas(IPCC), a partir de diferentes cenários de aumento de concentração de gases de efeito estufa (GEE) (IPCC,2023), estudos estão sendo desenvolvidos a fim de compreender de qual forma a mudança do clima em diferentes regiões irão afetar a biodiversidade e sua dinâmica.

A região nordeste do Brasil é caracterizada pela ocorrência do domínio morfoclimático da Caatinga em sua maior parte, predominância do clima semiárido que pode ser definido pelo conjunto de lugares contíguos, caracterizados pelo balanço hídrico negativo, resultante de precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 milímetros(Gomes e Zanella, 2023).

Embora apresente baixos totais pluviométricos em relação às demais regiões do país, o semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos do planeta, com precipitação média anual da região de 750 mm/ano, com pontos de ocorrência de 400 mm/ano, distribuídos num período de três a cinco meses. A evapotranspiração potencial média pode chegar a 2.500 mm ano, gerando elevados déficits hídricos, sendo decorrente do fato que o semiárido nordestino apresenta elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas e baixas amplitudes térmicas anuais, com totais pluviométricos baixos e altamente variáveis no tempo e no espaço (Gomes e Zanella, 2023).

A região semiárida brasileira é apontada como uma das mais vulneráveis aos fenômenos climáticos extremos em relação à temperatura e precipitação o que pode afetar a fenologia das espécies, sua germinação, desenvolvimento inicial das mudas e o estabelecimento das plantas no ambiente (Maraghni *et al.*, 2010).

Assim, promovendo barreiras para a regeneração natural, principalmente em áreas degradadas e dificultando conseqüentemente o trabalho de restauração florestal (Oliveira *et al.*, 2013).

Nesse sentido, diante da importância de *A. urundeuva*, é fundamental o desenvolvimento de estudos que abordem a germinação em função de estresse hídrico e térmico bem como avaliar a efetividade da aplicação de técnicas pré-germinativas no aprimoramento dos parâmetros germinativos, além de avaliar a germinação de diferentes populações de uma mesma espécie em condições de estresse a fim de promover a resiliência e contribuir para o conhecimento acerca dos aspectos germinativos de populações de *A. urundeuva*.

Assim, o trabalho teve o objetivo de avaliar os aspectos germinativos de *Astronium urundeuva* sob estresse hídrico utilizando distintas técnicas germinativas como alternância de temperatura e hidratação descontínua em três procedências de sementes e identificar a influência e relação entre o efeito das técnicas aplicadas, tolerância ao estresse e as procedências.

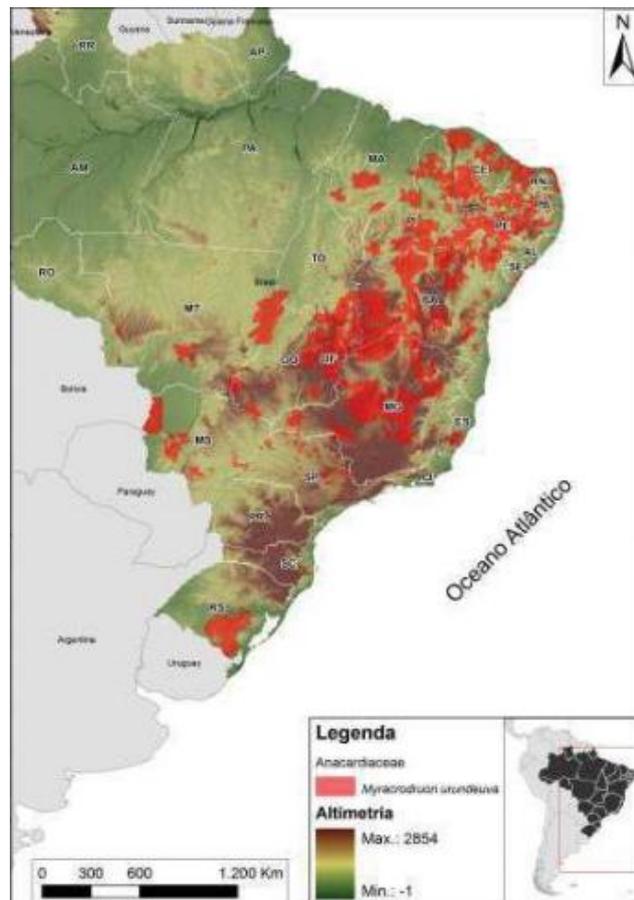
## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3. A ESPÉCIE (*Astronium Urundeuva*)**

*Astronium urundeuva* que tem como *basiônimo* *Myracrodruon urundeuva* (Mitchell e Dally, 2017; Silva-Luz et al., 2020). É uma espécie arbórea da família Anacardiaceae, popularmente conhecida como Aroeira-do-sertão, aroeira-do-cerrado, urundeuva. Possui ampla distribuição geográfica no Brasil, ocorrendo nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal (Silva-Luz et al., 2020). Estando presente ainda em outros países da América do Sul, a exemplo da Argentina, Bolívia e Paraguai (Mitchell e Dally, 2017).

Desse modo, *A. urundeuva* é distribuída no Brasil, sendo encontrada do nordeste ao sul do país, ocorrendo em regiões com características climáticas distintas como o semiárido(Caatinga), tropical(Mata atlântica, Cerrado, Pantanal) e temperado(Pampa) (Novais e Machado, 2023), bem como em diferentes tipos de solos presentes nessas áreas.

Figura 1 Mapa de ocorrência de *A. urundeuva* no Brasil

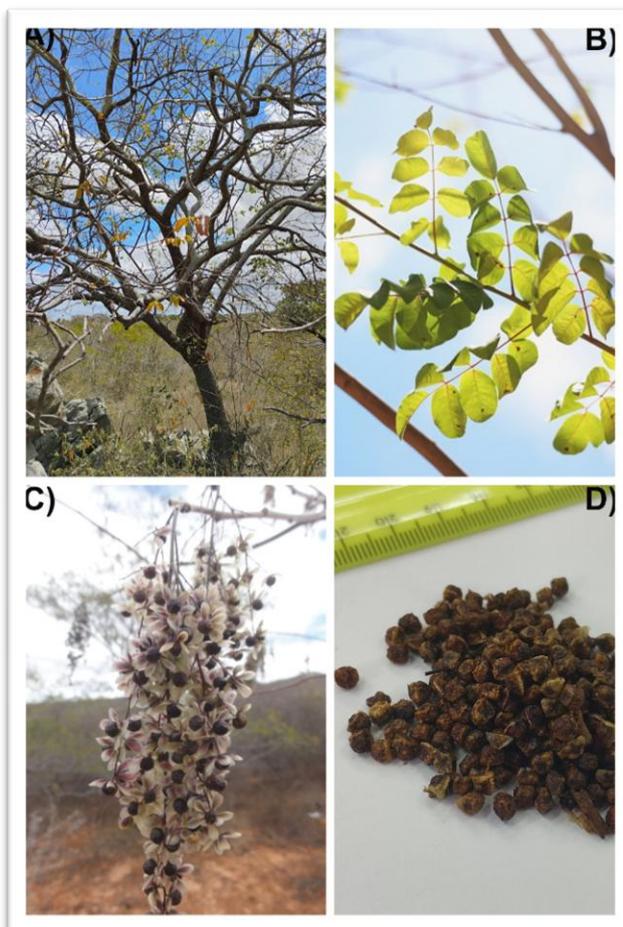


Fonte: CNCflora (2012)

É uma espécie arbórea com altura entre 8 e 20 metros, heliófila, podendo seu caule atingir cerca de 1 metro de diâmetro com uma madeira densa e durável. Possui copa ampla, com folhas compostas, alternas, imparipenadas, com 5 a 7 folíolos ovados obtusos, dióica com flores masculinas e femininas pequenas e dispostas em panículas pendentes. Os frutos são do tipo drupa, globosos-ovais, com 0,2 – 0,4 cm de diâmetro, desprovida de endosperma, com epicarpo castanho-escuro, mesocarpo castanho, carnoso, resinífero e tegumento membranáceo (Pareyn *et al.*, 2018; Lorenzi, 2008).

É uma árvore caducifólia, de fuste reto e alto, com crescimento considerado de lento a moderado. A madeira é considerada de alta densidade, variando entre 1,00 g e 1,21 g·cm<sup>-3</sup> a 15% de umidade, de difícil trabalhabilidade, alta resistência mecânica e ao apodrecimento ou ataque de cupins de madeira seca (Silva *et al.*, 2017).

Figura 2 Ilustração das partes de *A. urundeuva*: A): Árvore; B) Folhas; C): inflorescências; D): Sementes beneficiadas.



Fonte: A) Morais, L.L (2024); B) fonte: Lima, L. F. (2019); C) fonte: Martins, S. M. (2022); D) fonte: O autor (2024).

As fenofases reprodutiva e vegetativa são definidas em função da precipitação e temperatura, ocorrendo queda foliar, floração e frutificação na estação seca, representando importante fonte de recurso alimentar para fauna no período de escassez (Nunes *et al.*, 2008; Kill *et al.*, 2010; Lima e Rodal, 2010). Apresenta polinização cruzada, realizada principalmente por abelhas e dispersão anemocórica (Lorenzi, 2020). Sua propagação é realizada por sementes que apresentam germinação rápida sem presença de dormência (Araujo *et al.*, 2013).

*A. urundeuva* é uma espécie de boa adaptação que reflete em um grande potencial para uso em projetos de recuperação de áreas degradadas, recomposição florestal e sistemas agroflorestais, a espécie possui boa capacidade de atração de

aves generalistas e especialistas, tornando-se uma grande prestadora de serviços ecológicos para promover a recuperação de uma área (Volpato e Martins, 2013).

Atualmente, a espécie é classificada como pouco preocupante (LC) - sigla em inglês, pela união internacional para conservação da natureza (IUCN, sigla em inglês) (Rivers, 2024). Atualmente, a espécie não se encontra na lista portaria n.º 148 de 2022 do Ministério do Meio Ambiente que trata sobre a classificação de espécies ameaçadas no Brasil (BRASIL, 2022).

Alguns estados brasileiros desenvolvem iniciativas próprias de avaliação de espécies, resultando na elaboração de listas estaduais de flora e/ou fauna ameaçadas de extinção, estratégia importante para identificar potenciais ameaças de extinção a nível local. Na área de distribuição da aroeira no Brasil, somente os estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná possuem listas estaduais, mas nenhuma delas inclui *A. urundeuva* como espécie ameaçada em nível estadual (Domingos e Silva, 2020). Apesar da espécie não estar inserida nessas listas, é fundamental o constante monitoramento e avaliação da ocorrência de populações para que seja possível identificar sinais de distúrbios na distribuição da espécie.

## 1.1 Propagação

As sementes de *A. urundeuva* são classificadas como ortodoxas, por apresentarem resistência à secagem e poderem ser armazenadas em baixas temperaturas (Guedes *et al.*, 2012; Araújo *et al.*, 2013).

A germinação das sementes de *A. urundeuva* é classificada como epígea fanerocotiledonar, com a protrusão da radícula ocorrendo entre um e três dias após a semeadura. A radícula apresenta forma cônica com coloração amarela esbranquiçada, medindo de 0,07 a 0,09 cm de comprimento. A porcentagem de germinação de *A. urundeuva* pode variar conforme a procedência de sementes, apresentando valores geralmente acima de 60% (Nascimento *et al.*, 2022).

O acondicionamento em condições ambientais diminui a viabilidade das sementes (Bandeira *et al.*, 2017). Guedes *et al.*, (2011) e Guedes *et al.*, (2012) indicam que o papel e vermiculita e areia são os que demonstraram melhores resultados para

germinação e que os melhores métodos para armazenamento são em embalagens de papel, sacos de algodão, plástico ou papel alumínio, mantidos em geladeira ou câmara fria. Segundo Bandeira *et al.*, (2017), o acondicionamento das sementes em condições ambiente pode favorecer a perda de viabilidade das sementes ao longo do tempo.

A produção de mudas é efetuada por sementes que devem ser colhidas em frutos maduros, diretamente da árvore, assim que iniciar a queda espontânea. A qualidade fisiológica das sementes se relaciona com questões ambientais, dependendo de características da área de coleta, matriz e tempo desde a coleta. Além da propagação via seminal, pode ser propagada por estaquia ou aproveitamento de brotações após o corte. A propagação por miniestacas é possível após o estabelecimento de um jardim clonal oriundo de matrizes selecionadas. Após atingirem 40-50 cm de altura, as mudas devem ser decepadas a 12 cm do ápice, a fim de quebrar a dormência apical e estimular as brotações laterais (Pareyn *et al.*, 2018; Ramos *et al.*, 2016; Domingos e Silva, 2020; Azevedo *et al.*, 2018).

No caso de *A. urundeuva*, a espécie é adaptada a ambientes secos e com baixa precipitação, sendo tolerante à restrição de água na fase inicial de desenvolvimento, com capacidade de recuperação após tal restrição (Souza *et al.*, 2020). Sua propagação é normalmente realizada por meio de sementes, porém, estas tendem a perder vigor/qualidade fisiológica de forma rápida. Aliado a isso, o déficit hídrico pode dificultar significativamente sua propagação. Assim, a técnica de propagação por miniestacas e a seleção de genéticas tende a ser uma boa opção para contornar essas barreiras (Justino *et al.*, 2019).

Em relação à tolerância a fatores estressantes, Dantas *et al.*, (2014) indicam que *A. urundeuva* é tolerante à salinidade, mantendo sua germinação em condutividade elétrica (CE) de 12 dS.m<sup>-1</sup> e sendo satisfatória para a produção de mudas em CE em níveis inferiores a 6 dS.m<sup>-1</sup>. Com relação ao estresse hídrico e térmico, a combinação de alta temperatura e diminuição do potencial osmótico ocasiona perda de vigor das sementes (Virgens *et al.*, 2012).

Contudo, é possível que diásporos de diferentes populações apresentem níveis de tolerância distintos com relação ao estresse combinado, dependendo de fatores genéticos e ambientais do local de origem. A diminuição de populações frente ao contexto de desmatamento e fragmentação, incita a pesquisa sobre técnicas de

aprimoramento da germinação visando um resgate genético, auxiliando também no melhoramento da produção de mudas utilizando técnicas pré-germinativas que promovam melhora na germinabilidade sob estresse combinado.

Associados às sementes de aroeira podem ser encontradas algumas espécies de fungos, sendo as mais comuns: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus* *Penicillium*, estas que, frequentemente, comprometem sua qualidade sanitária, podendo ser controlados pelo fungicida comercial Captan SC™ sem prejuízos para a germinação (Nascimento *et al.*, 2020; Domingos e Silva, 2020).

A inoculação de sementes de aroeira com a rizobactéria *Azospirillum lipoferum* confere maior resistência aos efeitos do estresse hídrico, melhorando sua produção (Oliveira *et al.*, 2018).

## 1.2 Usos potenciais e econômicos

Sousa *et al.*, 2010 apontam que a espécie pode promover benefícios em sistemas silvipastoris ao passo que o sombreamento fornecido pela árvore *A. urundeuva* aumenta a colheita de massa de forragem e a concentração de proteína bruta de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*.

Pode-se verificar que todas as suas partes podem ser utilizadas para a produção de produtos madeireiros e não madeireiros. As folhas e óleo essencial possuem ação acaricida em *Tetranychus ludeni* Bezerra, *et al.*, (2019). O extrato etanólico das sementes se mostrou eficiente para inibição de postura e larvicida de *Aedes aegypti* (Souza, *et al.*, 2015; Barbosa, *et al.*, 2014; Napoleão *et al.*, 2012).

O uso medicinal abrange o uso de todas as partes da planta. Folhas, casca e entrecasca podem ser utilizadas para combater inflamações, doenças ginecológicas, possuem ação cicatrizante, sendo possível fazer subprodutos como sabonetes, cremes, chás, extratos, entre outros (Magalhães *et al.*, 2019; Macedo, *et al.*, 2018; Pereira, *et al.*, 2014).

A madeira possui grande valor devido às suas características físicas, sendo bastante utilizada para construções residenciais e rurais. Fabricação de painéis de compensado (e alto poder calorífico, podendo ser utilizado comercialmente na forma

de carvão, corroborando o uso que já é bastante praticado pelas populações rurais (Domingos e Silva 2020).

### **3.1 Fisiologia da germinação.**

A germinação é caracterizada pelo reinício do crescimento do embrião, que teve seu crescimento paralisado nas fases finais da maturação (criptobiose: dormência e quiescência) (Vieira e Carvalho, 2023). Os processos bioquímicos e fisiológicos do crescimento do embrião exigem que haja aceleração da atividade metabólica (Bewley *et al.*, 2013).

Este é um processo complexo regulado por diferentes eventos metabólicos que se inicia com a absorção de água pelas sementes, respiração para fornecimento de energia, recuperação de danos estruturais causados pela secagem e atividades celulares restabelecidas, resultando no surgimento da raiz primária (Vieira e Carvalho, 2023).

A estrutura embrionária é constituída do cotilédone (substâncias de reserva que possibilita o desenvolvimento do embrião), a radícula (vai dar origem à raiz principal), a plúmula (zona terminal do embrião constituída de células embrionárias de folhas) e o caulículo formado pelo hipocótilo (zona intermediária entre radícula e cotilédones) e pelo epicótilo (zona entre cotilédones e a plúmula) (Moreira, 2014).

Bewley e Black 1994 descrevem o processo de germinação por meio de uma sequência de atividades metabólicas que se caracterizam por um padrão trifásico, figura 1. O primeiro passo no processo de transformação do embrião em uma planta é a absorção de água por parte da semente, fundamental para desencadear os processos bioquímicos inerentes à fase germinativa.

A primeira fase é caracterizada pela entrada de água na semente através da diferença de potencial hídrico com o meio externo, proporcionalmente ao aumento da absorção de água pelas células dos tecidos da semente por osmose, devido ao potencial mátrico da semente em razão de estar seca e o potencial hídrico entre o substrato (solo ou substrado, por exemplo) e a semente. Nesta fase, são ativados e retomados os processos cessados nas fases finais da maturação (Vieira e Carvalho, 2023; Barbosa *et al.*, 2024).

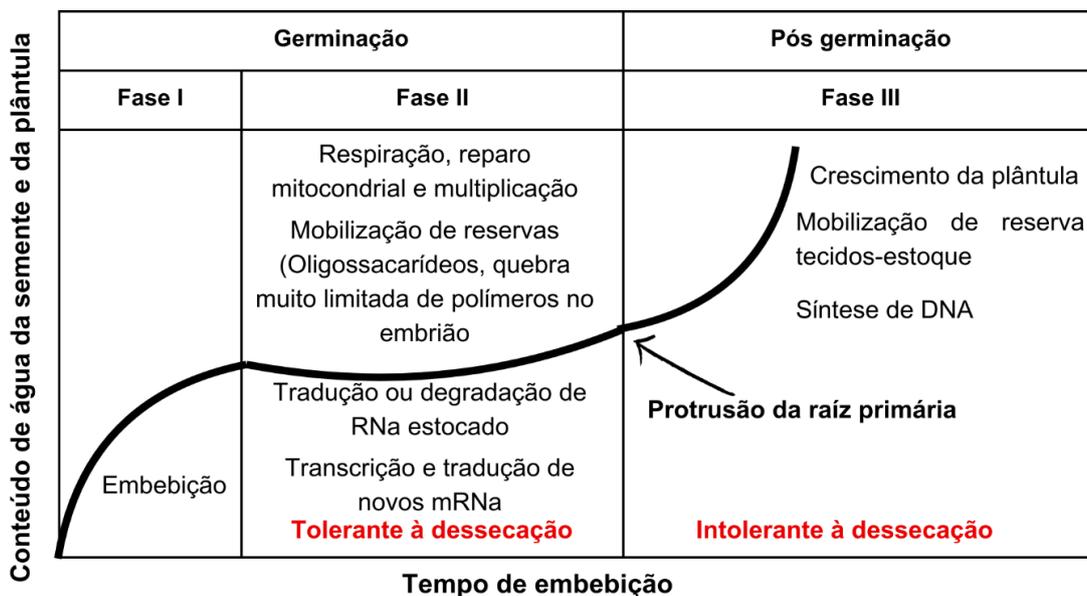
Na segunda fase, as células cessam a capacidade de expandir e ocorre a estabilização da entrada de água. Alterações metabólicas significativas são promovidas nas semente para que se inicie a próxima fase de desenvolvimento. Há uma redução significativa na absorção de água (embebição), enquanto o consumo de compostos de reserva se intensifica. Ao passo que também ocorre a síntese de novo RNA mensagem (RNAm) (Vieira e Carvalho, 2023).

Uma característica marcante é a translocação de substâncias mais solúveis, difusíveis e simples em direção aos pontos de crescimento do embrião (eixo embrionário), iniciando o processo de assimilação (Barbosa *et al.*, 2024). Essa fase é caracterizada por uma atividade fisiológica e metabólica intensa que ainda pode haver reversão.

Além das transformações físicas, ocorrem também alterações bioquímicas e enzimáticas tais como a mobilização intensa das reservas provenientes dos endospermas, tanto carboidratos como lipídeos e proteínas contidas em organelas específicas, como, por exemplo, no caso dos amidos os quais ficam armazenados dos amiloplastos degradados pela atuação das enzimas  $\alpha$ -amilase e  $\beta$ -amilase, resultando no desenvolvimento do embrião (Barbosa *et al.*, 2024).

Na terceira fase, é a etapa em que ocorrem modificações morfológicas visíveis nas sementes, como o alongamento da radícula (protusão da raiz primária). Do ponto de vista fisiológico, há um aumento constante na absorção de água e na atividade respiratória, resultante da flexibilização das paredes celulares, bem como a sua expansão, além do acúmulo de solutos, promovendo absorção de água por osmose. Dessa maneira, tem-se por consequência a maior disponibilização de oxigênio e a ruptura da testa pela radícula, marcando o crescimento visível da plântula, a partir do desenvolvimento pós-seminal do embrião (Vieira e Carvalho, 2023; Barbosa *et al.*, 2024).

Figura 3 Representação das fases do processo germinativo das sementes.



Adaptado de Vieira e Carvalho (2023). Fonte: Taiz *et al.*, (2017); Castro *et al.*, (2004).

