

RODRIGO JOSÉ DA SILVA

**O HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES INDUZ A MEMÓRIA HÍDRICA  
EM MUDAS DE *Cenostigma pyramidale* (TUL.) GAGNON & G.P. LEWIS?**

**RECIFE**

**Pernambuco - Brasil**

**Fevereiro - 2024**

RODRIGO JOSÉ DA SILVA

**O HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES INDUZ A MEMÓRIA HÍDRICA  
EM MUDAS DE *Cenostigma pyramidale* (TUL.) GAGNON & G.P. LEWIS?**

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: Silvicultura.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Cristina Sampaio De Freitas

**Coorientador:** Prof. Dr. Marcus Vinícius Loss Sperandio

**RECIFE**  
**Pernambuco - Brasil**  
**Fevereiro - 2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586h

Silva, Rodrigo José da

O HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES INDUZ A MEMÓRIA HÍDRICA EM MUDAS DE  
*Cenostigma pyramidale* (TUL.) GAGNON & G.P. LEWIS? / Rodrigo José da Silva. - 2024.  
54 f.

Orientadora: Eliane Cristina Sampaio De Freitas.

Coorientadora: Marcus Vinicius Loss .

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Florestais, Recife, 2024.

1. Ciclos de HD. 2. Mudanças. 3. Déficit hídrico. 4. Catingueira. I. Freitas, Eliane Cristina Sampaio De,  
orient. II. , Marcus Vinicius Loss, coorient. III. Título

---

CDD 634.9

**RODRIGO JOSÉ DA SILVA**

**O HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES INDUZ A MEMÓRIA HÍDRICA  
EM MUDAS DE *Cenostigma pyramidale* (TUL.) GAGNON & G.P. LEWIS?**

**Aprovado em: 29 de fevereiro de 2024**

**Banca examinadora**

Prof. Dr. Marcone Moreira Santos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/PPGCF)

Prof. Dr. Richeliel Albert Rodrigues Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE)

**Orientadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Cristina Sampaio De Freitas  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - (UFRPE/PPGCF)

**RECIFE**  
**Pernambuco - Brasil**  
**Fevereiro - 2024**

*“Aos meus queridos pais, cujo apoio inabalável e dedicação incansável foram fundamentais para que eu pudesse alcançar este momento. Vocês são a minha luz e guia em cada passo do caminho.*

*Ao meu amado irmão Renato (in memoriam), cuja presença e apoio nos melhores momentos da vida nunca serão esquecidos. Sua memória continuará a ser fonte de inspiração e conforto em minha jornada.*

*A vocês, minha gratidão eterna.”*

## AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental - NEMA/UNIVASF, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e ao Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR pela disponibilização das sementes.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação durante o período de estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Aos meus pais por sempre me apoiarem nessa trajetória, nada seria possível sem esse apoio.

A minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Eliane Cristina Sampaio de Freitas, por toda paciência e apoio durante esses dois anos.

Ao meu coorientador Dr. Marcus Vinícius Loss Sperandio, que aceitou o convite para me acompanhar em mais essa jornada, sempre paciente e prestativo.

Agradeço especialmente a Erika e Jailson, por me ajudarem na condução do experimento e pelos ensinamentos durante todo o mestrado.

Aos grandes, Ramon e Murilo, foi um privilégio trabalhar com vocês.

A Wyllyane, por ter me auxiliado na finalização do experimento, com a confecção do mapa e toda ajuda e paciência.

SILVA, RODRIGO JOSÉ. **O HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES INDUZ A MEMÓRIA HÍDRICA EM MUDAS DE *Cenostigma pyramidale* (TUL.) GAGNON & G.P. LEWIS?** 2024. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Cristina Sampaio de Freitas. Co-orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Loss Sperandio.