Castro *et al.*, (2004) apontam haver uma diferenciação entre critérios de avaliação da germinação. No conceito chamado agronômico, considera-se germinação a emergência de parte da planta no solo ou a formação de uma plântula vigorosa sobre algum tipo de substrato. Esse critério é bastante apropriado para estudos conduzidos em condições de campo.

O critério botânico considera germinadas as sementes em que uma das partes do embrião emergiu de dentro dos envoltórios, acompanhada de algum sinal de metabolismo ativo, como curvatura da radícula. O critério botânico é mais apropriado para investigar aspectos metabólicos associados especificamente à germinação, sem envolver eventos relacionados ao crescimento inicial da plântula (Castro *et al.*, 2004).

O conhecimento acerca do processo de germinação e os fatores que o influenciam são fundamentais para o acúmulo de informações a respeito dos meios de propagação de uma espécie. Cada espécie apresenta resposta diferenciada, que pode estar ligada a agentes patogênicos, ao volume de água, à luz, à temperatura, ao oxigênio e aos diferentes tipos de dormência, fatores (Reis, 2017). Tendo em vista a influência dos fatores ambientais no processo de germinação, podem-se aplicar tratamentos envolvendo fatores como temperatura e disponibilidade hídrica para que seja possível otimizar a porcentagem, velocidade e uniformidade da germinação,

resultando em uma quantidade maior de mudas de qualidade com custo menor de produção (Santos *et al.*, 2020b).

Deve-se buscar entender os resultados da interação de fatores promotores de estresse como temperatura e disponibilidade de água e os mecanismos mais eficientes para superá-los favorecendo o desempenho germinativo através de experimentos que possam indicar tratamentos e/ou condições beneficiem a germinação em função do estresse, além de identificar populações vulneráveis ao cenário climático futuro.

Tendo em vista os cenários de mudança do clima global apontados pelo IPCC, onde ao passo que há maior emissão de GEE, maior a probabilidade do aumento da temperatura média global, influenciando na intensificação da ocorrência de fenômenos climáticos extremos como regiões com maiores períodos de seca e outras com altos volumes de precipitação bem como a mudança de patamar nas temperaturas mínimas e máximas (IPCC, 2022).

### **3.2 Água e germinação**

A disponibilidade de água exerce grande influência sobre o processo de germinação, sendo fundamental para iniciar o processo. A temperatura está ligada à regulação da velocidade de absorção da água pela semente (Bewley *et al.*, 2013).

Tanto a escassez quanto o excesso de água no meio podem causar prejudicar as sementes, onde a desidratação das sementes e o excesso de umidade podem impedir ou provocar um decréscimo nos parâmetros germinativos. A ação de atividades respiratórias da semente, ao nível capaz de sustentar o crescimento do embrião, com o fornecimento suficiente de energia e de substâncias orgânicas, depende do grau de hidratação de seus tecidos (Barros Neto *et al.*, 2014).

A água contribui para amolecer o tegumento, favorecer as trocas gasosas, intensificar a velocidade respiratória, induzir a síntese e atividade de enzimas e hormônios além de ativar e manter a regularidade da digestão, translocação e assimilação das reservas e crescimento subsequente (Marcos Filho, 2005).

No ambiente natural, a baixa disponibilidade hídrica promove estresse, o qual desempenha estímulos diretos no estabelecimento das espécies, influenciando em

um retardamento natural no tempo de germinação das sementes e conseqüentemente, no desenvolvimento das plantas. Dessa forma, a germinação é distribuída no tempo e no espaço, aumentando a probabilidade de as plântulas encontrarem condições ambientais adequadas ao estabelecimento e desenvolvimento (Bewley *et al.*, 2013).

A redução da germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico, possivelmente, está relacionado à redução da atividade enzimática, com conseqüente redução do desenvolvimento do eixo embrionário, sendo que, para cada espécie, existe um valor de potencial hídrico crítico, abaixo do qual a germinação não ocorre. Em plantas, o estresse hídrico provoca alterações como a diminuição do potencial hídrico foliar, o fechamento estomático, a redução de fotossíntese e da sua parte aérea, abscisão das folhas, dentre outras (Matos *et al.*, 2020).

A restrição hídrica, combinada com uma temperatura estressante no ambiente, torna-se um fator limitante para o desenvolvimento de plântulas, podendo infligir prejuízos à propagação de populações de algumas espécies que não estejam adaptadas à intensidade e continuidade do estresse.

Para verificar os efeitos de estresse hídrico na germinação, a principal técnica utilizada para simular a restrição hídrica no solo tem sido a utilização de soluções com diferentes potenciais osmóticos, como o polietilenoglicol (PEG 6000). O aumento dos potenciais osmóticos pode atrasar ou diminuir as porcentagens de germinação (Nascimento *et al.*, 2021).

Para *A. urundeuva*, Virgens *et al.*, (2012), observaram que a restrição hídrica induzida por -0,2MPa foi o potencial osmótico ótimo para germinação, enquanto o potencial de -0,7MPa apresentou 50% de germinabilidade e a partir de -0,9MPa a germinação foi nula.

Oliveira *et al.*, (2018) verificaram que o tratamento controle (0 MPa) e os potenciais osmóticos de -0,2 e -0,4 MPa proporcionaram a máxima germinação para as procedências de sementes de *A. urundeuva* analisados, sendo o potencial -0,7 Mpa o limitante.

### 3.3 Temperatura e germinação

A temperatura está entre os fatores abióticos mais importantes para as sementes, exercendo grande influência tanto no armazenamento quanto no processo de germinação tendo em vista que está diretamente relacionada à taxa de absorção de água. Altas temperaturas promovem o aumento das taxas de respiração na maioria das sementes, diminuindo conseqüentemente o tempo de dormência e a quiescência, bem como a produção e acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ERO) as quais são moléculas geradas a partir do estresse oxidativo, seu excesso pode danificar estruturas celulares das sementes (Santos *et al.*, 2017; Ferreira e Borguetti, 2004).

Durante a germinação, temperaturas elevadas promovem efeitos em variáveis como a germinabilidade (percentual de germinação), velocidade de germinação e uniformidade. A temperatura age, principalmente, na velocidade de absorção de água, bem como sobre as reações bioquímicas permeiam o processo germinativo, incluindo a permeabilidade da membrana e a atividade de enzimas citosólicas. Assim, a germinação só ocorrerá dentro de determinados limites de temperatura: acima ou abaixo dos limites superior e inferior, respectivamente, a germinação não ocorrerá (Brito *et al.*, 2020; Barros Neto *et al.*, 2014; Carvalho; Nakagawa, 2012; Maraghni *et al.*, 2010).

Os limites térmicos podem variar de acordo com a espécie e o local de origem das matrizes. Dentro dos limites térmicos, são classificadas faixas de temperaturas consideradas sub-ótimas, ótimas e supra-ótimas, onde na faixa ótima ou ideal, obtém-se a máxima eficiência da germinação no menor período. A faixa sub-ótima onde a redução de temperatura, afeta as variáveis até o seu limite mínimo onde não é possível ocorrer a germinação. Já a faixa supra-ótima está relacionada ao aumento da temperatura, a qual, na medida que se aproxima do seu limite, perde eficiência dos parâmetros germinativos (Oliveira *et al.*, 2019).

Nascimento *et al.*, (2021) em uma revisão sobre *A. urundeuva* apontam estudos que indicam um ótimo desempenho germinativo na faixa de temperatura entre 25 e 27°C, o que condiz com o habitat natural da espécie, já que sua principal área de ocorrência é a Caatinga. No município de Petrolina, região de duas procedências utilizadas neste trabalho, com base na série histórica (1973-2021), a temperatura média anual tem oscilado entre os 26 e 27°C, contudo nos últimos treze anos a média

chegou aos 28°C (Pimentel e Assis, 2022). Já no município de Sertânia, essa variação é entre os 25 e 26°C (APAC, 2023).

Silva *et al.*, (2002) determinaram que as temperaturas mínimas para germinação de diásporos de *A. urundeuva* variam entre 10 e 15°C e as máximas que variam entre 35 e 40°C. Guedes *et al.*, (2011), apontam a faixa de 25° e 30°C como indicada para a espécie, com germinação iniciando no período de dois dias. Virgens *et al.*, (2012) destacam que a máxima porcentagem de germinação foi obtida na temperatura de 25°C, enquanto na temperatura de 33°C somente 50% das sementes germinaram e na temperatura de 40°C a germinação foi nula. Neste caso, foi trabalhada somente uma procedência de sementes, indicando que a temperatura por si promove a redução significativa a partir dos 30°C.

### **3.4 Alternância de temperatura e hidratação descontínua aplicadas à germinação**

Mudanças climáticas envolvendo o padrão de temperatura e precipitação de uma região podem acarretar uma série de alterações nos padrões de interação bióticos e abióticos nos sistemas agrícola e florestal. Esses estresses são geralmente inter-relacionados e causam alterações morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e moleculares indesejáveis que afetam o crescimento e o desenvolvimento destes campos produtivos, inclusive em relação à qualidade na produção de sementes (Rifna *et al.*, 2019).

Diversas técnicas vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas para aumentar os parâmetros germinativos de sementes, como o vigor, viabilidade, germinabilidade, entre outros. O conjunto de técnicas de condicionamento podem proporcionar a germinação em menor tempo e um melhor estabelecimento de plântulas e induzir uma proteção as sementes, podendo torná-las tolerantes a estresses futuros ligados, a exemplo, maiores períodos de seca e altas temperaturas(Kubala *et al.*, 2015; Lopes *et al.*, 2019).

Soluções baseadas em sistemas imunológicos de plantas, incluindo memória de estresse de plantas, tolerância a estresse cruzado e preparação de sementes surgiram como abordagens eficientes e favoráveis para aumentar a tolerância de

plantas e o rendimento das colheitas sem empregar tecnologias de engenharia genética (Liu *et al.*, 2022).

A promoção de uma germinação e um estabelecimento eficiente de mudas são importantes tanto para a agricultura quanto para a restauração florestal. Parâmetros como rápida germinação, emergência e uniformidade são fundamentais para o êxito de um projeto. No entanto, as sementes após longos períodos de armazenamento geralmente apresentam germinação lenta e não uniforme devido ao vigor comprometido, especialmente quando armazenadas de forma inadequada (Chen e Arora, 2013).

A alternância de temperatura pode ser aplicada como um tratamento para superação de dormência e promotora durante o processo de germinação. Porém, a resposta pode variar entre espécies. Estudos como de Souza *et al.*, (2020) e Abdo e Paula (2006) apontam que a alternância contribuiu para a germinação em espécies de Piperaceae e *Croton floribundus* (Spreng), Euphorbiaceae. Já Silva *et al.*, (2024) não obtiveram diferença significativa com temperaturas alternadas para *Sophora tomentosa* e *Mimosa caesalpinifolia*.

Santos *et al.*, (2017) verificaram que sementes de *Melanoxylon brauna* Schott. embebidas sob 35° C por 72 horas e em seguida transferidas para 25° C apresentaram um maior desempenho em germinabilidade e velocidade de germinação

Estudos sobre o efeito de temperaturas alternadas com alta amplitude térmica na germinação de sementes são fundamentais para compreender a capacidade de estabelecimento de espécies vegetais em ambientes sujeitos à fragmentação e distúrbio, como é o caso de muitos ecossistemas tropicais (Silva *et al.*, 2024).

Outro método utilizado como tratamento pré-germinativo é o condicionamento de sementes ou “priming” de sementes que podem ser através de métodos físicos como luz UV, (Hernandez-Aguilar *et al.*, 2021); microondas (Lazim *et al.*, 2020) e pelo método com hidratação que podem ser por osmocondicionamento (Cardoso *et al.*, 2012), hidrocondicionamento (Alves *et al.*, 2020) entre outros. (Ferreira e Marin, 2022).

Dependendo das espécies de plantas, morfologia e fisiologia das sementes, diferentes tratamentos de priming podem ser aplicados, desencadeando o chamado “metabolismo pré-germinativo” (Forti *et al.*, 2020).

O “priming” que está baseado no conceito de memória de estresse. O conceito de memória de estresse representa uma resposta intrínseca a eventos de estresse repetidos. Estudos indicam que a memória do estresse está envolvida em modificações em diferentes níveis, incluindo níveis morfológicos, fisiológicos, transcricionais, translacionais e epigenéticos (Sun *et al.*, 2018., Liu *et al.*, 2022).

O hidrocondicionamento ou hidratação descontínua (HD) consiste em um processo de hidratação controlada, em relação ao período de exposição, sendo necessário após este processo uma secagem para reduzir a quantidade de água antes do armazenamento e estocagem.

Nos ambientes semiáridos, caracterizados pelo baixo volume de precipitação anual, como o bioma Caatinga, são comuns eventos com chuvas irregulares seguidas por sucessivos dias secos, muitas vezes caracterizados como veranicos, nessas situações as sementes são hidratadas e desidratadas na sequência, não tendo dessa forma uma embebição pela água de forma constante, havendo assim, naturalmente os ciclos de hidratação e desidratação (HD) (Meiado, 2013).

De acordo com Medeiros, (2024) para o Estado de Pernambuco, os estudos recentes sinalizam para as seguintes situações: aumento da frequência de fenômenos extremos (chuvas mais fortes e veranicos prolongados), e redução da precipitação anual (com forte variabilidade) em regiões do Sertão, que é uma sub-região do nordeste brasileiro caracterizada pelo clima semiárido. Havendo a ocorrência de taxas de redução que atingem a casa dos 10 mm/ano. Com isso, espécies que possuam materiais genéticos com sementes mais resistentes a estes estresses, poderão obter maiores chances de sucesso na colonização de áreas nessa nova condição.

A HD se baseia no processo de ativação inicial do processo germinativo, caracterizado pela rápida absorção de água, que por sua vez desencadeia atividades bioquímicas pré-germinativas, como ativação enzimática, regulação do metabolismo de inibidores de germinação, síntese de substâncias promotoras de crescimento, reparação de danos celulares e do DNA. Nesse processo, fig. 2, são recrutados compostos de reserva (lipídios, carboidratos, proteínas), produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) e subsequente ativação de enzimas antioxidantes, sendo as principais Catalase (CAT), peroxidase (POD), superóxido dismutase (SOD) (Forti *et al.*, 2020; Çynar e Unay, 2024; Jatana *et al.*, 2024).

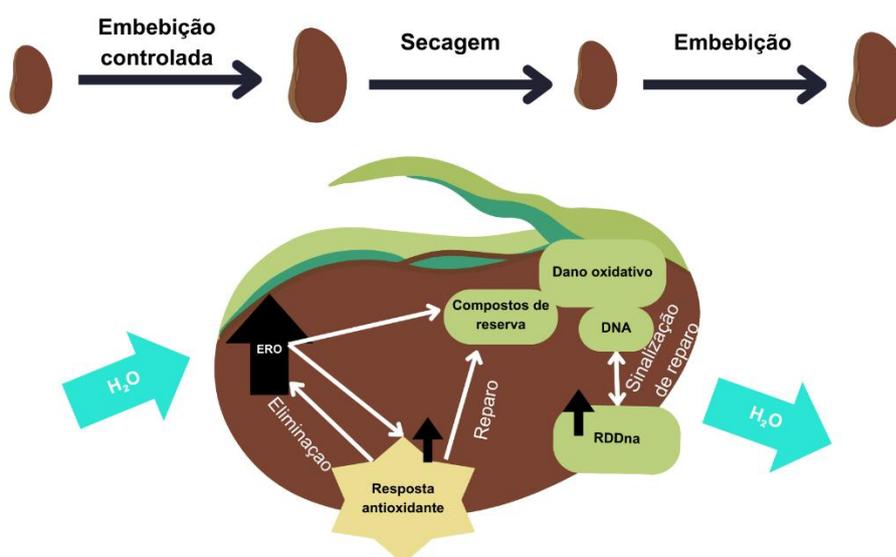
As EROs são um dos principais fatores de deterioração das sementes e redução de vigor, elas são subprodutos naturais do metabolismo celular, formados a partir da redução incompleta ou parcial do oxigênio, atuam como moléculas sinalizadoras em processos de crescimento, desenvolvimento e resposta a estímulos externos, como condições de estresse hídrico ou térmico, proteção contra patógenos, porém, em uma quantidade excessiva pode provocar estresse oxidativo nas células (Krzyzanowski *et al.*, 2022; Amir *et al.*, 2023).

O estresse oxidativo ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de antioxidantes e de EROs, gerando um acúmulo destes (Marcos-Filho, 2015; Krzyzanowski *et al.*, 2022)

A tolerância à restrição hídrica, em nível bioquímico, está ligada à capacidade antioxidante, onde genótipos mais eficientes na eliminação do excesso de EROs geradas sob condições de estresse apresentam maior tolerância em relação aos com baixa capacidade (Khan *et al.*, 2019).

Um aspecto fundamental do metabolismo pré-germinativo é a rede molecular subjacente à detecção, sinalização e reparo de danos ao DNA, conhecida como a resposta a danos no DNA (RDDNA), essencial para a manutenção do genoma (Forti *et al.*, 2020).

Figura 4 Mecanismo de ação do hidrocondicionamento em sementes.



Fonte: Adaptado de Forti *et al.*, 2020).

A HD, a fim de promover tolerância ao estresse em sementes, parte do conceito de memória hídrica das sementes, caracterizada pelo potencial das sementes preservarem mudanças bioquímicas e fisiológicas resultantes da hidratação descontínua (Dubrovsky, 1996; 1998).

Barbosa *et al.*, (2024) em uma revisão sobre memória hídrica, aponta estudos que indicam que os processos de alterações e respostas ao padrão de desenvolvimento são regulados por diversos tipos de substâncias químicas que atuam como hormônios vegetais (os ácidos jasmônicos, os brassinosteróides, o ácido salicílico, o etileno, as poliaminas, o florígeno, o ácido abscísico, o ácido giberélico, o óxido nítrico, as citocininas e as auxinas), além de um fator epigenético estão ligados ao efeito do priming. A epigenética é caracterizada pela interação entre o ambiente e os genes, onde um fenômeno epigenético possibilita o mesmo genótipo expressar fenótipos distintos (Casali *et al.*, 2021). O priming de plantas induz impressão/memória de estresse mediada por proteínas, fatores de transcrição e mudanças epigenéticas. (Bruce *et al.*, 2007).

A técnica promove, durante a fase de embebição, uma absorção de água maior além do início de uma síntese de proteínas e atividades respiratórias; na segunda fase está relacionado ao início de diferentes atividades fisiológicas com maiores índices e intensidade de síntese de proteínas e respiração (Waqas *et al.*, 2019). Com a retomada da hidratação, ao submetem as sementes às condições de germinação há uma retomada dos processos interrompidos no ciclo de HD. Por esse motivo, a germinação das sementes ocorre rapidamente após a reidratação e a germinação é mais uniforme (Marcos-Filho, 2015; Ferreira e Marin, 2022).

A aplicação da técnica pode influenciar na melhora do estado bioquímico da planta por indução e síntese de novo da atividade de hidrólise (por exemplo,  $\alpha$ -amilase) e níveis de açúcar solúvel durante o processo de germinação, enquanto a atividade da redutase de nitrato (NR) e o teor de N em relação a sementes não tratadas. Plantas provenientes de sementes que passaram por priming mostraram melhor sistema de defesa antioxidante devido a atividades e níveis aumentados de glutathione redutase (GR), catalase (CAT), peroxidases (POD), superóxido dismutase (SOD) e ácido ascórbico (AsA) e regulação do estresse por proteínas como aquaporinas (AQP), desidrinas (DHN) e proteínas abundantes de embriogênese tardia (LEA) (Waqas *et al.*, 2019).

A partir do aumento da atividade antioxidante promovida pelo condicionamento das sementes, há uma contribuição para a recuperação da planta do estresse (Aswathi *et al.*, 2022).

Gama (2023), analisando diferentes genótipos de *Phaseolus vulgaris* L., observou que a genótipos com maior tolerância ao estresse hídrico apresentaram maior atividade de enzimas como superóxido dismutase (SOD), A atuação da SOD como atenuadora do déficit hídrico é exemplificada por plantas transgênicas de amendoim (Negi *et al.*, 2015) e seringueira (Leclercq *et al.*, 2012).

Chen e Arora (2013) observaram que a aplicação do priming utilizando osmocondicionamento promoveu mudanças nos perfis de proteínas que marcaram a transição do estado não germinado para o germinado, baseando-se nas fases descritas por Bewley e Black (1994). Sementes, quando submetidas à reidratação, exibiram uma transição mais rápida para o estado germinado, manifestada por um acúmulo precoce e maior de proteínas.

A hidratação descontínua utilizando Peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) promove um estresse oxidativo em sementes, já que o peróxido de hidrogênio é uma espécie reativa de oxigênio (ERO) (Bailly, 2004.). A hidratação das sementes sozinha (hidropreparação) também é considerada estressante devido à lesão de embebição e à produção inevitável de ERO durante esse processo (Chen e Arora 2013).

Ciclos de hidratação podem, também, estender a longevidade das sementes, restaurando a capacidade antioxidante e, portanto, a tolerância ao estresse e a capacidade de autorreparo. A quantidade de ciclos que será suportada pela semente irá depender do dano acumulado antes da reidratação, mas pode ser em torno de três ou quatro ciclos. Em algum momento, os sistemas de reparo fisiológico das sementes atingirão a exaustão, inviabilizando as sementes (Long *et al.*, 2015).

A aplicação de ciclos de hidratação e desidratação tem potencial para aumentar a taxa de sobrevivência de sementes nativas de regiões áridas e semiáridas durante períodos curtos e longos de seca, salvaguardando as características fisiológicas resultantes da hidratação anterior. Esses mecanismos advindos da memória hídrica contribuem para a capacidade das sementes de armazenar alterações fisiológicas e bioquímicas causadas pela hidratação descontínua, além de proporcionar uniformidade, maior velocidade na germinação e formação de plântulas vigorosas (Lima; Meiado, 2017).

Para a técnica ser eficaz, é importante que se faça a curva de embebição da semente, para que se identifique quando ocorre a ativação metabólica adequada e o momento de cessar o fornecimento de água e a realização da secagem (Marcos-Filho, 2015). Através da curva, pode-se identificar o padrão trifásico para que seja possível escolher o período mais adequado para hidratação, pois a tolerância das sementes à desidratação decresce à medida que progride a embebição e se aproxima da fase III.

Para que essa técnica se torne mais eficiente e aplicável no campo, é de extrema importância que ocorra a secagem das sementes condicionadas para facilitar a sementeira e aumentar o período de viabilidade das sementes durante o armazenamento (Xavier *et al.*, 2017). A secagem pode ser realizada de forma natural ou artificial, durante esse processo podem ocorrer perdas dos benefícios adquiridos durante o hidrocondicionamento (Medeiros *et al.*, 2021).

Os resultados da HD podem variar entre espécies ou até mesmo de maneira intraespecífica, estudos como o de Santos *et al.*, (2024) indicam que a aplicação de dois e três ciclos de HD reduziu o tempo médio, aumentou a velocidade média e o índice de velocidade de germinação das sementes, promovendo uma maior sobrevivência das plântulas de *Sesbania virgata*. Em sementes de *Senna spectabilis* quando submetidas a ciclos de HD, há um aumento na tolerância às condições de estresse hídrico (Lima *et al.*, 2018). Para *Pityrocarpa moniliformis* os resultados de Nicolau *et al.*, (2020) e Bispo *et al.*, (2021) indicam que tratamentos com HD podem ampliar a faixa de tolerância térmica para germinação e promover tolerância ao estresse hídrico em condições severas (-0,8 Mpa).

Silva *et al.*, (2018) avaliando três espécies nativas da Caatinga (*Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon e amp. GP Lewis, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul), LP Queiroz) não constataram efeito oriundo da hidratação e desidratação, embora também não tenha causado nenhum dano à germinação.

Santini *et al.*, (2017) demonstraram que os ciclos de HD não influenciaram na porcentagem de germinação em sementes de *Echinocereus engelmannii* (Parry ex Engelm.) Lem. e *Ferocactus hamatacanthus* (Muehlenpf.) Britton e Rose, ambas espécies da família Cactaceae.

A literatura sobre aplicação de HD para espécies agrícolas é bastante ampla, contudo, para espécies florestais os trabalhos são escassos, principalmente em relação à comparação entre procedências quanto à resposta ao tratamento de HD.

### **3.5 Germinação em função da epigenética**

A epigenética é caracterizada pela interação entre o ambiente e os genes. Um fenômeno epigenético possibilita o mesmo genótipo expressar fenótipos distintos (Casali *et al.*, 2021).

A epigenética está ligada a alterações no DNA, RNA e nas histonas, estas últimas são proteínas responsáveis por regular a expressão gênica e a identidade celular (Paro *et al.*, 2021).

Devido às variações de umidade relativa do ar, fotoperíodo, temperatura e precipitação pluviométrica entre os biomas, as plantas podem desenvolver adaptações e estratégias de sobrevivência ao ambiente com menor umidade, seja evitando, resistindo ou tolerando à dessecação. A mesma espécie pode, portanto, ter estratégias distintas conforme o bioma que se encontra. É possível afirmar, então, que em diferentes condições ambientais, comuns a espécies com ampla distribuição geográfica, podem influenciar na produção de sementes com diferentes tamanhos, formas e níveis de tolerância à dessecação (Fernandes *et al.*, 2022).

É importante trabalhar com frutos e sementes de diferentes localidades geográficas para constatar as diferenças fenotípicas determinadas pelas variações ambientais e/ou genéticas (Botezelli *et al.*, 2000). Essas diferenças podem ser expressas tanto por características fenotípicas quanto por genes que promovem tolerância a determinados estresses abióticos.

As diferenças nas respostas germinativas e/ou em desenvolvimento de plântulas em função das diferentes procedências podem ser vistas na literatura, como no trabalho de Fernandes *et al.*, (2022). Trabalhando com sementes de *Psidium guajava* oriundas de populações do norte e do sudeste do Brasil, os autores identificaram variações nas características fisiológicas entre as procedências, resultando em diferentes níveis de tolerância à dessecação, contudo apresentaram mesmo nível de tolerância na germinação em diferentes tratamentos térmicos. Em

outros casos, fotoperíodo (*Copaifera langsdorffii* Desf) (Rodrigues *et al.*, 2007), tamanho de semente (*Myrciaria dúbia*)(Mesquita, *et al.*, 2017) e *Macrolobium acaciifolium* (Santos *et al.*, 2020).

A variação na germinação das sementes em diferentes localidades indica que, provavelmente, as áreas estão sujeitas às variações de temperatura, comprimento do dia, índices de pluviosidade e outros efeitos ambientais (e consequentemente bióticos), ressaltando certos aspectos de sua composição genética. (Rodrigues *et al.*, 2007; Borges e Rena, 1993).

As plantas são constantemente desafiadas por vários estresses abióticos que afetam negativamente o crescimento e a produtividade em todo o mundo. Durante o curso de sua evolução, as plantas desenvolveram mecanismos sofisticados para reconhecer sinais externos, permitindo que elas respondam apropriadamente às condições ambientais, embora o grau de ajustabilidade ou tolerância a estresses específicos difira de espécie para espécie, ou entre populações de uma mesma espécie (Hossain *et al.*, 2015).

As modificações promovidas, em função da epigenética, como a metilação do DNA e modificações nas histonas, exercem importante papel no processo germinativo na transição entre o estado de dormência e o início da germinação, visto que, com base nas condições ambientais, possam ser ativados mecanismos de resposta a condições estressantes, ajustando-se para ganhar tolerância e promover a germinação (Luján-Soto; Dinkova, 2021).

Abdulraheem *et al.*, (2024) apontam que mecanismos como a metilação do DNA e modificações de histonas estão ligados à adaptação de plantas a estresses como o hídrico e térmico, ainda que, através da manipulação destes mecanismos, é possível serem desenvolvidas genéticas mais tolerantes e resistentes às condições climáticas, que tendem a se tornar cada vez mais severas com base nos relatórios do IPCC (2022).

Os padrões de germinação de uma mesma espécie podem variar frequentemente em resposta a pequenas diferenças ambientais. É preciso considerar que a plasticidade genética e fenotípica das espécies para características como a germinação ocorre naturalmente em diferentes regiões, o que pode proteger as populações contra alguns dos efeitos das mudanças climáticas (Fernandes *et al.*, 2022).

#### 4. REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; PAULA, R. C. DE. Temperaturas para a germinação de sementes de capixingui (*Croton floribundus* - Spreng - Euphorbiaceae). **Revista brasileira de sementes [Brazilian seed journal]**, v. 28, n. 3, p. 135–140, 2006.

ABDULRAHEEM, M. I. XIONG, Y.; MOSHOOD, A. Y.; CADENAS-PLIEGO, G.; ZHANG, H.; HU, J.. Mechanisms of plant epigenetic regulation in response to plant stress: recent discoveries and implications. *Plants*, v. 13, p. 163, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants13020163>.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. *Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991–2020*. Recife: APAC, 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/images/webAtlas-Climatologico-do-Estado-de-Pernambuco-APAC.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ALVES, R. M. *et al.*, Stored diaspores of *A. urundeuva* Fr. (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae) submitted to hydropriming. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

AMIR, M.; PRASAD, D.; KHAN, F. A.; KHAN, A. .; AHMAD, B.; ASTHA. Seed priming: An overview of techniques, mechanisms, and applications. **Plant Science Today**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 553–563, 2024. DOI: 10.14719/pst.2828. Disponível em: <https://horizonpublishing.com/journals/index.php/PST/article/view/2828>. Acesso em: 12 mar. 2025.

ARAÚJO, M. N.; DANTAS, B. F.; PELACANI, C. R. Teor de água sobre a germinação de sementes de aroeira-do-sertão. In: **Anais do I Simpósio da Rede de Recursos Genéticos Vegetais do Nordeste**, Magistra, Cruz das Almas/BA, v. 25, p. 414-415, 2013.

ASWATHI, K. P. R.; KALAJI, H. M.; PUTHUR, J. T. Seed priming of plants aiding in drought stress tolerance and faster recovery: a review. **Plant Growth Regulation**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10725-021-00755-z>.

AZEVEDO, A. I. B. DE *et al.*, Chronological analysis of the physiological quality of diaspores of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. in semiarid regions. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 39423, 2018.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*, v. 14, p. 93–107, 2004.

BANDEIRA A.S. *et al.*, Avaliação do potencial fisiológico das unidades de propagação de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com e sem exocarpo e mesocarpo, em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40 n.1, p.53-60, 2017.

BARBOSA, G. V. V. *et al.*, Memória hídrica em sementes: uma revisão de literatura. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.21, n.2, p.115–126, 2024. DOI: 10.30681/rcaa.v21i2.11466. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/11466>.. Acesso em: 22 out. 2024.

BARBOSA, P. B. B. M. *et al.*, Evaluation of seed extracts from plants found in the Caatinga biome for the control of *Aedes aegypti*. **Parasitology research**, v. 113, n. 10, p. 3565–3580, 2014.

BARROS NETO, J. J. S. *et al* (Org.). Sementes: estudos tecnológicos. 1. ed., Aracaju: Edifs, 2014. 285 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, K.H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of development germination and dormancy**. New York: Springer, 2013. 392p.

BEZERRA, Y. B. DE S. *et al.*, ATIVIDADE ACARICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Tetranychus ludeni* (Zacher) (Acari: Tetranychidae) EM DUAS CULTIVARES DE ALGODOEIRO. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 469–477, 2019.

BISPO, N. J. P.; MEIADO, M. V. HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DE SEMENTES EM REGIÕES SEMIÁRIDAS E SUAS IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS: UMA REVISÃO COM FOCO NA FLORESTA TROPICAL SECA BRASILEIRA. Em: *Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que alimentam o Mundo V.* [s.l.] Editora Artemis, 2021. p. 193–219.

BORGES, E.E.L.; RENA, A. 1993. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOFOLIA, M. B. 1993. Sementes florestais tropicais. Brasília: Abrates. p.83-135.

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (baru). *Cerne*, Lavras, v. 6, n. 1, p. 9-18, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n.º 148, de 7 de junho de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: [PORTARIA MMA Nº 148, DE 7 DE JUNHO DE 2022 - PORTARIA MMA Nº 148, DE 7 DE JUNHO DE 2022 - DOU - Imprensa Nacional](#) Acesso em: 23/10/2024.

BRITO, L. P. DA S. *et al.*, TEMPO DE ARMAZENAMENTO E TEMPERATURA NO COMPORTAMENTO GERMINATIVO DE *Schinopsis brasiliensis* ENGLER. *Nativa*, v. 8, n. 4, p. 552–557, 2020.

BRUCE, T. J. A.; MATTHES, M. C.; NAPIER, J. A.; PICKETT, J. A. Stressful memories of plants: evidence and possible mechanisms. *Plant Science*, v. 173, p. 603–608, 2007.

CAPO, L. F. M. *et al.*, NATURAL DISTRIBUTION OF *Myracrodruon urundeuva* FR. ALL. IN BRAZIL AT CURRENT AND FUTURE CLIMATE SCENARIOS DUE TO GLOBAL CLIMATE CHANGE. *Revista Árvore*, v. 46, 2022.

CARDOSO N.S. *et al.*, Osmocondicionamento na germinação de sementes, crescimento inicial e conteúdo de pigmentos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Revista Brasileira de Biociências**, v.10 n.4: p.457-461, 2012.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. (ed.). Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p. il.

CASALI, V. W. D., *et al.*, Agroecologia epigenética In: CARMO, D. L. *et al.*, (Org.). Diálogos transdisciplinares em Agroecologia: projeto Café com Agroecologia. Viçosa: FACEV, 2021. cap. 18, p. 261-272.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**, 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.

CHEN, K.; ARORA, R. Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and experimental botany*, v. 94, p. 33–45, 2013.

ÇINAR, V. M.; ÜNAY, A. *The potential of seed priming on abiotic stress in field crops*. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURE, ENVIRONMENT AND

HEALTH, 7., 2024, Bursa. Anais [...]. Bursa: Bursa Technical University, 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/383084083\\_The\\_Potential\\_of\\_Seed\\_Priming\\_on\\_Abiotic\\_Stress\\_in\\_Field\\_Crops](https://www.researchgate.net/publication/383084083_The_Potential_of_Seed_Priming_on_Abiotic_Stress_in_Field_Crops). Acesso em: 18 abr. 2025.

ÇINAR, V. M.; ÜNAY, A. The potential of seed priming on abiotic stress in field crops. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURE, ENVIRONMENT AND HEALTH, 7., 2024, Bursa. Proceedings [...]. Bursa: Bursa Technical University, 2024. p. 476-484. Disponível em: . Acesso em: 12 mar. 2025.

CNCFLORA. Myracrodruon urundeuva Lista Vermelha da flora brasileira, versão 2012.2, Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon urundeuva](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon_urundeuva). Acesso em: 10 de março de 2025.

DANTAS, B.F.; MATIAS, J.R.; MENDES, R.D.; RIBEIRO, R.C. “As sementes da Caatinga são...”: um levantamento das características das sementes da Caatinga. Informativo ABRATES, v. 24, n.3, 2014.

DOMINGOS, F. R.; SILVA, M. A. P. DA. Uso, conhecimento e conservação de Myracrodruon urundeuva: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e2329118851, 2020.

DUBROVSKY, J.G. Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. *Journal of the Torrey Botanical Society*, v.125, n.1, p.33-39, 1998. <http://dx.doi.org/10.2307/2997229>

DUBROVSKY, J.G. Seed hydration memory in Sonoran desert cacti and its ecological implication. *American Journal of Botany*, v.83, n.5, p.624-632, 1996. <http://www.jstor.org/stable/2445922>

FERNANDES, A. C. *et al.*, Desiccation Tolerance and germination of Psidium guajava seeds from different regions of Brazil. **CERNE**, v. 28, 2022.doi: 10.1590/01047760202228012977.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: Do básico ao aplicado**. [s.l: s.n.].

FERREIRA, T. C.; PEREZ-MARIN, A. M. PRIMING EM SEMENTES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA CONCISA E ATUALIZADA. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 7, n. 1, p. 27, 2022.

Flora do Brasil. Anacardiaceae. In: **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado de: [http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/](http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC) listaBrasil/ConsultaPublicaUC.

FORTI, C. *et al.*, Hydropriming and biopriming improve *Medicago truncatula* seed germination and upregulate DNA repair and antioxidant genes. **Genes**, v. 11, n. 3, p. 242, 2020

GAMA, G. F. V. Fenotipagem de genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e mecanismos de tolerância ao déficit hídrico na fase de germinação. 2023. 82 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV\\_5b6f16b296fa07981560aae3b229347c](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_5b6f16b296fa07981560aae3b229347c) Acesso em: 18 abr. 2025.

GOMES, F. I. B. P.; ZANELLA, M. E. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. **Revista Geografares**, n. 37, 2023.

GUEDES, R. S. *et al.*, Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 68-75, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v14n1/v14n1a10>.

GUEDES, R.S. *et al.*, Germinação e vigor de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Árvore**, v.35, n.5, p.975-982, 2011. <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622011000600003>

HERNANDEZ-AGUILAR, C. *et al.*, Characterization of bean seeds, germination, and phenolic compounds of seedlings by UV-C radiation. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.40, n.2, p.642-655, 2021.

HOSSAIN, M. A. *et al.*, Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. *Frontiers in Plant Science*, v. 6, p. 420, 2015.

IPCC. *Sections*. In: LEE, H.; ROMERO, J. (eds.). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genebra: IPCC, 2023. p. 35–115. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

IPCC. *Summary for Policymakers*. In: SHUKLA, P. R. *et al.*, (eds.). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926.001.

JATANA, B. S. *et al.*, Seed priming: Molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. **Agronomy (Basel, Switzerland)**, v. 14, n. 12, p. 2901, 2024.

JUSTINO, S. T. P. *et al.*, Minicepas de Myracrodruon urundeuva submetidas a três alturas de decepta e a aplicação de Cyperus rotundus. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 15, n. 1, p. 39, 2019.

KHAN, M.N.; ZHANG, J.; LUO, T.; LIU, J.; NI, F.; RIZWAN, M.; FAHAD, S.; HU, L. Morpho-physiological and biochemical responses of tolerant and sensitive rapeseed cultivars to drought stress during early seedling growth stage. *Acta physiologiae plantarum*, v.41, n.2, p.25, 2019.

KILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. D.; SILVA, V. P. Biologia reprodutiva de duas espécies de Anacardiaceae ameaçadas de extinção. In: ALBUQUERQUE, U. P.; MOURA, A. V.; ARAUJO, E. L. (Eds.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife: NUPPEA, 2010. p. 335-364.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. dos S.; FRANÇA-NETO, J. B.. **Deterioração e vigor de sementes**. Paraná: Embrapa soja, 2022. (Circular Técnica, n. 191).

KUBALA, S. *et al.*, 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**, v. 183, p. 1–12, 2015.

LAZIM, S.K.; RAMADHAN, M. Study effect of a static magnetic field and microwave irradiation on wheat seed germination using different curves fitting model. *Journal of Green Engineering*, v.10, p.3188-3205, 2020.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 74, n. 11, p. 1363–1373, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.009>.

LIMA, A.T.; CUNHA, P.H.J.; DANTAS, B.F.; MEIADO, M.V. Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin e *Barneby var. excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin e *Barneby* (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination? *Journal of Seed Science*, v.40, n.1, p.036-043, 2018.

LIMA, Ayslan T.; MEIADO, Marcos V. Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. *Seed Science Research*, v. 27, n. 4, p. 292-302, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0960258517000241>.

LIU, X.; QUAN, W.; BARTELS, D. Stress memory responses and seed priming correlate with drought tolerance in plants: an overview. *Planta*, v. 255, n. 2, p. 45, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03828-z>.

LONG, R. L. *et al.*, The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise: The ecophysiology of seed persistence. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 90, n. 1, p. 31–59, 2015.

LOPES, C. A. *et al.*, Sodium hypochlorite in the priming of tobacco seeds. *Journal of Seed Science*, v. 41, n. 1, p. 108–111, 2019.

LORENZI, H. *Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2020. 381 p.

LUJÁN-SOTO, Eduardo; DINKOVA, Tzvetanka D. Time to wake up: epigenetic and small-RNA-mediated regulation during seed germination. *Plants*, v. 10, n. 2, p. 236, 26 jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants10020236>

MACEDO, J. G. F. *et al.*, Analysis of the variability of therapeutic indications of medicinal species in the northeast of Brazil: Comparative study. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, v. 2018, n. 1, p. 6769193, 2018.

MAGALHÃES, K. DO N. *et al.*, Medicinal plants of the Caatinga, northeastern Brazil: Ethnopharmacopeia (1980–1990) of the late professor Francisco José de Abreu Matos. **Journal of ethnopharmacology**, v. 237, p. 314–353, 2019.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. *South African Journal of Botany*, v.76, n.3, p.453–459, 2010.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659 p.

MARTINS, S. M. Aroeira-Do-Sertão (*Myracrodruon urundeuva*) 2022. Disponível em: <https://www.inaturalist.org/photos/215600127>, Acesso em: 11/11/2024.

MATOS, D. C. P. DE *et al.*, GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *PITYROCARPA MONILIFORMIS* (BENTH.) LUCKOW e R.W. JOBSON SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE SALINO E HÍDRICO. Em: **Águas e Florestas: desafios para conservação e utilização**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 277–291.

MEDEIROS, D. **NOTA TÉCNICA - Atualizações das alterações climáticas atuais e futuras: O caso de Pernambuco - IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco**. Disponível em: <<https://site.ipa.br/artigo/nota-tecnica-atualizacoes-das-alteracoes-climaticas-atuais-e-futuras-o-caso-de-pernambuco/>>. Acesso em: 14 abr. 2025.

MEDEIROS, J. C. D. *et al.*, Hidrocondicionamento, secagem e armazenamento em sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth / Hydropriming, drying and storage in seeds of *Piptadenia moniliformis* Benth. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 94181–94195, 2021.

MEIADO, M.V. Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. In: STELMANN, J.R.; ISAIAS, R.M.S.; MODOLO, L.V.; VALE, F.H.A.; SALINO, A. (Orgs.). *Anais...64º Congresso Nacional de Botânica: botânica sempre viva*. Belo Horizonte, Sociedade Botânica do Brasil, 2013, p. 89-94.

MESQUITA S. O. *et al.*, Influence of seed size on germination and vigor of seedlings of Camu-Camu. *Scientia agropecuaria*, v. 8, n. 2, p. 119–125, 2017.

MITCHELL, D. J.; DALY, D. C. Notes on *Astronium* Jacq. (Anacardiaceae), including a dwarf new species from the Brazilian Shield. *Brittonia*, v. 69, n. 4, p. 457-464, 2017.

MORAIS, L. L. Aroeira-Do-Sertão (*Myracrodruon urundeuva*) 2024. Disponível em: <https://www.inaturalist.org/photos/420860012> acesso em 11/11/2024.

MOREIRA, C. Desenvolvimento Embrionário das Angiospérmicas. *Revista Ciência Elementar*, v.2, n.4, p.246, 2014. <http://doi.org/10.24927/rce2014.246>.

NAPOLEÃO, T. H. *et al.*, Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of stored products research*, v. 54, p. 26–33, 2013.

NASCIMENTO, A. V. *et al.*, O que sabemos sobre as Sementes de *A. urundeuva* (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae)? Revisão sobre uma Espécie Ameaçada e com Importância Socioeconômica. **Biodiversidade Brasileira - BioBrasil**, v. 12, n. 4, 2022.

NASCIMENTO, J. P. B.; DANTAS, B. F.; MEIADO, M. V. Hydropriming changes temperature thresholds for seed germination of tree espécies from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Journal of Seed Science*, v. 43, e202143004, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43238649>.

NASCIMENTO, L. V. *et al.*, Sanitary quality in seeds from species of Caatinga biome and control methods for fungi. **Emirates journal of food and agriculture**, p. 945, 2020.

NICOLAU, J. P. B. *et al.*, DISCONTINUOUS HYDRATION ON THE GERMINATION OF *Mimosa caesalpinifolia* AND *Pityrocarpa moniliformis* SEEDS UNDER WATER STRESS. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 555–561, 2020.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 1–39, 2023.

NUNES, Y. R. F. *et al.*, Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão - Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 233–243, 2008.

OLIVEIRA, F. P., FERNANDES FILHO, E. I., SOARES, P. e SOUZA, A. L. Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da

classificação supervisionada de imagens Rapideye. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.151-161, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000100016>.