## RESUMO

O hidrocondicionamento é um tipo de condicionamento fisiológico que pode produzir plântulas que apresentam melhor crescimento em condições desfavoráveis de temperatura, estresse hídrico e salinidade. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do hidrocondicionamento de sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis no crescimento e na promoção da memória hídrica em mudas submetidas ao déficit hídrico. Para isso, foi determinada a curva de embebição e de desidratação das sementes para definição do tempo de hidratação (6 horas) e o de secagem (12 horas). As sementes passaram por 0, 1, 2, e 3 ciclos de hidratação descontínua (HD) e, posteriormente foram postas para germinar em vasos com capacidade de 2,6 litros, previamente preenchidos com substrato terra de subsolo. Em seguida, foram postas 5 sementes por vaso, cobertas com uma fina camada de vermiculita. O substrato foi avaliado quanto a sua granulometria e capacidade de vaso (CV). Após a germinação e raleio, as mudas foram submetidas a regimes de irrigação: 5%, 25% e 50% da CV. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e a análise em esquema fatorial com 3 níveis de irrigação x 4 ciclos de HD. Os parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados foram: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), relação entre a altura e o diâmetro do coleto (H/DC), área foliar (AF), comprimento da raiz (CR), matéria seca total (MST), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), densidade estomática (DE), conteúdo relativo de água (CRA), índice e teor de Clorofila A, B e total, carotenoides, peróxido de hidrogênio e Malondialdeído (MDA). As sementes submetidas a três ciclos de HD produziram mudas com um maior CR, maiores valores de MSPA, MSR e MST. Um maior comprimento radicular pode aumentar a capacidade de obtenção de água e nutrientes, enquanto o acúmulo de biomassa pode determinar a taxa de sobrevivência. O teor de clorofila A, B e total foi reduzido nas mudas provenientes de sementes submetidas a três ciclos de HD, o que pode limitar o potencial fotossintético e a produção primária. Os ciclos de HD influenciaram na redução do teor de MDA das mudas produzidas, que pode ter ocorrido devido ao aumento no sistema de defesa da planta. O regime de irrigação com 50% da CV proporcionou a produção de mudas com maior incremento no DC, MSR e MST, indicando relação direta entre a disponibilidade hídrica e o acúmulo de biomassa. O regime de irrigação com 25% da CV promoveu a produção de mudas com maior teor de clorofila A e carotenoides, resultados que podem apontar maior capacidade fotossintética e melhor sistema de proteção contra espécies reativas de oxigênio (EROs). Não houve interação significativa entre os ciclos de HD e os regimes de irrigação. Os Ciclos de HD influenciam positivamente no incremento de biomassa e promovem a redução do teor de MDA. O regime de rega com 50% da CV promove maior desenvolvimento do sistema radicular e maior diâmetro do coleto, enquanto o regime de irrigação com 25% da CV influencia significativamente no teor de carotenoides e clorofila A.

**Palavras-Chave:** Ciclos de HD, Mudas, Déficit hídrico, Catingueira

SILVA, RODRIGO JOSÉ. **SEED HYDROCONDITIONING INDUCES WATER MEMORY IN SEEDLINGS *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis ?** 2024. Advisor: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eliane Cristina Sampaio De Freitas. Co-advisor: Prof. Dr. Marcus Vinícius Loss Sperandio.

### **ABSTRACT**

Hydropriming is a type of physiological conditioning that can produce seedlings that show better growth under unfavorable conditions of temperature, water stress and salinity. The present study aimed to evaluate the effects of hydropriming *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis seeds on growth and promotion of water memory in seedlings subjected to water deficit. For this, the seed imbibition and dehydration curve was determined to define the hydration time (6 hours) and drying time (12 hours). The seeds went through 0, 1, 2, and 3 cycles of discontinuous hydration (HD) and were subsequently placed to germinate in pots with a capacity of 2.6 liters, previously filled with subsoil substrate. Then, 5 seeds were placed per pot, covered with a thin layer of vermiculite. The substrate was evaluated for its particle size and vessel capacity (CV). After germination and thinning, the seedlings were subjected to irrigation regimes: 5%, 25% and 50% of CV. The experimental design was completely randomized, and the analysis was carried out in a factorial scheme with 3 irrigation levels x 4 HD cycles. The morphological and physiological parameters evaluated were: shoot height (H), stem diameter (DC), number of leaves (NF), relationship between height and stem diameter (H/DC), leaf area (AF), root length (CR), total dry matter (MST), shoot dry matter (MSPA), root dry matter (MSR), Dickson quality index (DQI), stomatal density (DE), relative content of water (CRA), index and content of Chlorophyll A, B and total, carotenoids, hydrogen peroxide and Malondialdehyde (MDA). Seeds subjected to three HD cycles produced seedlings with a higher CR, higher MSPA, MSR and MST values. Greater root length can increase the ability to obtain water and nutrients, while biomass accumulation can determine the survival rate. The content of chlorophyll A, B and total was reduced in seedlings from seeds subjected to three HD cycles, which may limit photosynthetic potential and primary production. The HD cycles influenced the reduction in the MDA content of the seedlings produced, which may have occurred due to an improvement in the plant's defense system. The irrigation regime with 50% of CV provided seedling production with a greater increase in DC, MSR and MST, indicating a direct relationship between water availability and biomass accumulation. The irrigation regime with 25% of CV promoted the production of seedlings with a higher content of chlorophyll A and carotenoids, results that may indicate greater photosynthetic capacity and a better protection system against reactive oxygen species (ROS). There was no significant interaction between HD cycles and irrigation regimes. HD Cycles positively influence the increase in biomass and promote the reduction of MDA content. The irrigation regime with 50% of the CV promotes greater development of the root system and larger root diameter, while the irrigation regime with 25% of the CV significantly influences the content of carotenoids and chlorophyll A.