OLIVEIRA, G. M. DE *et al.*, Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds 1. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 32–43, 2019.

OLIVEIRA, G. M. de; SANTOS, F. F. S.; GOMES, S. E. V.; CRUZ, C. R. P.; DANTAS, B. F. Sementes armazenadas de *Myracrodruon urundeuva* apresentam diferentes tolerâncias ao estresse hídrico. **Informativo Abrates**, v. 28, n. 1, p. 41-45, 2018.

PAREYN, F. G. C. *et al.*, *Myracrodruon urundeuva*: Aroeira. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Eds.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. cap. 5, p. 766-772. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190120/1/Livro-Nordeste-766-77212-2018.pdf>.

PARO, R.; GROSSNIKLAUS, U.; SANTORO, R.; WUTZ, A. Introduction to Epigenetics. Cham: Springer Nature, 2021. ISBN 978-3- 03068670-3. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585706/>.

PEREIRA JÚNIOR, L. R. *et al.*, Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 509–520, 2014

PIMENTEL, F. DE O.; ASSIS, W. L. ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE PETROLINA– PE ENTRE OS ANOS DE 1973-2021. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 12, n. 2, p. 281–303, 2022.

RAMOS, G. G. *et al.*, Clonagem de *Myracrodruon urundeuva* Allemão pela técnica de miniestaquia. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v. 12, n. 4, p. 359-367, 2016.

REIS, L. P. **Fisiologia e bioquímica da germinação de sementes de *Ormosia coarctata* Jacks. sob diferentes temperaturas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

RIFNA, E.J. *et al.*, Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science e Technology*, v.86, p.95-108, 2019.

RIVERS, M. (IUCN SSC GLOBAL TREE SPECIALIST GROUP / BGCI). IUCN Red List of Threatened Species: *Myracrodruon urundeuva*. **IUCN Red List of Threatened Species**, 2024.

RODRIGUES, P. M. S. *et al.*, Efeito da Luz e da Procedência na Germinação de Sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae – Caesalpinoideae). *Revista brasileira de biociencias [Brazilian journal of biosciences]*, v. 5, n. S2, p. 264–266, 2007.

SANTINI, B. A.; ROJAS-ARÉCHIGA, M.; GARCÍA MORALES, E. Priming effect on seed germination: Is it always positive for cacti species? **Journal of arid environments**, v. 147, p. 155–158, 2017.

SANTOS, L. R.; ALMEIDA, M. DE C.; WITTMANN, F. Biometria e germinação de sementes de *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. de várzea e igapó da Amazônia Central., *Iheringia, Serie Botanica*, v. 75, p. e2020004–e2020004, 2020a.

SANTOS, M. *et al.*, Germination of seeds of *Melanoxylon brauna* Schott. Under heat stress: Production of reactive oxygen species and antioxidant activity. **Forests**, v. 8, n. 11, p. 405, 2017.

SANTOS, M. M. *et al.*, Enzyme activity in the micropylar region of *Melanoxylon brauna* Schott seeds during germination under heat stress conditions. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020b.

SEBBENN, A. Effects of forest fragmentation on the effective and realized gene flow of Neotropical tree species: implications for genetic conservation. **BMC Proceedings**, v. 5, supl. 7, p. O6, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-S7-O6>

SILVA, E. A. A.; OLIVEIRA, J. M.; PEREIRA, W. V. S. Fisiologia das sementes. In: BARBEDO, C. J.; SANTOS JUNIOR, N. A. (orgs.). **Sementes do Brasil: produção e tecnologia para espécies da flora brasileira**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2018. p. 15-40.

SILVA, K. B. *et al.*, Variabilidade Genética de Fragmentos Naturais de *Luehea divaricata* Mart. e Zucc. no Bioma Mata Atlântica. **Biodiversidade Brasileira - BioBrasil**, v. 11, n. 4, p. 4–11, 2021.

SILVA, L. L. H. DA *et al.*, Características Dendrométricas, Físicas e Químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, 2017.

SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.

SILVA, R. N. *et al.*, Germinação de sementes de duas espécies de leguminosas tropicais submetidas a alternância de temperatura. **Diversitas Journal**, v. 9, n. 2, 2024.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R.; PELL, S. K.; MITCHELL, J. D. Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115185>.

SOUSA, L. F. *et al.*, Nutritional evaluation of “Braquiaraão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry systems**, v. 79, n. 2, p. 189–199, 2010.

SOUZA, G. A. R. *et al.*, Efeitos de diferentes temperaturas na germinação de espécies de Piperaceae. *International Journal of Development Research*, v. 10, n. 10, p. 41125-41129, 2020. DOI: 10.37118/ijdr.20242.10.2020.

SOUZA, L. M. *et al.*, Biochemical and morphophysiological strategies of *Myracrodruon*. **Biologia plantarum**, 2020.

SOUZA, T. M. *et al.*, Further evidences for the mode of action of the larvicidal m-pentadecadienyl-phenol isolated from *Myracrodruon urundeuva* seeds against *Aedes aegypti*. **Acta tropica**, v. 152, p. 49–55, 2015.

SUN, R. Z.; LIN, C. T.; ZHANG, X. F.; DUAN, L. X.; QI, X. Q.; GONG, Y. H.; DENG, X. Acclimation-induced metabolic reprogramming contributes to rapid desiccation tolerance acquisition in *Boea hygrometrica*. *Environmental and Experimental Botany*, v. 148, p. 70–84, 2018. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/j.](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.05.011)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.**, 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal., Porto Alegre: Artmed. 2017.

VIEIRA, E. L. CARVALHO, Z. S. de. Fisiologia de sementes: Parte I – formação e germinação de sementes. **Boletim Científico Agrônômico do CCAAB/UFRB**, v. 1, ed.2259, 2023. Disponível em: <https://ufrb.edu.br/ccaab/boletim-cientifico-agronicodo-cca>.

VIRGENS, I. O.; CASTRO, R. D.; FERNANDEZ, L. G.; P.; C. R. Comportamento fisiológico de sementes de *Myracrodruon urundeuva* fr. all. (Anacardiaceae) submetidas a fatores abióticos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 4, p. 681-692, 2012.

VOLPATO, G. H.; MARTINS, S. V. The bird community in naturally regenerating *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) forest in southeastern Brazil. **Revista de biologia tropical**, v. 61, n. 4, p. 1585–1595, 2013.

WAQAS, M. *et al.*, Advances in the concept and methods of seed priming. Em: **Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings**. Singapore: Springer Singapore, 2019. p. 11–41.

XAVIER, F. M. *et al.*, Germinação de sementes de *Allium cepa* L. submetidas a condicionamento fisiológico e secagem. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 40, n.4, p.693-702, 2017.

## 5. CAPÍTULO 1 – GERMINAÇÃO DE *ASTRONIUM URUNDEUVA* (M.ALLEMAO) ENGL. SOB INTERAÇÃO DE ESTRESSE TÉRMICO E OSMÓTICO.

### 6. INTRODUÇÃO

Os fatores ambientais, bióticos e abióticos possuem papel fundamental nas fases germinativas das sementes. Conseqüentemente, é importante conhecer as condições ideais nas quais as espécies florestais germinam e se estabelecem na natureza (Gonçalves, *et al.*, 2020). O entendimento das condições ambientais que influenciam a germinação das sementes é fundamental para compreender o estabelecimento da diversidade vegetal.,

Dentre essas condições, água e temperatura possuem papel fundamental no processo germinativo, por estarem relacionados com o desencadeamento de processos bioquímicos e reações enzimáticas específicas que impulsionam todo o processo germinativo (Bewley *et al.*, 2013).

Frente às projeções de mudanças climáticas apontadas pelo Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Climáticas (IPCC), a partir de diferentes cenários de aumento de concentração de gases de efeito estufa (GEE) (IPCC,2022), muitos estudos estão sendo desenvolvidos a fim de compreender de qual forma a mudança do clima em diferentes regiões irá afetar a biodiversidade e sua dinâmica.

*Astronium urundeuva* que tem como basônimo *Myracrodruon urundeuva* (Mitchell e Dally, 2017; Silva Luz *et al.*, 2020). É uma espécie arbórea da família Anacardiaceae, também conhecida popularmente por Aroeira-do-sertão. É uma espécie que possui alto valor econômico pelas propriedades farmacêuticas de suas folhas, cascas e raízes (Silva *et al.*, 2019). E pela sua utilização na recuperação de áreas degradadas. Esta espécie é heliófila e de tolerância intermediária a baixas temperaturas e apresenta crescimento lento.

É encontrada principalmente no Nordeste, mas também pode ser encontrada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Flora do Brasil, 2024). Apesar de sua

ampla dispersão na América do Sul, a exploração da aroeira -do-sertão tem comprometido a conservação das populações em seus habitats (CNCflora, 2012).

Na Caatinga, domínio morfoclimático que ocorre principalmente na região Nordeste do Brasil, muitas espécies apresentam maior eficiência germinativa em temperaturas entre 30 e 35 °C, evidenciando que essas plantas têm maior tolerância a altas temperaturas em comparação com espécies de florestas úmidas(Nascimento *et al.*, 2018; Dantas *et al.*, 2020).

Dados do IPCC apontam diferentes cenários para o clima global com base nas emissões de GEE. Estima-se que, por volta de 2100, a temperatura média aumente entre 1.8° C e 5.7° C, com base nos RCP 4.5; 6.0 e 8.5 (Representative Concentration Pathway), onde RCP é um caminho de concentração de GEE representativo, utilizado para modelar o aquecimento global. Os dados apontam consequências severas para ambientes semiáridos como o da Caatinga, onde a região pode passar por redução acentuada no volume e distribuição de chuvas(IPCC, 2023).

A limitação de água acarreta modificações metabólicas, morfológicas e fisiológicas nas plantas, incluindo as sementes (Ferreira, *et al.*, 2015). A insuficiência deste recurso na época de reprodução pode limitar a floração e frutificação, pois nesse período a planta tem um acréscimo no processo fotossintético, além de poder alterar o transporte e a distribuição de fotoassimilados (Silva *et al.*, 2020; Melo, *et al.*, 2020; Mendéz, *et al.*, 2012). A diminuição do potencial hídrico do meio, promove a redução da e/ou o atraso da germinação de muitas espécies de plantas (Perez *et al.*, 2001; Stefanello *et al.*, 2006; Rego *et al.*, 2011).

As alterações climáticas, em diferentes escalas, tanto a nível global até o nível local, podem ter consequências importantes em todas as fases do desenvolvimento das plantas, afetando a fenologia, o processo germinativo das sementes até o crescimento e estabelecimento das espécies promovendo barreiras para a regeneração natural, principalmente em áreas degradadas e conseqüentemente dificultando o trabalho de recuperação e restauração florestal (Maraghni *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2013).

Embora sementes das espécies de Caatinga tenham demonstrado alta tolerância aos estresses abióticos, em poucas espécies se tem registrado os limites térmicos e hídricos em que a germinação é cessada bem como se há diferença entre diferentes acessos/populações dentro e fora do bioma Caatinga quanto a esses limites de tolerância(Dantas, 2019).

A vulnerabilidade de uma espécie a fatores de estresses abióticos não é apenas uma função da severidade e duração do estresse (Kranner *et al.*, 2010), mas também uma função da adaptação genética ao estresse e do fenótipo que pode ser expresso de forma diferente sob diferentes condições ambientais (Seal, 2012).

Estudos sobre *A. urundeuva* como os realizados por Domingos e Silva (2020) e Nascimento *et al.*, (2022) em uma revisão sistemática sobre a espécie, destacam referências sobre diversos aspectos envolvendo o processo de germinação da espécie, seja avaliando diferentes temperaturas (Oliveira *et al.*, 2019), temperaturas e substratos (Bandeira *et al.*, 2017; Nascimento *et al.*, 2020; Pacheco *et al.*, 2006), assim como o efeito da interação da temperatura e estresse hídrico (Virgens *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2012; Dantas *et al.*, 2020). Contudo, é importante investigar a resposta de diferentes acessos em relação à tolerância às condições estressantes durante a germinação, como o estresse hídrico e térmico simultâneo, bem como avaliar a resposta desses acessos a tratamentos que possam auxiliar para o incremento da tolerância a essas condições estressantes.

A alternância de temperatura pode ser aplicada como um tratamento para superação de dormência e promotora durante o processo de germinação. Porém, a resposta pode variar entre espécies, estudos como de Souza *et al.*, (2020) e Abdo e Paula (2006) apontam que a alternância contribuiu para a germinação em espécies de Piperaceae e *Croton floribundus* (Spreng), Euphorbiaceae. Já Silva *et al.*, (2024) não obtiveram diferença significativa com temperaturas alternadas para *Sophora tomentosa* e *Mimosa caesalpiniiifolia*.

Nesse sentido, estudos sobre o efeito de temperaturas alternadas e com alta amplitude térmica na germinação de sementes são fundamentais para compreender a capacidade de estabelecimento de espécies vegetais frente às possíveis alterações da dinâmica climática nos ambientes, mas também às populações dessas espécies

que estejam sujeitas à fragmentação, como é o caso de muitos ecossistemas tropicais, visto que esta exerce grande impacto na variabilidade genética e consequentemente pode interferir na resiliência dessas espécies às condições climáticas futuras destacadas pelo IPCC (2023).

O trabalho teve o objetivo de analisar o efeito da interação entre temperatura e o estresse hídrico sobre a germinação de três procedências de *A. urundeuva* de diferentes populações de ambiente de Caatinga e compará-los para identificar possível distinção nos níveis de tolerância ao estresse e efeito da alternância de temperatura nos parâmetros germinativos. A hipótese testada é de que a alternância de temperatura irá promover ganhos nos parâmetros germinativos em condições de estresse hídrico em todas as procedências.

## **7. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram utilizadas sementes de *A. urundeuva* obtidas através de parceria com a Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco (PISF) que é uma iniciativa promovida e gerenciada pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/ UNIVASF).

Foram selecionadas sementes de três procedências de populações de *A. urundeuva* situadas nos municípios de (Petrolina/PE (Latitude: -9,053829034; longitude: -40,66123163), coletadas em 12/09/2022; Petrolina/PE (Lat.-9,116970237; lon. -40,67197536), 13/09/2022; Sertânia/PE (Lat.-8,08087221; Lon. -37,38282459), 27/09/2021, onde os lotes foram compostos por sementes de 15 matrizes para cada procedência. Foram denominados como procedência 1: Petrolina 1 (12/09/2022); procedência 2: Sertânia; e procedência 3: Petrolina 2 (13/09/2022).

Os municípios de Petrolina e Sertânia, região das procedências utilizadas neste trabalho, estão inseridos no domínio morfoclimático da Caatinga, o clima é característico de semiárido seco e quente, tipo Bsh na classificação de Köppen-Geiger (Köppen, 1936).

Com base na série histórica (1973-2021), a temperatura média anual tem oscilado entre os 26° C e 27° C, contudo nos últimos treze anos a média chegou aos 28° C. A precipitação média anual é de 500 mm com maiores volumes nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo registados nos anos de 2012, 2015 e 2017

acumulado inferior a 200 mm. Possui altitude média de 380 metros (Pimentel e Assis, 2022).

### **Caracterizar as populações quanto a altitude/solo/local, pop.**

Já no município de Sertânia, essa variação é entre os 25° C e 26° C e precipitação média anual de 490 mm (APAC, 2023).

O experimento foi conduzido no laboratório de sementes florestais (LASF) do Departamento de Ciências Florestais (DCFL) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde as sementes adquiridas foram quantificadas e separadas para cada análise posterior. Foram armazenados em sacos de papel Kraft em geladeira conforme Guedes *et al.*, (2012) indicam por ser bom método para conservar a viabilidade das sementes de *A. urundeuva*.

## **7.1 Análises físicas**

Foi realizada a biometria das sementes de cada procedência com base nas variáveis área, perímetro, comprimento, largura, circularidade, redondeza e solidez. Foi utilizado o software “imageJ” para mensuração das variáveis. Félix *et al.*, (2023) apontam a eficiência da técnica para análise de imagem de sementes de espécies florestais da Caatinga. Foram separadas amostras de 100 sementes de cada procedência em quatro repetições de 25 sementes, fotografadas. Com auxílio do software, foram calculados os valores das variáveis para cada procedência.

O peso de mil sementes foi determinado através da pesagem de oito amostras de 100 sementes conforme o documento Regras para Análises de sementes (RAS) (Brasil, 2009).

Foi determinado o teor de umidade das sementes através do método de secagem em estufa a 105° C (Brasil, 2009). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes em recipientes previamente secos e pesados. As amostras foram levadas à estufa 105±3°C onde permaneceram por 24 horas e posteriormente foram levadas ao dessecador até esfriar para que fosse feita a pesagem do material., Foi utilizada a expressão:

$$\text{Eq. 1 Teor de umidade (\%)} = \frac{100 (P-p)}{P-t}$$

Onde: P = peso inicial, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida; p = peso final, peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca; t = tara, peso do recipiente com sua tampa.

## 7.2 Testes de germinação

Após as análises físicas, deu-se início aos testes de germinação das procedências. Os primeiros testes realizados avaliaram a germinação das sementes das três procedências nas temperaturas de 25°C, 30 °C constante, e alternando entre 25° e 30°C a cada período de 24h.

Para cada tratamento nas diferentes temperaturas, as sementes foram submetidas a potenciais osmóticos distintos (: 0,0; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6 MPa). Para obtenção das soluções referentes aos potenciais osmóticos, foi utilizado o polietilenoglicol (PEG 6000 – “LABSYNTH”), utilizado por Senigalia, *et al.*, (2020). Para alcançar os potenciais, foi utilizada a tabela citada por Villela *et al.*, (1991) como referência. O acompanhamento foi realizado por 10 dias seguidos, sendo consideradas germinadas as sementes com emissão de raiz primária.

Com auxílio de balança analítica, o PEG foi pesado para o preparo de cada solução. Após a pesagem, o PEG foi transferido para Erlenmeyer, onde foi adicionado água destilada e posteriormente levado ao agitador magnético para o preparo da solução.

O protocolo de desinfestação adotado para as sementes de *A. urundeuva* seguiu a seguinte ordem: lavagem com detergente neutro, imersão em álcool 70% (v/v) por 30 segundos, seguida de lavagem em água corrente e imersão em hipoclorito de sódio comercial (NaClO) 1,25% (v/v) por 15 minutos, sob agitação manual., Após a imersão em NaClO as sementes foram lavadas com água destilada. Após a lavagem, as sementes foram secas em papel toalha para que se desse início aos testes de germinação (Máximo Silva, 2022).

Foi utilizado como substrato o papel mata-borrão (Germitest®), onde as sementes foram dispostas sobre papel hidratado com um volume de água de 3,5 vezes o peso do papel, aproximadamente 7ml de água destilada. Foram utilizados recipientes do tipo caixa plástica transparente (gerbox) (11 cm x 11 cm x 3 cm), posteriormente levadas para germinar em condições controladas de temperatura e fotoperíodo em germinadores verticais tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) modelo Mylabor®. Foi adotado um fotoperíodo de 12 horas.

As variáveis consideradas na avaliação da germinação foram o percentual total de germinação (%) eq.2,

$$\text{eq. 2 } G = \frac{N^\circ \text{ de sementes germinadas}}{N^\circ \text{ de sementes semeadas}} \times 100$$

Foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), o índice considera o número de sementes germinadas e o tempo necessário para germinação. Representa também uma medida de velocidade que, quanto maior for o valor, maior será o vigor das sementes analisadas. O valor obtido é influenciado pelo tempo médio de germinação e, conseqüentemente, pela velocidade de germinação (Maguire, 1962).

$$\text{eq. 3 } IVG = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

Onde N = número de plântulas em cada dia da contagem; D = número de dias para o semeio.

Eq.4: Tempo médio de germinação (TMG), calculado pela média ponderada do tempo, em dias, necessário para as sementes germinarem (Labouriau, 1983).

$$\text{eq. 4 } TMG = \sum \frac{ni \cdot ti}{ni}$$

Onde: ni = número de sementes germinadas por dia; ti = tempo de incubação;  
i = 1 → X dias de germinação

eq. 5. Coeficiente de uniformidade de germinação (CUG), este índice mede a variabilidade da germinação das sementes em torno do seu tempo médio (Heydecker, 1973).

$$\text{Eq.6 CUG} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k (\bar{D} - D_i)^2 n_i};$$

$$\text{Sendo: } \bar{D} = 100 / \text{CRG}; \text{ CRG} = \left( \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{\sum_{i=1}^k D_i n_i} \right) 100$$

Onde: onde  $n_i$ : número de sementes germinadas no dia.

$D_i$ : número de dias contados do dia da semente até a coleta do dado ( $i$ ).

É importante destacar que CRG é o coeficiente de velocidade de Kotowski com uma notação matemática diferente, e  $\bar{D}$ , o tempo médio de germinação. Esta expressão matemática é o recíproco da variância do tempo de germinação, exceto o “-1” que aparece na expressão de variância como os graus de liberdade da medição (Kotowski, 1926; Ranal e Santana, 2006).

A contagem e verificação dos tratamentos foram realizadas diariamente após a implantação do experimento. Foi tomado como indicador de germinação as sementes que apresentarem a protrusão da radícula e como plântula normal, fig. 5, formada aquelas que apresentaram o desenvolvimento de todas as estruturas essenciais da plântula, sem deformidades, ao final do período de análise (Brasil, 2009).

Figura 5. Protrusão da radícula (A), plântula normal (B).

**A)**



**B)**



### **7.3 Análise estatística**

O delineamento experimental empregado para o teste de germinação foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições de 25 sementes cada, analisado em esquema fatorial, três temperaturas (25, 30, 25-30° C) e cinco potenciais osmóticos (0, -0,1; -0,2; -0,4; -0,6MPa). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR e a construção de gráficos com auxílio do Software R. Studio.

## **8. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **8.1 Biometria e caracterização das procedências**

O teor de água das sementes de cada procedência foi de 18,94%; 13,48% e 14,45% para as procedências 1, 2 e 3 respectivamente. O peso de mil sementes foi de 17,13; 15,40 e 13,07g.

Variações no peso das sementes podem ocorrer entre lotes, essas variações podem estar ligadas a fatores genéticos, de desenvolvimento e condições ambientais, de modo que o teor de água pode refletir essas diferenças (Marangoni *et al.*, 2014).

Na tabela 1, pode-se observar o resumo estatístico da Análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$ ). Não foi observada diferença significativa entre as procedências 1 e 2 para nenhuma das variáveis biométricas das sementes. Com relação à procedência três, a área, o perímetro e a circularidade apresentaram diferença significativa quando comparadas com as procedências 1 (Petrolina) e 2 (Sertânia), (tabela 1). Com relação aos dados de Largura, comprimento e solidez, as três procedências não diferiram estatisticamente.

Variações morfométricas em frutos e sementes são comuns em populações naturais, podendo ser explicadas pela diversidade genética intrínseca dos indivíduos

e pelos fatores abióticos que permitem a diversidade fenotípica (Gnan *et al.*, 2014; Pimenta *et al.*, 2025).

Além disso, sementes de um mesmo tamanho podem apresentar diferenças na forma de alocação de recursos, promovendo alterações nas características das mudas produzidas (Harper *et al.*, 1970).

Tabela 1. Dados biométricos de 03 (três) procedências de sementes de *A. urundeuva* analisados por meio da análise digital de imagens.

Procedência	Área	Perímetro	Circularidade	Redondeza	Solidez	Largura	Comprimento
	Cm <sup>2</sup>	cm	0-1	0-1	0-1	cm	Cm
Procedência 1	0,127 a	1,514 a	0,707 a	0,865 a	0,950 a	0,398 a	0,419 a
Procedência 2	0,126 a	1,485 a	0,733 a	0,880 a	0,948 a	0,405 a	0,391 a
Procedência 3	0,153 b	1,799 b	0,605 b	0,875 a	0,943 a	0,386 a	0,389 a

Em que médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

As condições ambientais da área onde as matrizes de coleta estão inseridas podem promover alterações no desenvolvimento dos frutos e sementes provocando diferenças em características como tamanho, peso, potencial fisiológico e sanidade (Marcos Filho, 2015). A morfometria das sementes pode ser um instrumento para estudo da relação entre os parâmetros morfométricos e o processo germinativo (Sundriyal, 2017). Tais variações podem representar a variabilidade genética de sementes de diferentes populações submetidas a condições ambientais distintas e conseqüentemente expressar características como maior qualidade fisiológica (Martins Leão *et al.*, 2023).

Variações em tamanho de sementes, dormência e longevidade dentro de uma mesma espécie podem estar ligadas à plasticidade fenotípica, que é a capacidade das plantas matrizes alterarem o seu desenvolvimento, apresentando respostas fisiológicas em função de fatores ambientais. Por exemplo, temperaturas baixas durante o crescimento pré-zigótico de *Wahlenbergia tumidifruca* estenderam a longevidade média das sementes e aumentaram a variação entre indivíduos em uma população, mas não em outra (Long *et al.*, 2015).

Bispo *et al.*, (2017) avaliando sementes de *Anadenanthera colubrina* indicam variação na qualidade fisiológica e vigor de sementes coletadas em diferentes anos

devido às variações climáticas às quais as matrizes foram submetidas. Alterações no tamanho dessas sementes afetaram diretamente no crescimento da plântula tanto em condições controladas quanto em casa de vegetação.

## 8.2 Testes de germinação

Analisando os resultados das três procedências quanto ao estresse hídrico, os maiores percentuais de germinação ocorreram no tratamento controle (Água destilada) e no potencial -0,1 MPa e a partir de -0,2 MPa houve redução significativa, principalmente entre os valores nas procedências 2 e 3, chegando à nulidade em -0,4 MPa e -0,6 MPa em alguns casos.

Com relação ao efeito da temperatura associada ao estresse hídrico, os dados evidenciaram que a temperatura com melhor resposta germinativa foi a de 25° C enquanto houve uma redução significativa dos parâmetros germinativos em todos os potenciais com a temperatura de 30° C em todas as procedências, mostrando uma influência negativa da temperatura para germinação das sementes.

O teste com alternância de temperatura a cada 24h (25°-30°) apresentou dados superiores aos de 30° C e semelhantes ao teste com 25° C constante nos potenciais -0,1MPa e controle.

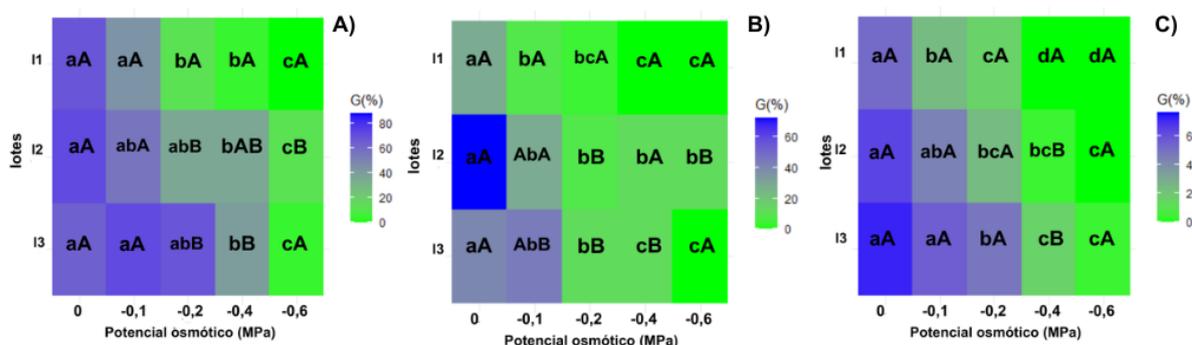
O índice de velocidade de germinação (IVG), nas três procedências, apresentou comportamento semelhante à germinabilidade. O teste com 25° C, tabela 2, apresentou os melhores resultados e 30° C os menores valores. Já o teste com alternância de temperatura apresentou dados semelhantes aos 25° C nas procedências 2 e 3 e semelhante aos 30° C na procedência 1.

A análise de variância (ANOVA)( $p < 0,05$ ) demonstrou haver diferença significativa entre os tratamentos, para a germinabilidade (%), em 25° C, os dados da coluna da fig. 6. apresentam que todas as procedências não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos controle e potencial -0,1Mpa. O tratamento -0,2MPa apresentou diferença significativa em relação ao controle e -0,1MPa e semelhantes ao -0,4MPa. Em todas as procedências, o tratamento -0,6MPa diferiu de todos os outros tratamentos.

Para 30° C, houve redução significativa na germinabilidade, na procedência 1 o tratamento controle diferiu de -0,1MPa que, por sua vez, foi semelhante ao -0,2MPa. Os tratamentos -0,4MPa e -0,6MPa não diferiram, por terem germinação nula. Para a procedência 2, os tratamentos -0,2; -0,4 e -0,6MPa não diferiram entre si.

No caso da alternância de temperaturas 25-30°C, observaram-se resultados semelhantes aos dados de 25° C para o tratamento 0MPa e -0,1MPa nas procedências 2 e 3 e diferiu na procedência 1. A partir de -0,2MPa houve forte diferenciação entre os tratamentos para as três procedências, com tendência de nulidade de G% no tratamento -0,6MPa.

Figura 6. Médias de germinabilidade de três procedências(I1,I2 e I3) de *A. urundeuva* para A – 25° C; B – 30° C; C – 25-30° C, sob diferentes potenciais osmóticos.



Em que: Médias em linha comparam potenciais osmóticos na mesma procedência e letras na mesma coluna comparam procedências no mesmo potencial osmótico. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Avaliando o percentual de germinação, nos potenciais 0,0 e -0,2 MPa, assim como nos potenciais -0,4 e -0,6 MPa, é possível observar o reflexo no IVG em função do tratamento aplicado. Verifica-se que, apesar de as sementes apresentarem uma germinabilidade alta e com valores semelhantes, os resultados de IVG obtidos no potencial de 0,0 MPa apresentaram-se maiores que o potencial -0,2 MPa, assim como no potencial de -0,4 MPa e -0,6 MPa. Esses resultados podem ser associados ao efeito da restrição hídrica, provocando um retardo no início do processo germinativo.

Com relação às variáveis de germinação analisadas (IVG, TMG, CUG), tabela 2, os dados evidenciam a continuação do padrão de decréscimo observado na

germinabilidade para as demais variáveis conforme se reduz o potencial osmótico e com a temperatura constante de 30° C que se mostrou estressante.

Tabela 2. Médias de variáveis de germinação de sementes de três procedências de *A. urundeuva*, submetidas a diferentes potenciais osmóticos e três tratamentos térmicos durante 10 dias de avaliação.

	Potencial osmótico (MPa)	CUG (dia <sup>-2</sup> )			TMG (dias)			IVG (sem. dia <sup>-1</sup> )		
		25 °C	30 °C	25-30 °C	25 °C	30 °C	25-30 °C	25 °C	30 °C	25-30 °C
Proc. 1	0	3,65 aA	1,66 bA	3,31aA	2,44 aA	2,19 aA	2,23 aA	13,96 aA	7,15 bA	8,82 bA
	-0,1	2,94 aA	1,14 bA	2,32 aA	2,45 aA	2,79 aA	2,54 aA	12,30 aA	3,92 bA	6,50 bA
	-0,2	2,43 aA	0,50 bA	1,15 bA	2,97 aA	3,34 aA	2,87 aA	9,20 aA	2,10 bA	3,78 bA
	-0,4	0,89 aA	0,04 aA	0,30 aA	3,16 aA	3,17 aA	2,15 bA	4,94 aA	0,54 bB	1,35 bA
	-0,6	0,003 aA	0,01 a	0,06 a	0,5 aA	5 bA	4,5 bA	0,13 aA	0,05 aA	0,27 aA
Proc. 2	0	3,51 aA	2,22 bA	2,29 bA	2,11aA	2,07 aA	1,64 aA	9,40 abB	7,65 bA	10,60 aA
	-0,1	1,93 aB	0,5 bA	0,97 bA	2,54abA	2,04 aA	2,38 aA	6,07 aB	3,56 bA	4,21 abA
	-0,2	1,45 aB	0,05 bA	0,31 bA	3,80bcA	3,75 aA	2,34 aA	4,78 aB	0,46 bB	2,03 bA
	-0,4	0,73 aA	0,14 aA	0,15 aA	3,0bA	3,04 bA	3,38 aA	2,86 aA	1,71 aA	1,03 aA
	-0,6	0,09 aA	0,3 aA	-	4,33 cB	3,33 aB	0,00 bB	0,60 aA	0,52 aA	0,00aA
Proc. 3	0	2,65 aB	1,48 bA	1,81 abA	2,50abA	2,13aA	2,39aA	6,79 aB	4,60 bA	7,06aA
	-0,1	2,3 aAB	0,1 bA	0,60 bA	2,71abA	2,46 aA	2,11 aA	5,87Ab	0,96 bB	4,25aB
	-0,2	0,47 aC	0,03 aA	0,19 aA	2,20 aA	3,00 bA	2,44 abA	1,67aB	0,22 bB	1,50abA
	-0,4	0,28 aA	0,00 aA	0,00 aA	2,85 bA	0,0 bB	3,00aA	1,56 aB	0,0 bB	0,08 bB
	-0,6	0,003 aA	0,0 0aA	0,00 aA	0,00 A	0,0bC	0,00bB	0,13 aA	0,0 aA	0,00 aA

Em que: médias seguidas de letra minúscula na mesma linha comparam tratamentos térmicos na mesma procedência e potencial osmótico e maiúsculas na mesma coluna comparam os dados no mesmo potencial osmótico entre procedências, letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O índice de velocidade de germinação é influenciado pelo potencial osmótico do meio. Na medida que se aumentou a concentração da solução de PEG, o índice

decaiu e o tempo médio de germinação aumentou, mais explicitamente para a procedência 2.

Assim, demonstra-se que com o efeito de restrição hídrica, fisiologicamente, as sementes passaram por um atraso no metabolismo enzimático, expansão e divisão das células que promoverão a protrusão da raiz primária, levando um tempo maior para as sementes germinarem em relação ao tratamento controle (Matos *et al.*, 2020).

Bewley e Black (1994) indicam que a inibição da protrusão da raiz primária decorrente de uma disponibilidade menor de água está frequentemente relacionada às reduções na atividade de algumas enzimas, com prejuízo ao metabolismo geral das sementes.

Os trabalhos de Oliveira *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2015; Guedes *et al.*, 2014 e Oliveira *et al.*, 2019, indicam que *A. urundeuva* apresenta germinação em uma ampla faixa de temperaturas (10 a 45°C), sendo 20 e 25° C a faixa ótima. Ao analisar o estresse térmico isoladamente, os resultados de Virgens *et al.*, 2012 demonstram que a partir de 30° C ocorre um decréscimo de 50% na germinação em função da temperatura, chegando à nulidade, neste caso, nos 40°C.

Em relação ao estresse hídrico, os trabalhos de Virgens *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2019 e Senigalia *et al.*, 2020 indicam que o potencial limite para germinação de *A. urundeuva* é o de -0,6 MPa.

Contudo, quando se aplica dois fatores estressantes (30° C e potencial abaixo de -0,1 MPa) os dados demonstraram uma redução drástica nas variáveis analisadas, comprometendo significativamente o desempenho da germinação em relação aos testes com 25° C e temperatura alternada em potenciais abaixo de -0,1 MPa.

Em outras espécies, a interação entre o estresse hídrico e temperaturas superiores a 30° C indicam a influência da temperatura na redução dos parâmetros germinativos causados por baixos potenciais osmóticos. Cunha *et al.*, (2021) Ao avaliarem o estresse hídrico e térmico na germinação de *Mimosa tenuiflora* e *Cenostigma pyramidale* identificaram que as sementes foram afetadas pela interação do estresse térmico e hídrico o que reduziu gradativamente a germinação à medida que tal interação se tornava mais severa refletindo nos valores de IVG e VMG, no caso de *Cenostigma pyramidale* foram reduzidos pelas temperaturas constantes, independente do estresse hídrico, e, à medida que foi exposta a estresses térmicos mais severos (35°C e 40°C), aliado ao estresse hídrico, a germinação foi nula.

Félix *et al.*, (2018) ao submeterem sementes de *Leucaena leucocephala* ao estresse hídrico e térmico identificaram que as sementes são pouco tolerantes aos estresses hídrico e térmico durante a germinação, sendo a capacidade germinativa e o vigor reduzidos com a diminuição do potencial hídrico a partir de -0,3 MPa e com a elevação térmica acima de 30 °C.

Leal *et al.*, (2020) verificaram que sementes de *Combretum leprosum* apresentaram sensibilidade ao estresse hídrico em diferentes temperaturas, indicando que a interação entre o estresse térmico e o baixo potencial osmótico acentuou o efeito negativo.

Foi possível identificar que nas três procedências o efeito da temperatura de 30° C acentuou o efeito da restrição hídrica a partir de -0,1 MPa, promovendo redução das variáveis germinativas, principalmente o IVG.

A redução nos valores de IVG, CUG e germinabilidade pode ser atribuída a perda de vigor causada pela temperatura de 30° C que pode ser estressante, pois, em potenciais osmóticos menores que -0,1 MPa, o meio retarda a velocidade de absorção de água, assim os processos bioquímicos característicos da fase 2 da germinação descritos por Bewley e Black (1994) foram prejudicados como a reativação das atividades metabólicas, mobilização de reservas e a retomada de crescimento da raiz primária.

O teste sob alternância de temperatura não apresentou diferença estatística para as três procedências em relação à temperatura de 25°C constante, porém apresentaram diferença estatística em relação aos 30°C constante, sendo melhor. Os resultados obtidos foram opostos aos resultados de Silva *et al.*, (2002) que testaram três regimes de alternância de temperatura (20-25; 20-30; 20-35°C), na germinação de sementes *A. urundeuva* com um ano de armazenamento, identificando que a variação 20-30°C foi positiva para germinabilidade em relação à temperatura constante de 25° C e 30°C, porém semelhante aos resultados obtidos a 20°C constante.

Os resultados foram semelhantes aos de Fernandes *et al.*, (2022). Trabalhando com sementes de *Psidium guajava* verificaram que o tratamento com alternância (20-30°C), foi eficiente para germinação, porém não diferiu estatisticamente das temperaturas 20 e 25° C constantes, porém foi superior aos resultados obtidos com 30° C constante.

Em outras espécies pode-se identificar que a alternância de temperatura pode apresentar melhores resultados nos parâmetros germinativos. Vitória *et al.*, (2018) com *Schinus terebinthifolius* em sementes maduras, a alternância 20-30°C foi benéfica em relação à 25°C constante e Lima *et al.*, (2019) com *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *férrea* em relação a 25°C e 30°C constantes.

Santos *et al.*, (2017) verificaram que sementes de *Melanoxylon brauna* Schott. que passaram por um período de 72h embebendo a 35°C e posteriormente transferidas para 25°C promoveram maior velocidade e percentual de germinação.

Comparando a resposta ao estresse entre as três procedências, foi observado que nos potenciais -0,2 e -0,4 Mpa a procedência 1 (Petrolina), apresentou diferença estatística, sendo superior em relação às procedências 2 e 3 em germinabilidade (%) e o IVG. Esse resultado pode estar relacionado à variabilidade genética das populações, o teor de água e o armazenamento, tendo em vista que as sementes da procedência 2 foram coletadas com um ano de diferença das outras duas.

Oliveira *et al.*, (2018) para *A. urundeuva* indicam haver redução na tolerância de acordo com o período de armazenamento, além disso, a procedência 1 foi a que apresentou maior teor de água nas sementes, o que pode ter influenciado com maior disponibilidade de recursos para apresentar resultados superiores em relação as outras duas procedências.

Diniz *et al.*, (2015) testando oito matrizes de uma mesma população de *A. urundeuva* coletadas na mesma região no mesmo período, verificou que a germinação apresentou diferença estatística tanto em condições de laboratório quanto em viveiro, indicando que possivelmente que o ambiente (clima, tipo de solo, disponibilidade hídrica e nutricional,) e/ou tamanho, idade, variabilidade genética dos indivíduos afetaram a qualidade das sementes produzidas. Assim, quando expostas às condições estressantes, é possível que estes fatores comprometam a faixa de tolerância ao estresse durante a germinação.

Em outras espécies, como *Cenostigma pyramidale*, sementes de diferentes populações geraram resultados divergentes na tolerância a fatores abióticos como temperatura, estresse hídrico e salino quanto à germinação, vigor e metabolismo, indicando a vulnerabilidade de algumas populações (Matias, 2019).

Perrella *et al.*, (2022) apontam o papel relevante do fator epigenético na resposta das plantas ao estresse térmico, envolvendo transformações morfológicas e

desenvolvimento de mecanismos de proteção celular e desenvolvimento da memória desses mecanismos. Desta forma, estas modificações epigenéticas podem permitir que as plantas se adaptem a eventos de estresse térmico recorrentes, tanto na mesma geração quanto em gerações futuras.

O fator epigenético como fator de influência de tolerância pode ser levantado como possível resposta na medida que é observado que as procedências 1 e 3 da apresentam diferença estatística de tolerância ao estresse nos potenciais -0,2 e -0,4Mpa tendo em vista que são populações da mesma região, mas que pequenas diferenças ambientais do sítio podem refletir na diferença entre os padrões de germinação(Fernandes *et al.*, 2022). É notável que a resposta a fatores estressantes pode diferir entre indivíduos de uma mesma população e entre populações, visto que as características ambientais da região e local de desenvolvimento das matrizes irá influenciar na qualidade dos frutos bem como se deve levar em consideração fatores de herdabilidade genética.

A variação na germinação das sementes em diferentes localidades indica que, provavelmente, as áreas estão sujeitas às variações de temperatura, comprimento do dia, índices de pluviosidade e outros efeitos ambientais (e consequentemente bióticos), ressaltando certos aspectos de sua composição genética (Rodrigues *et al.*, 2007; Borges e Rena, 1993). Estudos com sementes de populações diferentes da mesma espécie podem contribuir para confirmação da influência da sua origem na resposta germinativa, quando submetidas a estresses abióticos associados (Oliveira, *et al.*, 2017).

## **9. CONCLUSÃO**

Na temperatura de 25 °C foi obtida maior taxa de germinabilidade para as sementes de *A. urundeuva*. Em 30 °C, por volta de 50% das sementes germinaram. O teste de alternância diária de temperatura (25-30°C) não apresentou diferença significativa em relação ao tratamento a 25°C, não apresentando ganhos ou prejuízos nas variáveis analisadas, não se apresentando viável para promoção de germinação apesar de apresentar resultado superior aos observados à 30°C que se mostrou estressante.

Com relação às procedências, avaliando as médias para uniformidade, velocidade e tempo médio de germinação a procedência 1 apresentou médias

maiores nos potenciais -0,1; -0,2 e -0,4 MPa na temperatura de 25°C constante, os demais não apresentaram diferença estatística significativa. O que indica que pode haver influência do fator genético, visto que as procedências 1 e 2 que são de populações diferentes da mesma região (Petrolina) diferiram em relação à resposta ao estresse hídrico e térmico. A procedência 3 (Petrolina) foi a que apresentou maior susceptibilidade ao estresse a 30° C em relação às outras procedências.

Os dados sugerem que o fator epigenético teve influência considerando a diferença entre a resposta das procedências, indicando que é importante a identificação de populações com características genéticas de tolerância ao estresse para que se aumentem as chances de sucesso em projetos de recuperação de áreas degradadas ou restauração florestal.

Os potenciais 0,0 e -0,1 MPa apresentaram melhores resultados, não afetando negativamente e não diferiram estatisticamente em todas as procedências e temperaturas testadas, com exceção da procedência 1 (Petrolina) em temperatura alternada onde o tratamento reduziu a germinabilidade nesses potenciais, mas não afetou os demais parâmetros, essa redução pode estar ligada ao período em que as sementes ficaram expostas à temperatura estressante de 30° C.

Os potenciais osmóticos -0,2 e -0,4 MPa representaram uma redução de 50% de germinabilidade e resultados inferiores nas variáveis analisadas em relação ao controle e -0,1MPa em todas as procedências e temperaturas. O potencial de -0,6MPa apresentou germinabilidade em média de 2% ou nula em todos as procedências, demonstrando ser um potencial limite.