**Keywords:** HD cycles, Hydroconditioning, Water deficit, Catingueira



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 <i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis.....	18
3.2 Hidrocondicionamento .....	20
3.3 Tolerância ao estresse hídrico .....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	23
4.1 Obtenção das sementes de <i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis. e superação de dormência.....	23
4.2 Curva de embebição e desidratação.....	23
4.3 Hidratação descontínua .....	24
4.4 Semeadura.....	24
4.5 Déficit hídrico .....	25
4.6 Avaliação das características morfológicas e fisiológicas das mudas..	25
4.7 Determinação dos índices e teores de Clorofila <i>A</i> , <i>B</i> e Total e carotenoides .....	27
4.8 Determinação da Concentração de Malondialdeído (MDA) .....	28
4.9 Determinação de Peróxido de Hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) .....	28
4.10 Análise Estatística.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
5.1. Curva de embebição e desidratação.....	29
5.2. Parâmetros morfológicos e fisiológicos .....	30
5.3 Teores de Clorofila <i>A</i> , <i>B</i> e Total, carotenoides e MDA.....	38
6. Conclusão.....	45
REFERÊNCIAS .....	46

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição geográfica da *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis. Fonte: Adaptado de Gaem, 2023. .... 18
- Figura 2.** Curva de embebição de sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis..... 29
- Figura 3.** Curva de desidratação de sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis..... 29
- Figura 4.** Média do comprimento radicular das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua, 120 dias após a semeadura. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclo de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos, conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )..... 31
- Figura 5.** Média da massa da matéria seca das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclo de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca da raiz; MST: matéria seca total. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). .... 32
- Figura 6.** Média da massa da matéria seca das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de retenção de água do substrato. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. MSR: matéria seca da raiz; MST: matéria seca total. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos, conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). .... 34
- Figura 7.** Média do incremento de diâmetro do coleto das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, submetidas a diferentes regimes de

irrigação conforme a capacidade de retenção de água do substrato. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )..... 35

**Figura 8.** Média do número de folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de vaso. .... 37

**Figura 9.** Média do teor de clorofila A, B e total em folhas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclos de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )..... 38

**Figura 10.** Média do teor de clorofila A nas folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de vaso..... 39

**Figura 11.** Média do teor de carotenóides nas folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclos de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )..... 41

**Figura 12.** Média do teor de Malondialdeído nas folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclos de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e

desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )..... 42

**Figura 13.** Matriz de correlação de Pearson entre caracteres morfológicos e fisiológicos de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua e submetidas a diferentes regimes de irrigação. Os espaços em branco indicam que não há correlação significativa entre as variáveis ( $\alpha=0,05$ ). H: altura, AF: área foliar, DE: densidade estomática, MSR: matéria seca da raiz, MSPA: matéria seca da parte aérea, MST: matéria seca total, DC: diâmetro do coleto, CR: comprimento radicular, IQD: índice de qualidade de Dickson, CA: índice de clorofila A, CB: índice de clorofila B, TCA: teor de clorofila A, TCB: teor de clorofila B, TCT: teor de clorofila total, CAR: carotenoides. .... 44

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Resumo das medidas mínima, média e máxima dos parâmetros avaliados nas mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua e diferentes regimes de irrigação, que não apresentaram diferença estatística significativa de acordo com os fatores de variação. Altura, Area foliar, conteúdo relativo de água, Densidade estomática, Altura/Diâmetro do coleto, índice de qualidade de Dickson.....30

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância dos parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados nas mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua e diferentes regimes de irrigação.....30

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

EROs	-	Espécies Reativas de Oxigênio
CV	-	Capacidade de vaso
H	-	Altura da parte aérea
DC	-	Diâmetro do coleto
NF	-	Número de folhas
H/DC	-	Relação entre altura e diâmetro do coleto
AF	-	Área foliar
CR	-	Comprimento da raiz
MST	-	Matéria seca total
MSPA	-	Matéria seca da parte aérea
MSR	-	Matéria seca da raiz
IQD	-	Índice de qualidade de Dickson
DE	-	Densidade estomática
CRA	-	Conteúdo relativo de água
BOD	-	Câmara de Demanda Bioquímica de Oxigênio
PF	-	Peso fresco
PS	-	Peso seco

## 1. INTRODUÇÃO

O desmatamento é uma problemática que vem impactando os biomas brasileiros ao longo dos anos. De acordo com Azevedo *et al.* (2023), no ano de 2022 a Amazônia foi o bioma que apresentou a maior área desmatada, cerca de 1.192.635 ha, seguida do Cerrado (659.670 ha), Caatinga (140.637 ha), Mata Atlântica (30.012 ha), Pantanal (31.211 ha) e Pampa (3.087 ha). Considerando todo o território nacional, a área total desmatada foi de 2.057.251 ha, uma variação de 22,3% em relação ao ano de 2021.

Dentre os biomas citados, vale destacar a Caatinga, o principal ecossistema/bioma da região Nordeste, que engloba os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e norte de Minas Gerais (IBGE, 2019; Ministério do Meio Ambiente, 2022). A área ocupada pela Caatinga equivale a 10,1% do território nacional (IBGE, 2019), onde vivem cerca de 28,6 milhões de pessoas (Silva *et al.*, 2017). A Caatinga apresenta grande riqueza de ambientes e espécies, podendo ser considerado o bioma semiárido mais biodiverso do mundo, mas que, já teve cerca de 80% de seus ecossistemas originais alterados devido ao desmatamento e as queimadas (Ministério do Meio Ambiente, 2022). A vegetação nativa tem sido substituída por pastagem e cultivos agrícolas, prejudicando a manutenção dos animais silvestres, qualidade da água, equilíbrio do clima e do solo, perda de espécies vegetais, interrupção de processos ecológicos, e a formação de eixos de desertificação em diversos níveis na região (Leal *et al.*, 2003; Ministério do Meio Ambiente, 2022).

Dentre as espécies vegetais encontradas na Caatinga e que apresenta bom potencial para recuperar áreas degradadas, é possível destacar a *Cenostigma pyramidale* (Queiroz, 2009), conhecida popularmente como catingueira, catingueira-de-porco, pau-de-rato, canela-de-velho, catingueira-verdadeira (Matias *et al.*, 2017). As folhas e vagens novas desta espécie são ricas em proteína e podem ser utilizadas como alimento para os animais (Drumond *et al.*, 2016). Na medicina popular, as raízes são utilizadas para tratamentos da coluna, enquanto as folhas, flores e cascas servem para o tratamento de doenças digestivas, gripe e como antitérmico, e a madeira pode ser utilizada como lenha, estacas, mourões ou para produção de carvão (Drumond *et al.*, 2016).

Apesar da *C. pyramidale* apresentar um rápido crescimento (Queiroz, 2009), a recuperação de áreas degradadas por meio do plantio de mudas, tem seu sucesso atrelado ao bom desempenho das mudas utilizadas (Luca *et al.*, 2010). A qualidade das mudas é reflexo do uso de sementes que apresentam boa qualidade genética (Ferraz e Angel, 2011), e as características genéticas da espécie e fatores ambientais influenciam na qualidade das sementes (Ligterink *et al.*, 2012).