## 10. REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; PAULA, R. C. DE. Temperaturas para a germinação de sementes de capixingui (*Croton floribundus* - Spreng - Euphorbiaceae). **Revista brasileira de sementes [Brazilian seed journal]**, v. 28, n. 3, p. 135–140, 2006.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. *Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991–2020*. Recife: APAC, 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/images/webAtlas-Climatologico-do-Estado-de-Pernambuco-APAC.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BANDEIRA A.S. *et al.*, Avaliação do potencial fisiológico das unidades de propagação de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com e sem exocarpo e mesocarpo, em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40 n.1, p.53-60, 2017.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BEWLEY, J.D *et al.*, **Seeds: Physiology of development germination and dormancy**. New York: Springer, 2013. 392p.

BISPO, J. DE S. *et al.*, Size and vigor of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan seeds harvested in Caatinga areas. **\*\*Journal of Seed Science\*\***, v. 39, n. 4, p. 363–373, 2017.

BORGES, E.E.L.; RENA, A. 1993. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOFOLIA, M. B. 1993. Sementes florestais tropicais. Brasília: Abrates. p.83-135.

BRASIL **Regras para Análise de Sementes**: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p

CARDOSO N.S. *et al.*, Osmocondicionamento na germinação de sementes, crescimento inicial e conteúdo de pigmentos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Revista Brasileira de Biociências**, v.10 n.4: p.457-461, 2012.

CUNHA, M. DO C. L.; FERREIRA, T. C.; SILVA, R. P. D. S. Cenários de mudanças climáticas influenciando a germinação e vigor de sementes de *Mimosa tenuiflora* e *Cenostigma pyramidalis*. **\*\*Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB\*\***, v. 1, n. 54, p. 62, 2021.

DANTAS, B. F. *et al.*, Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of Caatinga dry forest species with climate change. **Oecologia**, v. 41, n. 1, p. 32-43, Feb. 2020.

DANTAS, B. F. Germinação de sementes da Caatinga em um clima futuro In: SIMPÓSIO DO BIOMA CAATINGA, 2., 2018, Petrolina. **Anais**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2019.

DINIZ, R. DE Q. *et al.*, Potencial germinativo de sementes de Aroeira *Myracrodruon urundeuva* Fr. coletadas de população no cariri paraibano. **\*\*Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável\*\***, v. 10, n. 2, p. 154, 2015.

DOMINGOS, F. R.; SILVA, M. A. P. Uso, conhecimento e conservação de *Myracrodruon urundeuva*: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.8851>.

FÉLIX F. C. *et al.*, Biometria de sementes de espécies florestais da Caatinga por meio da análise de imagens. **Journal of Seed Science**. v28. n46. 2023.

FELIX, F. C. *et al.*, Estresse hídrico e térmico na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *\*\*Revista brasileira de ciencias agrarias/Brazilian journal of agricultural sciences\*\**, v. 13, n. 2, p. 1–7, 2018.

FERNANDES, A. C. *et al.*, Desiccation Tolerance and germination of *Psidium guajava* seeds from different regions of Brazil. **CERNE**, v. 28, 2022. doi: 10.1590/01047760202228012977.

FERREIRA, W. N. *et al.*, Effect of water stress on seedling growth in two species with different abundances: the importance of stress resistance syndrome in seasonally dry tropical forest. **Acta Botanica Brasilica**, v.29, n.3, p.375-382. (2015). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb0045>.

GNAN, S.; PRIEST, A.; KOVER, P. X. The genetic basis of natural variation in seed size and seed number and their trade-off using *Arabidopsis thaliana* MAGIC lines. **Genetics**, v. 198, n. 4, p. 1751–1758, 2014.

GONÇALVES, M. P. M. *et al.*, Influência de diferentes tipos de solos da Caatinga na germinação de espécies nativas. **Brazil Journal of Development**, v.6, n.1, p.1216-1226. Jan. 2020. doi:10.34117/bjdv6n1-085.

GUEDES, R. S. *et al.*, Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 68-75, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v14n1/v14n1a10>

HARPER, J. L.; LOVELL, P. H.; MOORE, K. G. The shapes and sizes of seeds. **Annual review of ecology and systematics**, v. 1, n. 1, p. 327–356, 1970.

HEYDECKER, W. 1973. Glossary of terms. In *Seed ecology* (W. Heydecker, ed.). Butterworths, London, p.553-557.

IPCC. *Sections*. In: LEE, H.; ROMERO, J. (eds.). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genebra: IPCC, 2023. p. 35–115. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-978929169164

**IPCC.** Sexto relatório de avaliação do IPCC: mudança climática 2022. 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/sexta-relatorio-de-avaliacao-do-ipcc-mudanca-climatica-2022>.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN W; GEIGER R. Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.

KOTOWSKI, F. 1926. Temperature relations to germination of vegetable seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 23:176-184.

KRANNER, I.; MINIBAYEVA, F. V.; BECKETT, R. P.; SEAL, C. E. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. **New Phytologist**, v. 188, n. 3, p. 655-673, nov. 2010.

LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes. Washington:Secretaria da OEA, 1983. 173p.

LEAL, C. C. P., *et al.*, Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.) em diferentes temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.1, 2020. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200013>.

LIMA, M. DE L. DOS S. *et al.*, Germinação e vigor de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul. var. *ferrea* submetidas a diferentes regimes de luz e temperaturas. **Ciencia Florestal**, v. 29, n. 3, p. 1180–1186, 2019.

LONG, R. L. *et al.*, The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise: The ecophysiology of seed persistence. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 90, n. 1, p. 31–59, 2015.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARANGONI, L. D. *et al.*, Influência do Teor de Umidade na Germinação de Sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 124–128, 2014.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; e NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. **South African Journal of Botany**, v.76 n.3, p.453-459, 2010.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659 p.

MARTINS LEÃO, N. V. *et al.*, Genetic variability of *Tachigali vulgaris* trees based on seed morphophysiological traits. **\*\*Southern forests\*\***, v. 85, n. 3–4, p. 185–193, 2023.

MATIAS, J. R. Vulnerabilidade de sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) aos estresses abióticos. 2019. 68 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

MÁXIMO SILVA, L. *et al.*, GERMINAÇÃO IN VITRO DE AROEIRA DO SERTÃO (*A. urundeuva* (M. Allemão) Engl.). Apresentado no 9º Congresso Florestal Brasileiro, v.1 n.1, p.282–285. 2022. <https://doi.org/10.55592/CFB.2022.4547375>

MELO, A. S.; BENITES, L. C.; BARBOSA, V.S. Environmental seasonality influences on reproductive attributes of *Moringa oleífera*. **Brazilian Journal of Forestry Research**. Colombo, v.40, p.1-7. 2020. Disponível em: <http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/>.

MÉNDEZ, Y. D. R. *et al.*, Physiological response of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleífera* H.B.K. Cortes versus *Elaeis guineensis* Jacq.) to water deficit. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.24, n.4, p. 273-280. 2012.

MITCHELL, D. J.; DALY, D. C. Notes on *Astronium* Jacq. (Anacardiaceae), including a dwarf new species from the Brazilian Shield. *Brittonia*, v. 69, n. 4, p. 457-464, 2017.

NASCIMENTO, A. V. *et al.*, O que sabemos sobre as Sementes de *A. urundeuva* (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae)? Revisão sobre uma Espécie Ameaçada e com Importância Socioeconômica. **Biodiversidade Brasileira - BioBrasil**, v. 12, n. 4, 2022.

NASCIMENTO, A. V. S. *et al.*, In vitro germination and micropropagation of *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae). *Plant Cell Culture e Micropropagation*, v. 16, n. 16, p. e156, 2020.

NASCIMENTO, J. P. B.; MEIADO, M. V.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. Seed germination of three endangered subspecies of *Discocactus* Pfeiff. (Cactaceae) in response to environmental factors. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3, p. 253–262, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n3183036>.

OLIVEIRA, F. P., FERNANDES FILHO, E. I., SOARES, P. e SOUZA, A. L. Mapeamento de fragmentos florestais com monodominância de aroeira a partir da

classificação supervisionada de imagens Rapideye. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.151-161, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000100016>.

OLIVEIRA, G. M. de; SANTOS, F. F. S.; GOMES, S. E. V.; CRUZ, C. R. P.; DANTAS, B. F. Sementes armazenadas de *Myracrodruon urundeuva* apresentam diferentes tolerâncias ao estresse hídrico. **Informativo Abrates**, v. 28, n. 1, p. 41-45, 2018.

OLIVEIRA, G. M. *et al.*, Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 29-36, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n1212467>.

PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; PINTO, K. M. S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 359-367, 2006.

PEREZ, S. C. J. G. D. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. *Bragantia*, v. 60, n. 3, p. 155–166, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052001000300002>.

PERRELLA, Giorgio; BÄURLE, Isabel; ZANTEN, Martijn van. Epigenetic regulation of thermomorphogenesis and heat stress tolerance. *New Phytologist*, v. 234, p. 1144-1160, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.17970>. Acesso em 25 de abril de 2025.

PIMENTA, A. J. C. *et al.*, MORFOMETRIA DE SEMENTES, FRUTOS E ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE PLÂNTULAS DE SLOANEA GUIANENSIS AUBL. (BENTH) (ELAEOCARPACEAE). Em: **Do Solo à Colheita: Princípios e Práticas da Produção Vegetal**, [s.l.] Editora Científica Digital, 2025. p. 60–72.

PIMENTEL, F. DE O.; ASSIS, W. L. ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE PETROLINA– PE ENTRE OS ANOS DE 1973-2021. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 12, n. 2, p. 281–303, 2022.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. DE. How and why to measure the germination process? **Revista brasileira de botânica. Brazilian journal of botany**, v. 29, n. 1, p. 1–11, 2006.

REGO, S.S, FERREIRA M.M, NOGUEIRA, A.C e GROSSI, F. 2007. Influência de potenciais osmóticos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina*

(Veloso) Brenan (Angico-branco) – Mimosaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.549-551.

RODRIGUES, P. M. S. *et al.*, Efeito da Luz e da Procedência na Germinação de Sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae – Caesalpinoideae). *Revista brasileira de biociencias [Brazilian journal of biosciences]*, v. 5, n. S2, p. 264–266, 2007.

SANTOS, M. *et al.*, Germination of seeds of *Melanoxylon brauna* Schott. Under heat stress: Production of reactive oxygen species and antioxidant activity. **\*\*Forests\*\***, v. 8, n. 11, p. 405, 2017.

SEAL, C. E. Assessing the vulnerability of species to climate change. **Samara**, n. 22, p. 6, 2012.

SENIGALIA, R. L. C.; KRATZ, D.; COELHO, M. de F. B. C.; CAMILI, E. C.; ARANTES, C. R. de A.; SANTOS, A. S. R. M. dos. Restrição hídrica em teste de sanidade de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. / Water restriction in sanity test in diaspores of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 49617–49627, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-564>.

SILVA, E. D. M. **Coordenação funcional e fenológica de espécies lenhosas de uma floresta ripária na Caatinga**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, p. 64. 2019

SILVA, G. A. DA *et al.*, Fatores ambientais na germinação de sementes e mecanismos de defesa para garantir sua perpetuação. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e93491110524, 2020.

SILVA, L. M. DE M.; RODRIGUES, T. DE J. D.; AGUIAR, I. B. DE. Efeito da luz da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **\*\*Revista Árvore\*\***, v. 26, n. 6, p. 691–697, 2002.

SILVA, N. F. *et al.*, Local knowledge and conservation priorities of medicinal plants near a protected area in Brazil. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2019/8275084>.

SILVA, R. M. *et al.*, Germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e incidência de fungos em elevadas temperaturas. In: SIMPÓSIO

DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Experiências e oportunidades para o desenvolvimento**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

SILVA, R. N. *et al.*, Germinação de sementes de duas espécies de leguminosas tropicais submetidas a alternância de temperatura. **Diversitas Journal**, v. 9, n. 2, 2024.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R.; PELL, S. K.; MITCHELL, J. D. Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115185>.

SOUZA, L. M., *et al.*, Biochemical and morphophysiological strategies of *Myracrodruon urundeuva* plants under water deficit. **Biologia Plantarum**, v.64, p.20-31. 2020.. DOI: 10.32615/bp.2019.070

STEFANELLO, R.; GARCIA, D. C.; MENEZES, N. D.; MUNIZ, M. F. B.; WRASSE, C. F. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28 n.2, p. 135 – 141. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v28n2/a18v28n2.pdf>

SUNDRIYAL, R.C. Effect of seed size on germination and seedling fitness in four tropical rainforest tree species. *\_Forest Ecology and Management\_*, v. 40, 2018.

VILLALOBOS, A.E.; PELÁEZ, D.V. Influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. **Journal of Arid Environments**, ed.49. n.1. p.321-328 2001.

VIRGENS, I. O.; CASTRO, R. D.; FERNANDEZ, L. G.; P.; C. R. Comportamento fisiológico de sementes de *Myracrodruon urundeuva* fr. all. (Anacardiaceae) submetidas a fatores abióticos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 22, n. 4, p. 681-692, 2012.

VITÓRIA, R. Z. DA *et al.*, Physiological quality seeds aroeira depending on the maturity of fruit under different germination temperatures. **\*\*Nucleus\*\***, v. 15, n. 2, p. 575–582, 2018.

## **11. CAPÍTULO 2 – HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA EM SEMENTES DE *ASTRONIUM URUNDEUVA* (M.ALLEMAO) ENGL.: EFEITO NA GERMINAÇÃO SOB ESTRESSE HÍDRICO.**

### **12. INTRODUÇÃO**

A Caatinga é um domínio fitogeográfico brasileiro onde é caracterizado pela adaptabilidade das espécies às condições climáticas classificadas como semiárido, é característico do ambiente semiárido as precipitações baixas e com distribuição irregular, na maior parte de sua extensão, concentradas em poucos meses, de três a seis, com evapotranspiração e temperaturas altas (Lima *et al.*, 2022; Pimentel e Assis, 2022).

O ambiente semiárido favorece o desenvolvimento de espécies vegetais decíduas, que variam no porte desde Caatingas arbustivas até Caatingas arbóreas de porte mais elevado. A deciduidade foliar é uma característica adaptativa dessas espécies para economizar recursos e enfrentar os longos períodos de escassez hídrica. Sua flora soma mais de 3300 espécies vegetais, das quais pelo menos 526 são endêmicas(Souza, 2020;Lima *et al.*, 2022).

A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) utiliza como critérios técnicos para a delimitação do semiárido brasileiro a precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez de Thornthwaite e Mather igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Grande parte da Caatinga apresenta clima semiárido, com temperaturas médias elevadas entre 25° e 30°C, precipitação entre 400 e 1200 mm anuais, com duas estações bem distintas durante o ano: uma estação chuvosa e outra seca, com regime pluviométrico irregular (Gomes *et al.*, 2021).

Dentro de um sistema com essas características, as sementes, quando ocorre a chuva, passam a embeber e iniciar o processo que culminará na germinação. Porém, na Caatinga, por conta da elevada evapotranspiração, ocorre uma secagem rápida do solo e das sementes, dessa forma, quando a água do solo está em baixa

disponibilidade, pode ocorrer uma interrupção no processo de hidratação das sementes na fase germinativa, e em alguns casos, ocorre até mesmo a perda de água por parte da semente para o ambiente (Barbosa *et al.*, 2024).

O processo de embebição em ambientes áridos e semiáridos, com ciclos de hidratação e desidratação, tem sido benéfico para algumas sementes, mostrando-se capazes de manterem elevado o índice de sobrevivência, tornando-se viáveis mesmo após a dessecação. Logo, fica evidente que as sementes possuem mecanismos de adaptação ao estresse, que nesse caso é denominado de memória hídrica, o qual é um mecanismo em que elas preservam as alterações bioquímicas ocasionadas no período de hidratação (Barbosa *et al.*, 2024).

Outro importante fator que deve ser inserido nesse contexto é a questão climática. Projeções em diferentes cenários de aumento de concentração de GEE apontam para a região nordeste do Brasil como uma das principais que serão afetadas pelas mudanças climáticas, com aumento das médias de temperaturas, menor volume e irregularidade da precipitação (IPCC,2022). Projeções em diferentes cenários de aumento de concentração de GEE apontam para a região nordeste do Brasil, principalmente a região semiárida onde está inserida a Caatinga, como uma das principais que serão afetadas pelas mudanças climáticas, com aumento das médias de temperaturas, menor volume e maior irregularidade da precipitação (IPCC,2023).

Esses cenários podem comprometer a germinação de sementes, o desenvolvimento inicial das mudas e o estabelecimento das plantas na natureza. Mesmo aquelas espécies bem adaptadas a ambientes semiáridos, podem ser afetadas por cenários climáticos pessimistas futuros, onde em ambientes que possuem características semiáridas que transicionem para características de aridez, torna-se necessário que as espécies se tornem cada vez mais tolerantes às condições ambientes mais rígidas (Nascimento *et al.*, 2021).

A restauração florestal é um dos principais meios pelo qual se dá a mitigação e o enfrentamento dos problemas promovidos pelas mudanças climáticas(IPCC, 2022). A partir desse entendimento, é necessário que se explorem técnicas de aprimorar a germinação das espécies do ambiente semiárido, além do mapeamento de populações que possuem características de maior resiliência aos fenômenos ambientais extremos apontados pelo IPCC.

Diversos métodos foram desenvolvidos para aumentar o sucesso da germinação de sementes e a produção de mudas, dentre eles as técnicas de condicionamento de sementes ou “priming”. Este abrange tratamentos pré-germinativos que surgem como alternativa para uniformizar a germinação e o estabelecimento das plântulas (Ribeiro *et al.*, 2019; Alves *et al.*, 2020).

O condicionamento fisiológico de sementes é uma técnica utilizada para melhorar a germinação e emergência de plântulas, constituída basicamente da iniciação de processos bioquímicos do processo germinativo das sementes, de modo que não ocorra a protrusão radicular antes da sementeira (Bewley *et al.*, 2013; Alvarado-Lopez *et al.*, 2014). O conjunto de técnicas de condicionamento pode proporcionar a germinação em menor tempo e um melhor estabelecimento de plântulas (Lopes *et al.*, 2019), e induzir uma proteção às sementes, podendo torná-las tolerantes a estresses futuros (Kubala *et al.*, 2015).

Baskin e Baskin (2014) descrevem o mecanismo por qual a técnica de hidratação descontínua (HD) por meio de ciclos de hidratação e secagem atuam, em que consiste no primeiro ciclo de hidratação desempenhar a função de ativar mecanismos bioquímicos e processos fisiológicos que preparam as sementes para a germinação, enquanto a secagem interrompe o processo.

Diante disso o processo de HD, é um mecanismo que ocorre em ambiente naturalmente, porém é necessário que se entenda qual o ponto limite de estresse hídrico que o HD é capaz de possibilitar a germinação ou se haverá algum ganho em relação aos parâmetros germinativos como pode ser observado no trabalho de Nascimento *et al.*, (2021).

É de fundamental importância a ampliação de pesquisas a fim de desenvolver ações que aprimorem a recuperação ambiental e que promovam a resiliência das espécies, como a conservação de espécies ameaçadas e/ou populações frente as possíveis alterações ambientais promovidas pela mudança do clima, garantindo a variabilidade genética, considerando a importância ecológica, econômica e social dessas espécies (Santos *et al.*, 2016).

Nesse sentido, o trabalho teve o objetivo de avaliar a eficácia do hidrocondicionamento para ganho em parâmetros germinativos em sementes de *A.*

*urundeuva* de três procedências, submetidas ao estresse hídrico e compará-las. Serão testadas as seguintes hipóteses: As sementes submetidas ao tratamento de hidrocondicionamento apresentarão ganho em velocidade, uniformidade e germinabilidade em condições de estresse hídrico em relação às sementes que não passaram pelo tratamento; Não haverá diferença quanto aos tratamentos de hidratação descontínua entre as procedências.

### **13. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram utilizadas sementes de *A. urundeuva* obtidas por meio de parceria com a Rede de Sementes do Projeto de Integração do São Francisco (PISF) que é uma iniciativa promovida e gerenciada pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/ UNIVASF).

Foram selecionadas sementes de três procedências de populações de *A. urundeuva* situadas nos municípios de (Petrolina/PE (Latitude: -9,053829034; longitude: -40,66123163), coletadas em 12/09/2022; Petrolina/PE (Lat.-9,116970237; Lon. -40,67197536), 13/09/2022; Sertânia/PE (Lat.-8,08087221; Lon. -37,38282459), 27/09/2021, onde os lotes foram compostos por sementes de 15 matrizes para cada procedência. Foram denominados como procedência 1: Petrolina 1(12/09/2022); procedência 2: Sertânia; e procedência 3: Petrolina 2 (13/09/2022).

Os municípios de Petrolina e Sertânia, região das procedências utilizadas neste trabalho, estão inseridos no domínio morfoclimático da Caatinga, o clima é característico de semiárido seco e quente, tipo Bsh na classificação de Köppen-Geiger (Köppen, 1936).

Com base na série histórica (1973-2021), a temperatura média anual tem oscilado entre os 26° e 27°C, contudo nos últimos treze anos a média chegou aos 28°C. A precipitação média anual é de 500mm com maiores volumes nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo registados nos anos de 2012, 2015 e 2017 acumulado inferior a 200 mm. O município está localizado a uma altitude média de 380 metros, o município apresenta predominantemente solos do tipo Argissolos subdivididos em amarelos e vermelhos (Santos, Samuel e Santos, Antônio, 2021; Pimentel e Assis, 2022).

Já no município de Sertânia, essa variação é entre os 25° C e 26° C e precipitação média anual de 490 mm. A altitude média é de 558 metros, existem seis tipos de classes de solos no município, predominando os Luvisolos (CPRM, 2005; APAC, 2023).

Os ciclos de hidratação consistem em um processo de hidratação controlada que é interrompida para que se inicie a desidratação. Cada ciclo corresponde a um processo completo de hidratação/desidratação nas sementes. Para que se pudesse definir o tempo de hidratação e de secagem das sementes foi realizado o monitoramento da curva de embebição das sementes, para isso foram separadas 100 sementes de cada procedência sendo divididas em quatro repetições com 25 sementes, onde foi aferido o peso inicial com o auxílio de uma balança analítica de precisão.

Em seguida as sementes foram colocadas sobre dois papéis mata-borrão, previamente umedecidos com quantidade de água equivalente a 3,5 vezes o peso seco do papel e mantidas em câmara germinadora B.O.D (Biochemical oxygen demand) à 25 °C. Foram realizadas medições do peso em intervalos de uma hora nas doze primeiras horas, duas medições a cada duas horas após as 12 horas e uma última com 24 horas. O processo consistiu na retirada das sementes dos papéis úmidos, secadas superficialmente com papel toalha, pesadas e colocadas para embeber conforme método descrito por Baskin e Baskin (2014) até a visível emissão da raiz primária em pelo menos 50% das sementes de cada repetição indicando o início da fase 3 do processo germinação como descreve Bewley e Black (1994).

Após traçada a curva de embebição das sementes e identificados os pontos das três fases de germinação, foi definido o tempo de hidratação correspondente a ¼ do período da fase 2, aproximadamente 10 horas. A secagem foi feita sob papel toalha em câmara germinadora sob ventilação durante um período de 24 horas.

Para a aplicação da hidratação descontínua, foram definidos três tratamentos, sendo eles: controle, 1 ciclo e 2 ciclos de hidratação. As sementes do tratamento controle não passaram por nenhum ciclo de hidratação e desidratação (HD). Cada ciclo de HD foi caracterizado por 10:00 horas de hidratação, 24 horas de desidratação a 25°C.

Após a realização dos ciclos, as sementes foram dispostas em papel mata-borrão umedecida com 3,5 vezes o peso do papel as sementes foram colocadas em recipientes do tipo caixa plástica transparente (gerbox) (11 cm x 11 cm x 3 cm), posteriormente levadas para germinar em condições controladas de temperatura utilizando 25°C e fotoperíodo de 12 horas em germinadores verticais tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) modelo Mylabor®.

Os testes consistiram em submeter as sementes passadas por cada tratamento à germinação em condições de meio com diferentes potenciais osmóticos, foram utilizados 0, -0,1, -0,2, -0,4 e -0,6Mpa. Cada tratamento possuiu quatro repetições com 25 sementes cada. Foram avaliadas as variáveis: germinabilidade (%), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG) e coeficiente de uniformidade de germinação (CUG).

### **13.1 Análise estatística**

O delineamento experimental empregado para o teste de germinação foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes cada. Analisados em esquema fatorial 3x5: três ciclos (0, 1 e 2) e cinco potenciais osmóticos (0, -0,1, -0,2, -0,4 e -0,6MPa) Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR e a construção de gráficos com auxílio do Software R. Studio.

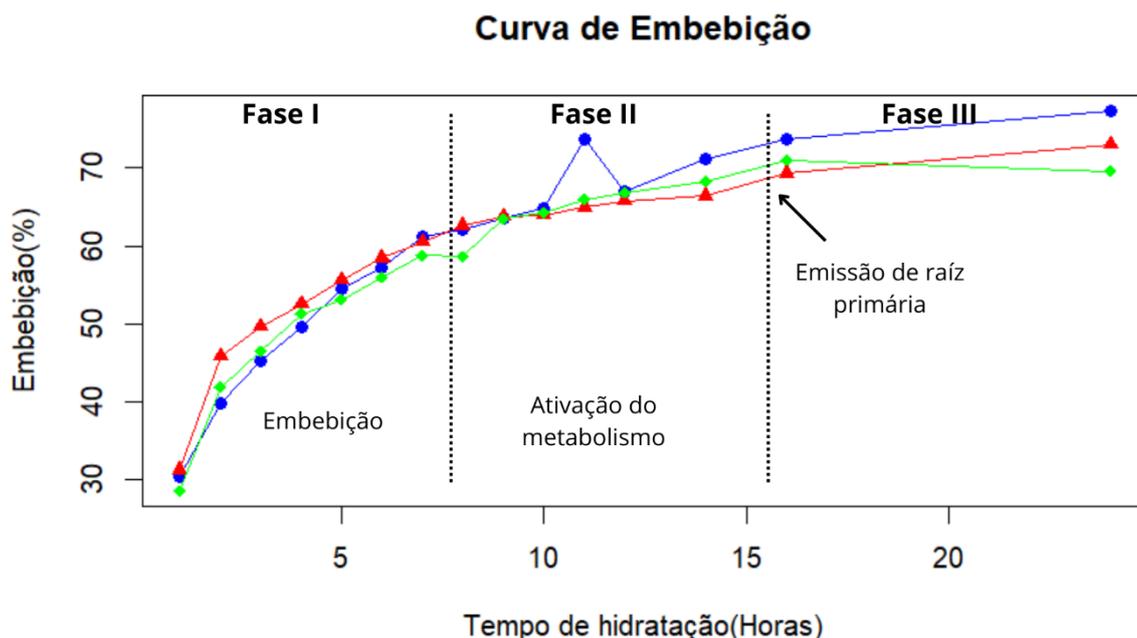
## **14. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **14.2 Curva de embebição**

Os dados de hidratação das sementes de *A. urundeuva* demonstraram que a fase I teve duração média de 8 horas. Esta fase é caracterizada pela rápida absorção de água, observando-se o crescimento contínuo do teor de água e expansão das paredes celulares. Por volta das 8 horas até as 16 horas, verificou-se redução na velocidade de absorção de água pela semente e estabilidade no teor de água,

indicando que estas estavam passando pela fase II, caracterizada pela síntese de enzimas e ativação do metabolismo para desencadear a germinação. A partir das 16 horas de embebição, foi verificado o início da fase III, onde foi possível observar a emissão da raiz primária nas três procedências avaliadas (Figura 7).

Figura 7. Curva de embebição de sementes de três procedências de *A. urundeuva* a 25°C.



Onde: linha azul (Procedência 1), linha vermelha (Procedência 2) e linha verde (Procedência 3).

### 14.3 Parâmetros germinativos

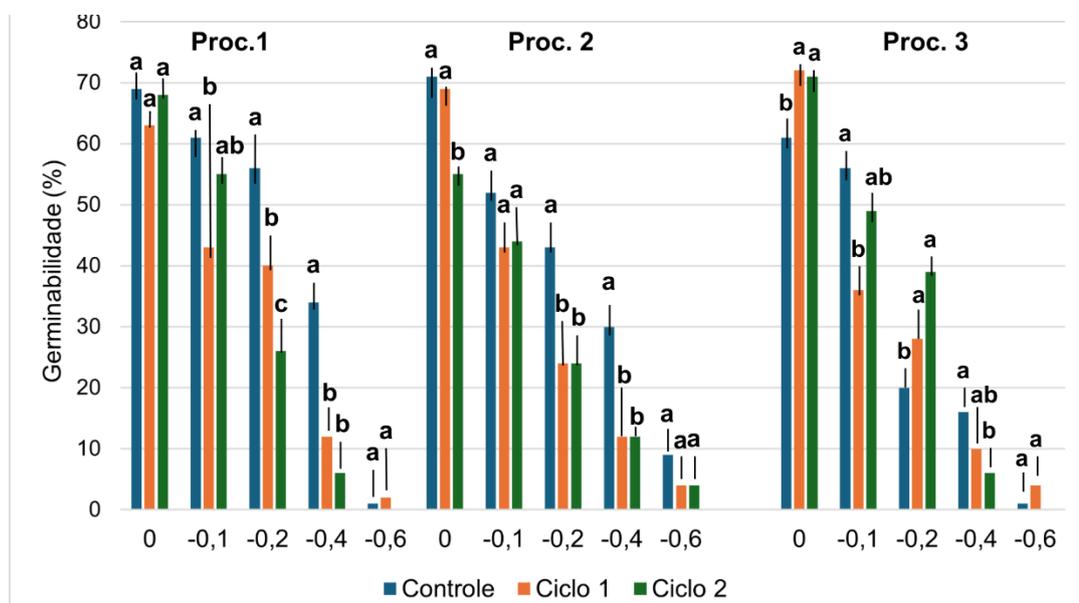
Analisando cada procedência individualmente sobre sua resposta aos tratamentos aplicados, com relação a variável germinabilidade (figura 8), os dados evidenciaram que para a procedência 1 os tratamentos de ciclos de HD não apresentaram nenhum ganho em relação ao tratamento controle em nenhum dos potenciais osmóticos e tanto um ciclo de HD quanto dois não diferiram estatisticamente entre si, exceto em -0,2MPa. Para a procedência 2, o mesmo comportamento se observou, onde o tratamento controle obteve o melhor desempenho em germinabilidade do que os tratamentos de HD, apenas no potencial -0,1MPa não houve diferença significativa entre os três tratamentos. O tratamento de

dois ciclos reduziu a germinabilidade significativamente nos potenciais testados, exceto -0,6Mpa.

Quando analisados os dados entre os tratamentos de HD em cada procedência, a procedência 3 ao contrário das procedências 1 e 2 apresentou dados positivos para os tratamentos de HD em relação ao controle, tanto 1 ciclo quanto 2 ciclos de HD, tabela 8, foi verificado o ganho em germinabilidade nos potenciais 0 e -0,2MPa em relação ao controle. Este resultado indica que a HD promoveu a germinabilidade em condição de estresse, limitada a -0,2Mpa. O que pode estar relacionado com a qualidade fisiológica das sementes e do caráter genético da procedência três em relação à resposta ao estresse oxidativo promovido pelo processo de HD e o estresse hídrico do meio indicando que pode haver uma influência epigenética neste resultado, quando comparado às demais procedências.

No potencial -0,1MPa, o tratamento de dois ciclos foi semelhante estatisticamente ao controle e o tratamento com apenas um ciclo apresentou semelhança com o controle em -0,4MPa.

Figura 8. Germinabilidade (%) de sementes de *A. urundeuva* submetidas a ciclos de hidratação e desidratação (HD) a 25°C.



Em que médias seguidas da mesma letra na coluna de potencial osmótico não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foi verificado que, ao passo que se reduz o potencial osmótico, a germinabilidade, foi afetada negativamente coincidindo com os resultados de Oliveira

*et al.*, (2019) e Senigalia *et al.*, (2020) para *A. urundeuva*. Com relação aos tratamentos envolvendo HD, assim como Nicolau *et al.* (2020) verificou, os ciclos de HD intensificaram os prejuízos para germinação causadas pelo estresse a partir do potencial -0,2MP para as espécies *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Pityrocarpa moniliformis*.

O procedimento de hidratação e desidratação das sementes pode ser prejudicial à germinação de algumas espécies. No entanto, os ciclos de HD apresentaram dados favoráveis para a procedência 3 (73%) com HD e 61% sem HD em potencial 0 e 30% (1 ciclo); 39% (2 ciclos) em potencial -0,2MPa em relação a 20% do tratamento sem HD. O resultado indica que a técnica de priming pode ser aplicada para aumentar o percentual de germinação em sementes de *A. urundeuva* sem estresse e sob estresse hídrico sendo -0,2Mpa o limite para o efeito do tratamento, contudo, pode depender da genética de procedência e qualidade fisiológica do lote.

Embora as procedências 1 e 3 possuam a mesma região de origem e datas de coleta muito próximas, diferiram na resposta aos tratamentos de HD. Este resultado pode ser atribuído à variabilidade intraespecífica envolvendo as matrizes e populações das áreas de coleta (Ferreira *et al.*, 2022). O que demonstra a influência do fator epigenético, em que apesar das populações estarem sob o mesmo regime climático, as condições de sítio podem afetar as características de tolerância ao estresse das sementes.

Na literatura científica pode-se encontrar trabalhos utilizando o condicionamento hídrico e osmótico para *A. urundeuva*, os quais alguns apresentam resultados divergentes. Scalon *et al.*, (2012) observaram que sementes condicionadas em solução de água e giberelina resultaram em menor emergência e não diferiram estatisticamente em velocidade de germinação em relação ao tratamento controle.

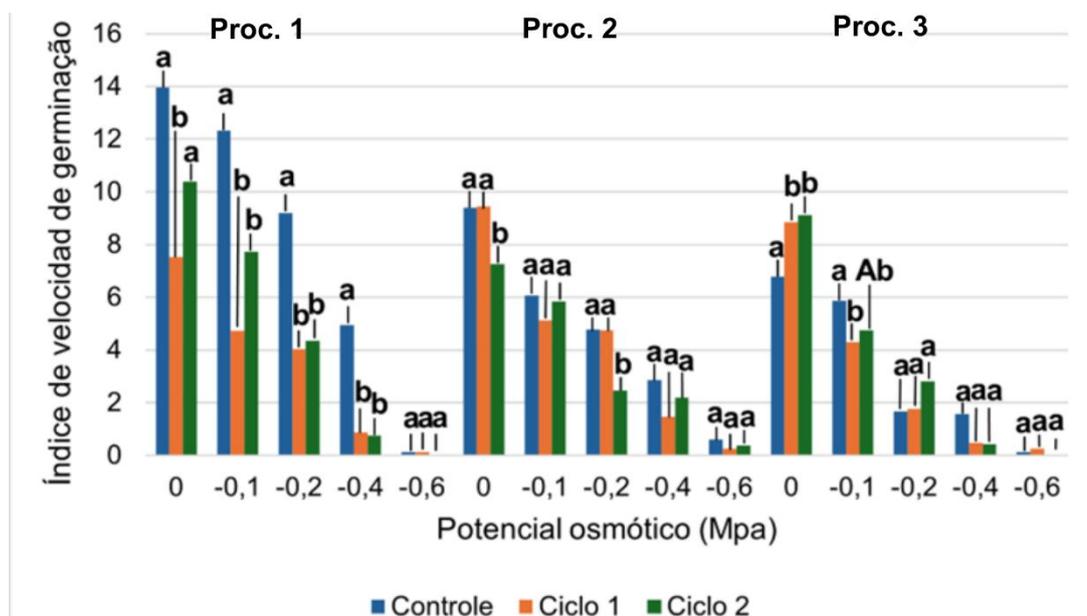
Alves *et al.*, (2020) aplicando tratamentos de HD em *A. urundeuva* indicam quem um ciclo de HD de 23 h 30 min pode favorecer o estabelecimento de mudas mais rápido, com as sementes melhores resultados de emergência independente do período de armazenamento, refletindo também no aumento da parte aérea das plântulas. Contudo, apontam que a técnica não é eficiente em mitigar os efeitos deletérios do processo de deterioração das sementes em função do armazenamento.

Hora e Meiado (2016), obtiveram resultados positivos dos ciclos de hidratação, ocorrendo aumento na velocidade média e sincronia de germinação, além de influenciar, também, o número de folhas e folíolos das mudas.

Em sementes que passaram por osmocondicionamento Cardoso *et al.*, (2012) não verificaram aumento na germinação em condições controladas (BOD), contudo observou-se maior emergência e aumento da parte aérea das plântulas em casa de vegetação em sementes condicionadas em solução de PEG -1,0 MPa + KNO<sub>3</sub>-1,0 MPa.

Em relação aos dados do índice de velocidade de germinação, identificou-se um comportamento semelhante ao da germinabilidade, visto que os tratamentos de HD de maneira geral para as procedências 1 e 2 não apresentaram ganho em relação ao tratamento controle. O tratamento com 2 ciclos de HD na procedência 1 mostrou melhores resultados com relação ao de 1 ciclo, já na procedência 2 de maneira geral não diferiram estatisticamente, figura 8, indicando que, para o lote analisado dessa procedência, a HD não é uma opção para promoção de germinação. No caso da procedência 3, apenas em 0,0MPa os dados do IVG dos dois tratamentos de HD foram superiores, os demais potenciais não diferiram estatisticamente ou 0,0 MPa foi superior.

Figura 9. índice de velocidade de germinação de três procedências de *A. urundeuva* submetidos a ciclos de hidratação descontínua (HD) a 25°C.



Em que médias seguidas de mesma letra na mesma coluna de potencial osmótico não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando os dados entre potenciais osmóticos, tabelas 3,4 e 5, observa-se que a partir do potencial -0,2MPa houve redução acentuada nas médias para os

parâmetros analisados, exceto para o tratamento com um ciclo de HD na procedência 1, onde não foi identificada diferença estatística significativa entre os potenciais 0, -0,1 e -0,2MPa.

Com relação à uniformidade representada pelo CUG, verificou-se que conforme o potencial osmótico da solução foi reduzido, a germinação foi menos uniforme e os tratamentos de HD não implicaram em efeito positivo.

Tabela 3 Médias de parâmetros germinativos de *A. urundeuva* (procedência 1) a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação (%)	Velocidade de Germinação (sem. dia <sup>-1</sup> )	Tempo Médio de Germinação (dias)	Coefficiente de uniformidade (dias <sup>-2</sup> )
Controle	0.0	69 a	13,96 a	2,44 a	3,65 a
Controle	-0.1	61 a	12,33 a	2,45 a	2,07 a
Controle	-0.2	56 ab	9,2 a	2,97 a	2,43 ab
Controle	-0.4	34 b	4,94 b	2,16 a	0,89 bc
Controle	-0.6	0,0 c	0,13 b	3,12 b	0,00 3c
Ciclo 1	0.0	63 a	7,53 a	2,36 a	2,70 a
Ciclo 1	-0.1	43 a	4,73 b	2,83 ab	1,33 b
Ciclo 1	-0.2	40 a	4,03 b	2,71 a	1,23 b
Ciclo 1	-0.4	12 b	0,87 c	3,69 bc	0,14 c
Ciclo 1	-0.6	0,0 c	0,13 c	4 c	0,013 c
Ciclo 2	0.0	68 a	10,38 a	1,9 a	3,21 a
Ciclo 2	-0.1	55 a	7,72 a	2,26 a	2,17 b
Ciclo 2	-0.2	26 b	4,36 b	2,18 a	0,52 c
Ciclo 2	-0.4	6,0 c	0,75 c	2,75 a	0,05 c
Ciclo 2	-0.6	0,0 d	0 c	-	0,00 c

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna entre potenciais do mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 Médias de parâmetros germinativos de *A. urundeuva* (procedência 2) a 25° C

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação (%)	Velocidade de Germinação (sem. dia <sup>-1</sup> )	Tempo Médio de Germinação (dias)	Coefficiente de uniformidade (dias <sup>-2</sup> )
Controle	0	71 a	9,4 a	2,11 a	3,51 a
Controle	-0.1	52 ab	6,07 b	2,54 ab	1,93 b
Controle	-0.2	43 ab	4,78 bc	3,80 bc	1,45 bc
Controle	-0.4	30 b	2,86 c	3,04 abc	0,73 c
Controle	-0.6	9,0 c	0,6 d	3,33 c	0,096 c
Ciclo 1	0.0	69 a	9,44 a	2,06 b	3,21 a
Ciclo 1	-0.1	43 b	5,13 b	2,28 b	1,34 b

Ciclo 1	-0.2	24 c	4,75 b	1,4 a	0,41 c
Ciclo 1	-0.4	12 c	1,46 c	2,31 b	0,12 c
Ciclo 1	-0.6	4,0 d	0,25 c	4 c	0,041 c
Ciclo 2	0.0	55 a	7,25 a	2,19 a	2,13 a
Ciclo 2	-0.1	44 a	5,83 a	2,07 a	1,42 a
Ciclo 2	-0.2	24 b	2,46 b	3,38 b	0,42 b
Ciclo 2	-0.4	12 b	2,18 b	2,82 b	0,34 b
Ciclo 2	-0.6	4,0 c	0,38 b	2 a	0,01 b

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna entre potenciais do mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5. Médias de parâmetros germinativos de *A. urundeuva* (procedência 3) a 25° C

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação (%)	Velocidade de Germinação (sem. dia <sup>-1</sup> )	Tempo Médio de Germinação (dias)	Coefficiente de uniformidade (dias <sup>-2</sup> )
Controle	0,0	61 a	6,79 a	2,5 ab	2,65 a
Controle	-0.1	56 a	5,87 a	2,71 ab	2,30 a
Controle	-0.2	20 b	1,67 b	2,2 a	0,47 bc
Controle	-0.4	16 b	1,56 bc	2,85 b	0,28 bc
Controle	-0.6	1 c	0,13 c	-	0,00 c
Ciclo 1	0,0	72 a	8,84 a	2,22 a	3,61 a
Ciclo 1	-0.1	36 b	4,29 b	2,18 a	0,90 b
Ciclo 1	-0.2	28 b	1,78 c	2,91 ab	0,60 bc
Ciclo 1	-0.4	10 c	0,48 d	4,25 b	0,12 bc
Ciclo 1	-0.6	4 c	0,25 d	4,00 b	0,04 c
Ciclo 2	0,0	71 a	9,13 a	2,19 a	3,62 a
Ciclo 2	-0.1	49 b	4,75 b	3,08 ab	1,84 b
Ciclo 2	-0.2	39 b	2,82 b	3,96 b	1,11 bc
Ciclo 2	-0.4	6 c	0,43 c	3,63 b	0,04 c
Ciclo 2	-0.6	0 d	0 c	-	0,00 c

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna entre potenciais do mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quando comparados os parâmetros germinativos entre os tratamentos com ciclos de HD, os parâmetros de germinação avaliados não foram influenciados pelo HD nas procedências 1 e 2 e exerceram influência apenas na procedência 3 em dois potenciais osmóticos, tabelas 6,7 e 8. As procedências 1 e 2, os resultados se aproximam dos de Silva *et al.*, (2018) que avaliaram sementes de três espécies nativas da Caatinga (*Cenostigma pyramidale*; *Enterolobium contortisiliquum* e *Libidibia ferrea* que passaram por tratamentos de HD e foi observado que embora não apresentaram ganhos em relação aos parâmetros germinativos também não exerceu nenhum dano à germinação.

Tabela 6 Comparação entre médias de tratamentos de HD para parâmetros germinativos de *A. urundeuva* (procedência 1) a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação	Velocidade de Germinação (sem. dia <sup>-1</sup> )	Tempo Médio de Germinação (dias)	Coefficiente de uniformidade (dias <sup>-2</sup> )
Controle	0.0	69 a	13,96 a	2,44a	3,65a
Ciclo 1	0.0	63 a	7,53 b	2,36a	2,70a
Ciclo 2	0.0	68 a	10,38 c	1,9a	3,21a
Controle	-0.1	61 a	12,33 a	2,45a	2,07a
Ciclo 1	-0.1	43 b	4,73 b	2,83a	1,33b
Ciclo 2	-0.1	55 b	7,72 c	2,26a	2,17a
Controle	-0.2	56 a	9,2 a	2,97a	2,43a
Ciclo 1	-0.2	40 b	4,03 b	2,71a	1,23b
Ciclo 2	-0.2	26 b	4,36 b	2,18a	0,52b
Controle	-0.4	34 a	4,94 a	2,16a	0,89a
Ciclo 1	-0.4	12 b	0,87 b	3,69b	0,14ca
Ciclo 2	-0.4	6,0 b	0,75 c	2,75a	0,05ca
Controle	-0.6	0,0 a	0,13 a	3,12a	0,003a
Ciclo 1	-0.6	0,0 a	0,13 a	4b	0,013a
Ciclo 2	-0.6	0,0 a	0c	-	0,00ca

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna entre tratamentos do mesmo potencial osmótico não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7 Comparação entre médias de tratamentos de HD para parâmetros germinativos de *A. urundeuva* (procedência 2) a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação	Velocidade de Germinação (sem. dia <sup>-1</sup> )	Tempo Médio de Germinação (dias)	Coefficiente de uniformidade (dias <sup>-2</sup> )
Controle	0	71 a	9,4 a	2,11 a	3,51 a
Ciclo 1	0.0	69 a	9,44 a	2,06 a	3,21 a
Ciclo 2	0.0	55 b	7,25 b	2,19 a	2,13 b
Controle	-0.1	52 a	6,07 a	2,54 a	1,93 a
Ciclo 1	-0.1	43 a	5,13 b	2,28 a	1,34 a
Ciclo 2	-0.1	44 a	5,83 a	2,07 a	1,42 a
Controle	-0.2	43 a	4,78 a	3,80 a	1,45 a
Ciclo 1	-0.2	24 b	4,75 a	1,4 b	0,41 b
Ciclo 2	-0.2	24 b	2,46 b	3,38 a	0,42 b
Controle	-0.4	30 a	2,86 a	3,04 a	0,73 a
Ciclo 1	-0.4	12 b	1,46 a	2,31 b	0,12 a
Ciclo 2	-0.4	12 b	2,18 a	2,82 a	0,34 a
Controle	-0.6	9,0 a	0,6 a	3,33 ab	0,096 a
Ciclo 1	-0.6	4,0 a	0,25 a	4 a	0,041 a
Ciclo 2	-0.6	4,0 a	0,38 a	2 b	0,01 a

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna entre tratamentos do mesmo potencial osmótico não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 Comparação entre médias de tratamentos de HD para parâmetros germinativos de *A. urundeuva* (procedência 3) a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação (%)	Velocidade de Germinação (sem. dia <sup>-1</sup> )	Tempo Médio de Germinação (dias)	Coefficiente de uniformidade (dias <sup>-2</sup> )
Controle	0	61 b	6,79 b	2,5 a	2,65 a
Ciclo 1	0	72 a	8,84 a	2,22 a	3,61 a
Ciclo 2	0.0	71 a	9,13 a	2,19 a	3,62 a
Controle	-0.1	56 a	5,87 a	2,71 a	2,30 a
Ciclo 1	-0.1	36 b	4,29 b	2,18 a	0,90 b
Ciclo 2	-0.1	49 ab	4,75 ab	3,08 a	1,84 a
Controle	-0.2	20 b	1,67 a	2,2 a	0,47 a
Ciclo 1	-0.2	28 a	1,78 a	2,91 a	0,60 b
Ciclo 2	-0.2	39 a	2,82 a	3,96 b	1,11 a
Controle	-0.4	16 a	1,56 a	2,85 a	0,28 a
Ciclo 1	-0.4	10 ab	0,48 a	4,25 b	0,12 a
Ciclo 2	-0.4	6 b	0,43 a	3,63 b	0,04 a
Controle	-0.6	1 a	0,13 a	-	0,00 a
Ciclo 1	-0.6	4 a	0,25 a	4,00 b	0,04 a
Ciclo 2	-0.6	0 a	0 a	-	0,00 a

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna entre tratamentos do mesmo potencial osmótico não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

A partir da análise de dados comparando os resultados entre as três procedências, tabelas 9, 10 e 11, foi observado que as procedências 1 e 2 apresentaram dados superiores a 3 em germinabilidade no tratamento controle nos potenciais -0,2MPa e -0,4Mpa, apresentando maior tolerância à condição estressante, o tratamento com um ciclo de HD na procedência 1 em -0,2MPa apresentou médias superiores às demais procedências.

ivg em relação às outras no tratamento de 2 ciclos até o potencial -0,2MPa foi superior

Tabela 9 Comparação de médias porcentagem de germinação de sementes de três procedências de *A. urundeuva* a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	Germinação		
		Proc.1	Proc.2	Proc.3
Controle	0.0	69 a	71 a	61 a
Controle	-0.1	61 a	52 a	56 a
Controle	-0.2	56 a	43 a	20 b
Controle	-0.4	34 a	30 a	16 b
Controle	-0.6	0 a	9 b	1 a
Ciclo 1	0.0	63 a	69 a	72 a
Ciclo 1	-0.1	43 a	43 a	36 a
Ciclo 1	-0.2	40 a	24 b	28 ab
Ciclo 1	-0.4	12 a	12 a	10 a
Ciclo 1	-0.6	0 a	1 a	4 a
Ciclo 2	0.0	68 a	55 a	71 a
Ciclo 2	-0.1	55 a	44 a	49 a
Ciclo 2	-0.2	26 a	24 a	39 a
Ciclo 2	-0.4	6 b	12 a	6 b
Ciclo 2	-0.6	0 b	4 a	0 b

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma linha entre procedências no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10 Comparação de médias de coeficiente de uniformidade de germinação de sementes de três procedências de *A. urundeuva* a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	CUG		
		Proc.1	Proc.2	Proc.3
Controle	0.0	3,65 a	3,51 a	2,65 a
Controle	-0.1	2,07 a	1,93 a	2,30 a
Controle	-0.2	2,43 a	1,45 ab	0,43 b
Controle	-0.4	0,89 a	0,73 a	0,28 a
Controle	-0.6	0 a	0 a	0 a
Ciclo 1	0.0	2,70 b	3,21 a	3,61 a
Ciclo 1	-0.1	1,33 a	1,34 a	0,90 a
Ciclo 1	-0.2	1,23 a	0,41 b	0,60 b
Ciclo 1	-0.4	0,14 a	0,12 a	0,12 a
Ciclo 1	-0.6	0 a	0 a	0 a

<b>Ciclo 2</b>	<b>0.0</b>	3,21 a	2,13 b	3,62 a
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.1</b>	2,17 a	1,42 b	1,84 ab
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.2</b>	0,52 a	0,42 a	1,11a
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.4</b>	0 a	0,34 a	0 a
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.6</b>	0 a	0 a	0 a

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma linha entre procedências no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11 Comparação de médias de índice de velocidade de germinação de sementes de três procedências de *A. urundeuva* a 25°C.

Tratamento	Potencial Osmótico (MPa)	IVG		
		Proc.1	Proc.2	Proc.3
<b>Controle</b>	<b>0.0</b>	13,96 a	9,4 b	6,79 b
<b>Controle</b>	<b>-0.1</b>	7,33 a	6,07 a	5,87 a
<b>Controle</b>	<b>-0.2</b>	5,42 a	4,94 a	1,67 b
<b>Controle</b>	<b>-0.4</b>	2,99 a	2,86 a	1,56 a
<b>Controle</b>	<b>-0.6</b>	0,1 a	0,60 a	0,1 a
<b>Ciclo 1</b>	<b>0.0</b>	7,53 b	9,44 a	8,84 a
<b>Ciclo 1</b>	<b>-0.1</b>	4,73 a	5,13 a	4,29 a
<b>Ciclo 1</b>	<b>-0.2</b>	4,03 a	4,75 a	1,78 b
<b>Ciclo 1</b>	<b>-0.4</b>	0,87 a	1,46 a	0,48 a
<b>Ciclo 1</b>	<b>-0.6</b>	0,13 a	0,25 a	0,25 a
<b>Ciclo 2</b>	<b>0.0</b>	10,38 a	7,25 b	9,13 ab
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.1</b>	7,72 a	5,83 ab	4,75 b
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.2</b>	4,36 a	2,46 b	2,82 ab
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.4</b>	0,75 b	2,18 a	0,43 b
<b>Ciclo 2</b>	<b>-0.6</b>	0 a	0,3 a	0 a

Em que: Médias seguidas de mesma letra na mesma linha entre procedências no mesmo tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Em outras espécies também é possível observar a influência da HD como Nicolau *et al.*, (2020) apontam que os ciclos de HD desfavorecem a germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Pityrocarpa moniliformis* até o potencial -0,6 MPa e um tratamento com dois ciclos favorece a germinação em condições de maior estresse como -0,8 MPa.

Nascimento *et al.*, (2021) indicam que sementes de *Anadenanthera colubrina* var. cebil, *Enterolobium contortisiliquum*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Pterogyne nitens*

que passaram por ciclos de HD tiveram sua faixa de tolerância térmica expandida, revelando que esse pré-tratamento de sementes pode ser eficiente para algumas espécies, por aumentar sua tolerância ao estresse térmico.

Ferreira *et al.*, (2021) analisando a resposta de espécies da Caatinga em relação a tratamentos de HD, verificaram que apenas *Anadenanthera colubrina* e *Luetzelburgia auriculata* apresentaram ganhos em vigor e emergência.

Silva *et al.*, (2020) observaram que sementes de *Ormosia grossa* Rudd. são significativamente sensíveis a baixos potenciais osmóticos, no entanto, quando submetidas a dois ciclos de hidratação descontínua com 48 horas de hidratação, sua tolerância ao estresse aumenta significativamente.

Santos e Dantas (2021) identificaram que sementes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. Zucc. tiveram prejuízo nos parâmetros germinativos quando submetidas a ciclos de HD em função do tempo de armazenamento da procedência. Além disso, que o aumento da quantidade de ciclos e tempo de armazenamento que as sementes são submetidas, reduzem a sua germinação. Apesar, da hidratação descontínua ter favorecido parâmetros como o crescimento da parte aérea e da raiz, os ciclos de forma geral desfavoreceram o desenvolvimento inicial das plântulas de *A. pyrifolium* principalmente em procedências mais recentes.

Evidencia-se que a HD pode causar prejuízo para germinabilidade em algumas espécies, neste caso, observado nos resultados, principalmente na procedência 1, onde os tratamentos com HD tiveram uma porcentagem menor com relação ao controle, este efeito pode estar relacionado com o desequilíbrio no balanço entre EROS e enzimas antioxidantes, além da desestruturação das membranas celulares, onde nesses casos, não houve capacidade de reparo suficiente para não comprometer as células (Marcos-Filho, 2015; Krzyzanowski *et al.*, 2022).

Durante o processo de hidratação e secagem ocorre a desestruturação das membranas celulares, que é decorrente da peroxidação dos fosfolípidios presentes em sua constituição, não haja capacidade de reparo e equilíbrio entre produção de EROs e enzimas antioxidantes, inicia-se um processo de deterioração e perda de vigor (Krzyzanowski *et al.*, 2022; Amir *et al.*, 2023; Jatana *et al.*, 2024).

Outro fator que pode estar relacionado são as características genéticas de cada procedência que podem ter influência sobre a tolerância e resposta aos tratamentos de HD. Nesse sentido, Bruce *et al.*, (2007) indicam que a passagem de sementes pelo

estresse ou ciclos de HD pode haver influência ao nível genético ou bioquímico, que ocorrem na planta após ela ser submetida ao estresse e, em consequência, futuras respostas ao mesmo evento diferem das primeiras. Os mecanismos levantados pelos autores como possíveis responsáveis são a acumulação de proteínas sinalizadoras ou fatores de transcrição e mudanças epigenéticas.

O estudo de Ferreira *et al.*, (2015), apontou haver grande variabilidade genética dentro de *A. urundeuva* devido ao efeito materno, onde as características climáticas, edáficas e ecológicas do ambiente que a planta-mãe vivencia durante a formação das sementes tem efeito primordial sobre a qualidade fisiológica das sementes formadas (Domingos e Silva, 2020).

A constituição genética e o ambiente parental, combinados, influenciam as características de longevidade, dormência e germinação das sementes. A alta diversidade genética para tais características pode implicar em vantagens no estabelecimento da espécie em ambientes favoráveis, já que uma proporção de suas sementes deve ser capaz de germinar e sobreviver em amplo espectro de condições ambientais (Long *et al.*, 2015).

Nota-se que as procedências 1 e 3 foram coletados no mesmo período, porém apresentaram resultados distintos, sendo um indicativo de que para além do tempo de armazenamento, as características da matriz de acesso podem influenciar também na resistência e tolerância ao estresse e reposta ao tratamento de HD. Além disso, a procedência 2, com um ano de armazenamento a mais que a procedência 3, apresentou melhores resultados em relação ao IVG no potencial -0,2MPa tanto no tratamento controle quanto no tratamento com um ciclo de HD.

## **15. CONCLUSÃO**

Tanto um, quanto dois ciclos de hidratação descontínua influenciaram positivamente nos parâmetros germinativos das sementes de apenas uma procedência, o lote 3, sendo o resultado positivo restrito aos potenciais 0 e -0,2MPa. O resultado indica que, em ambiente natural, os ciclos de HD para essa procedência podem não prejudicar a germinação do banco de sementes, assim como podem favorecer até certa medida de estresse hídrico. Para produção de mudas, pode-se aplicar o tratamento para promover maior tolerância ao estresse na fase de campo.

Para os lotes das procedências 1 e 2, os tratamentos de HD não diferiram estatisticamente do tratamento controle (sem HD) ou foram inferiores em potenciais osmóticos a partir de -0,2 MPa.

O resultado indica que a técnica de priming pode ser aplicada para aumentar o percentual de germinação em sementes de *A. urundeuva* sem estresse e sob estresse hídrico sendo -0,2Mpa o limite para o efeito do tratamento, contudo, pode depender da genética de procedência e qualidade fisiológica do lote, sendo necessários novos estudos comparando outras populações para determinar a eficiência da técnica.

Embora da mesma região, os lotes das procedências 1 e 3 apresentaram resultados distintos. Em características gerais, a procedência 1 comparada as outras apresentou melhores resultados nas médias dos parâmetros analisados, porém, não apresentou resposta positiva para o tratamento de HD. Já o lote da procedência 3 comparado às outras procedências não diferiu ou foi inferior nos parâmetros analisados, contudo, foi o único que respondeu positivamente aos tratamentos de HD.

Os resultados indicam que é possível haver um fator epigenético na resposta germinativa em relação ao estresse hídrico e ao estresse oxidativo promovido pela HD, porém é necessário que novas populações diferentes de *A. urundeuva*, principalmente de origem de domínios morfoclimáticos diferentes, para que se confirme a influência do fator epigenético das populações na resposta à hidratação descontínua.

## 16. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. *Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991–2020*. Recife: APAC, 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/images/webAtlas-Climatologico-do-Estado-de-Pernambuco-APAC.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ALVARADO-LÓPEZ, S. *et al.*, Priming effects on seed germination in *Tecoma stans* (Bignoniaceae) and *Cordia megalantha* (Boraginaceae), two tropical deciduous tree species. **Acta oecologica (Montrouge, France)**, v. 61, p. 65–70, 2014.

ALVES, R. M. *et al.*, Stored diaspores of *A. urundeuva* Fr. (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae) submitted to hydropriming. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

AMIR, M.; PRASAD, D.; KHAN, F. A.; KHAN, A. .; AHMAD, B.; ASTHA. Seed priming: An overview of techniques, mechanisms, and applications. **Plant Science**

**Today**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 553–563, 2024. DOI: 10.14719/pst.2828. Disponível em: <https://horizonepublishing.com/journals/index.php/PST/article/view/2828>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BARBOSA, G. V. V. *et al.*, Memória hídrica em sementes: uma revisão de literatura. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.21, n.2, p.115–126, 2024. DOI: [10.30681/rcaa.v21i2.11466](https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/11466). Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/11466>. Acesso em: 22 out. 2024.

BASKIN, C. C. e BASKIN J. M. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Amsterdam: Academic Press, 2014. 1600 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seed: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, K.H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of development germination and dormancy**. New York: Springer, 2013. 392p.

BRUCE, T. J. A.; MATTHES, M. C.; NAPIER, J. A.; PICKETT, J. A. Stressful memories of plants: evidence and possible mechanisms. *Plant Science*, v. 173, p. 603–608, 2007.

CARDOSO N. S. *et al.*, Osmocondicionamento na germinação de sementes, crescimento inicial e conteúdo de pigmentos de *Myracrodruon urundeuva fr.* Allemão. **Revista Brasileira de Biociências**, v.10 n.4 p.457-461, 2012

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Diagnóstico do município de Sertânia, estado de Pernambuco*. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 12 p. + anexos. (Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea). Disponível em: [https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16823/1/Rel\\_Sert%C3%A2ni.pdf](https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/16823/1/Rel_Sert%C3%A2ni.pdf). Acesso em: 14 abr. 2025.

DA SILVA, E. J. S. *et al.*, MEMÓRIA HÍDRICA DE SEMENTE EM ESPÉCIE FLORESTAL AMAZÔNICA COMO GARANTIA DE GERMINAÇÃO EM CONDIÇÃO DE ESTRESSE HÍDRICO. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/13970/MEM%C3%93RIA%20H%C3%84DRICA%20DE%20SEMENTE%20EM%20ESP%C3%89CIE%20FLORESTAL%20AMAZ%C3%94NICA%20COMO%20GARANTIA%20DE%20GERMINA%C3>

%87%C3%83O%20EM%20CONDI%C3%87%C3%83O%20DE%20ESTRESSE%20H%C3%84DRICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 abr. 2025.

DOMINGOS, F. R.; SILVA, M. A. P. Uso, conhecimento e conservação de *Myracrodruon urundeuva*: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.8851>.

FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, M. R. G. DE; PEREZ-MARIN, A. M. Hydropriming para a promoção da emergência e do vigor em sementes provenientes de populações do bioma Caatinga. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e17910414142, 2021.

FERREIRA, W. N. *et al.*, Effect of water stress on seedling growth in two species with different abundances: the importance of stress resistance syndrome in seasonally dry tropical forest. **Acta Botanica Brasilica**, v.29, n.3, p.375-382. (2015). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-33062014abb0045>.

FERREIRA, W. R.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Reference values for germination and emergence measurements. **Botany**, v. 100, n. 5, p. 461–471, 2022.

GOMES, D. DA S. *et al.*, CO<sub>2</sub>flux e temperatura da superfície edáfica em áreas de Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 1898–1908, 2021.

HORA, I. S.; MEIADO, M.V. Hidratação descontínua em sementes favorece a produção de mudas de *Myracrodruon urundeuva*, **Agroforestalis News**, Aracaju, v.1, n.1, set, 2016.

IPCC. Sections. In: LEE, H.; ROMERO, J. (eds.). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genebra: IPCC, 2023. p. 35–115. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

IPCC. Summary for Policymakers. In: SHUKLA, P. R. *et al.*, (eds.). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926.001.

JATANA, B. S. *et al.*, Seed priming: Molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. **Agronomy (Basel, Switzerland)**, v. 14, n. 12, p. 2901, 2024.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN W; GEIGER R. Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. dos S.; FRANÇA-NETO, J. B.. **Deterioração e vigor de sementes**. Paraná: Embrapa soja, 2022. (Circular Técnica, n. 191).

KUBALA, S. *et al.*, 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**, v. 183, p. 1–12, 2015.

LIMA, S. S. *et al.*, Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 5, p. 2500, 2022.

LONG, R. L. *et al.*, The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise: The ecophysiology of seed persistence. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 90, n. 1, p. 31–59, 2015.

LOPES, C. A. *et al.*, Sodium hypochlorite in the priming of tobacco seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 108–111, 2019.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2015. 659 p.

NASCIMENTO, J. P. B.; DANTAS, B. F.; MEIADO, M. V. Hydropriming changes temperature thresholds for seed germination of tree species from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Journal of Seed Science*, v. 43, e202143004, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43238649>.

NICOLAU, J. P. B. *et al.*, DISCONTINUOUS HYDRATION ON THE GERMINATION OF *Mimosa caesalpinifolia* AND *Pityrocarpa moniliformis* SEEDS UNDER WATER STRESS. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 555–561, 2020.

OLIVEIRA, G. M. *et al.*, Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 29-36, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n1212467>.

PIMENTEL, F. DE O.; ASSIS, W. L. ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE PETROLINA– PE ENTRE OS ANOS DE 1973-2021. **Revista de Geografia - PPGeo - UFJF**, v. 12, n. 2, p. 281–303, 2022.

RIBEIRO, E.C.G.; REIS, R. G. E.; VILAR, C. C.; VILAR, F.C.M. Physiological quality of *Urochloa brizantha* seeds submitted to priming with calcium salts. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 49, 2019.

SANTOS, C.A.; SILVA, N.V.; WALTER, L.S.; SILVA, E.C.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Germinação de sementes de duas espécies da Caatinga sob déficit hídrico e salinidade. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.36, p.219-224, 2016. <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1017/512>.

SANTOS, K. C. DOS; DANTAS, B. F. Influência da hidratação descontínua em sementes armazenadas de *Aspidosperma pyriforme* Mart. Zucc. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 5, n. 2021, 2021.

SANTOS, S. A. DOS; SANTOS, A. M. D. PANORAMA DA SUSCEPTIBILIDADE À EROÇÃO DOS SOLOS EM MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO. **REVISTA EQUADOR**, v. 10, n. 3, p. 1–25, 2021.

SCALON, S. DE P. Q.; SCALON FILHO, H.; MASETTO, T. E. Aspectos da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de aroeira. **CERNE**, v. 18, n. 4, p. 533–539, 2012.

SENIGALIA, R. L. C.; KRATZ, D.; COELHO, M. de F. B. C.; CAMILI, E. C.; ARANTES, C. R. de A.; SANTOS, A. S. R. M. dos. Restrição hídrica em teste de sanidade de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. / Water restriction in sanity test in diaspores of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 49617–49627, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-564>.

SILVA, E.A.A.; OLIVEIRA, J.M.; PEREIRA. Fisiologia de sementes. p. 15-40. In.: BARBEDO, C.J.; SANTOS JÚNIOR, N.A. (eds) Sementes do Brasil - produção e tecnologia para espécies da flora brasileira. Instituto de Botânica, São Paulo: SP, 2018.

SOUZA, Danilo Diego. Adaptações de plantas da Caatinga. São Paulo: Oficina de textos, 2020.

SUDENE. 2017. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em : <https://www.gov.br/sudene/pt-br> . Acesso em março de 2025.