Apesar da qualidade das sementes estar atrelada a fatores genéticos e ambientais, algumas técnicas podem ser utilizadas para o revigoramento dessas sementes, como, por exemplo, o hidrocondicionamento, também denominado de *hydropriming*. Esta técnica, além de alterações bioquímicas, pode promover melhorias nos parâmetros de germinabilidade como: percentual de germinação, uniformidade, velocidade de germinação, reduzir os efeitos negativos do estresse salino, conferir aumento na tolerância a estresses ambientais, promover longevidade as sementes e vigor as mudas de diversas espécies, como, por exemplo, *Parkia pendula* (Willd) Benth. ex. Walp., *Piptadenia moniliformis* Benth., *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) (Pinedo e Ferraz, 2008; Hora e Meiado, 2016; Silva *et al.*, 2019; Ramalho *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2021).

Dentre os diversos tipos de condicionamento de sementes (Hasanuzzaman e Fotopoulos, 2019), o “*hydropriming*” ou hidrocondicionamento é um dos principais tipos de condicionamento utilizados (Bewley *et al.*, 2013; Ramalho *et al.*, 2020). Este tipo de condicionamento fisiológico consiste na embebição das sementes em água ou substratos umedecidos, cujo objetivo é a ativação de processos metabólicos essenciais à germinação, como, por exemplo, a respiração, a transcrição e a tradução, mas sem que ocorra a protusão da raiz primária (Araújo *et al.*, 2011; Taiz *et al.*, 2017).

Naturalmente, o processo de embebição das sementes pode ser interrompido a depender do ambiente onde ela é dispersa, e a semente pode perder a água absorvida para o solo seco, promovendo assim ciclos de hidratação descontínua (ciclos de HD) (Meiado, 2013). Os ciclos de ganho e perda de água podem alterar a velocidade de germinação, percentual de germinação e taxa de sobrevivência das plântulas (Dubrovsky, 1996; Dubrovsky, 1998). De acordo com Dubrovsk (1996), a hidratação descontínua pode ser responsável por promover mudanças internas na



semente durante o processo de germinação, mudanças que podem ser acumuladas e conservadas, ou “memorizadas”.

As sementes que passam por ciclos de HD podem produzir plântulas que apresentam melhor crescimento em condições desfavoráveis de temperatura, estresse hídrico e salinidade (Li *et al.*, 2017). Outro benefício promovido por ciclos de HD é o aumento nos teores das proteínas de reserva (globulina e prolamina) nas sementes, o que pode proporcionar maior disponibilidade às plântulas em caso de germinação, implicando em um desenvolvimento mais acelerado e maior vigor (Aragão *et al.*, 2002). A síntese de novas proteínas pode ser regulada pela utilização dessa técnica de condicionamento, assim como a produção de enzimas para o metabolismo dessas proteínas também pode ser influenciada positivamente (Hussain *et al.*, 2019; Ferreira e Marin, 2022).

A *C. pyramidale* é uma espécie que apresenta rápido crescimento, é indicada para recuperação de áreas degradadas, pode ser utilizada para alimentação dos animais e apresenta propriedades medicinais (Queiroz, 2009; Drumond *et al.*, 2016). Em ambiente de Caatinga as mudas desta espécie podem sobreviver por até 40 dias sem chuva (Silva *et al.*, 2017), possivelmente a técnica de hidrocondicionamento proporcione melhorias nos parâmetros de desenvolvimento das mudas de *C. pyramidale* em condições de déficit hídrico. Desta forma, o presente trabalho avaliou parâmetros morfológicos e fisiológicos de mudas de *C. pyramidale* submetidas a déficit hídrico e oriundas de sementes hidrocondicionadas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar se o hidrocondicionamento de sementes de *C. pyramidale* influencia o crescimento e a promoção da memória hídrica em mudas submetidas ao déficit hídrico.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a curva de embebição e desidratação das sementes de *C. pyramidale*;
- Avaliar a influência do hidrocondicionamento no crescimento e desenvolvimento das mudas de *C. pyramidale* submetidas a diferentes regimes hídricos;
- Analisar os efeitos dos ciclos de HD e diferentes níveis de irrigação nos índices e teores de clorofila, peróxido de hidrogênio e malondialdeído;
- Verificar a ocorrência de memória hídrica em *C. pyramidale* submetidas ao hidrocondicionamento.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis

A *C. pyramidale* é uma espécie com forma de vida arbustiva a arbórea, nativa e endêmica do Brasil, que ocorre principalmente em solos arenosos, mas adapta-se bem a muitos tipos de solo, mesmo aqueles com baixa disponibilidade em nutrientes (Maia, 2012; Gaem, 2023). Pertencente à família Fabaceae e ao gênero *Cenostigma*, a espécie pode ser encontrada nas regiões Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Sergipe) e Sudeste (Minas Gerais), com possível ocorrência na região Centro-Oeste (Goiás), sendo uma espécie de ampla dispersão no semiárido do Nordeste (Figura 1) (Maia, 2012; Gaem, 2023). O domínio fitogeográfico de ocorrência é do tipo Caatinga (*stricto sensu*), mas também ocorre em ambientes de vegetação do tipo Floresta Ombrófila (Floresta Pluvial) e Savana Amazônica, (Maia, 2012; Gaem, 2023).



**Figura 1.** Distribuição geográfica da *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis. Fonte: Adaptado de Gaem, 2023.

O gênero *Cenostigma* é composto no Brasil por dez espécies e cinco variedades, que tem como característica a presença de vagens robustas com as

margens espessadas, diferindo na composição foliar e indumento (Gaem, 2023). A *C. pyramidale* apresenta troncos múltiplos, sem espinhos ou acúleos, que podem servir de abrigo para abelhas silvestres, outros insetos, pequenos animais e pássaros (Queiroz, 2009; Maia, 2012). É uma espécie auto incompatível, a formação dos frutos ocorre apenas com a polinização cruzada (Leite e Machado, 2009). Além disso, a espécie possui copa aberta e irregular, nas várzeas úmidas pode atingir mais de dez metros de altura e diâmetro de até 50 cm, enquanto no semiárido se reduz a arbustos de menos de dois metros de altura e poucos centímetros de diâmetro (Maia, 2012). Esta espécie pioneira, regenera com facilidade em caso de corte raso, sendo uma das primeiras a rebrotar após as primeiras chuvas, apresentando um rápido crescimento e grande potencial para colonização de áreas degradadas, mas não é tolerante ao fogo (Lorenzi, 2009; Queiroz, 2009; Maia, 2012).

No início das chuvas, as folhas novas de coloração rosada são consumidas pelos animais e, posteriormente, quando se tornam verdes e adquirem cheiro desagradável passam a ser rejeitadas (Nascimento *et al.*, 2002; Maia, 2012). Durante o período seco as folhas secas caídas ao chão são muito apreciadas pelos animais, chegando a fazer parte de 85% da dieta dos caprinos (Nascimento *et al.*, 2002). A espécie pode ser manejada por meio da poda para a produção de forragem que, além de volumosa, apresenta composição química adequada para a alimentação animal e é apreciada por muitos animais domésticos, inclusive os equinos e asininos (Maia, 2012; Santos *et al.*, 2020;).

A madeira da *C. pyramidale* apresenta alta resistência ao apodrecimento, sendo bastante utilizada na construção de casas, cercas, como lenha no uso doméstico e é uma das madeiras preferidas para queimar cerâmica (Francelino *et al.*, 2003; Lorenzi, 2009; Maia, 2012). As folhas, flores e casca são utilizadas na medicina popular para tratar problemas respiratórios, intestinais, hepatite e anemia. Além disso, é utilizada também no tratamento de verminoses de animais domésticos (Maia, 2012).

### 3.2 Hidrocondicionamento

Ao longo de todo o ano frutos são produzidos na Caatinga, e as sementes dispersas, caso não sejam predadas, podem permanecer no solo até encontrar condições favoráveis de germinação, caso a dispersão ocorra no início da estação chuvosa, este tempo de espera pode ser de algumas semanas, mas caso ocorra no início da estação seca, pode ser de alguns meses (Meiado *et al.*, 2012).

As sementes são dispersas com baixo teor de água, e o processo germinativo é iniciado com baixa disponibilidade hídrica e sob estresse (Nascimento e Meiado, 2021). A água é o fator ambiental mais essencial necessário para a germinação (Bewley *et al.*, 2013), mas em ambientes semiáridos fica disponível no solo por um curto espaço de tempo, devido a baixa precipitação e altas taxas de evaporação (Nascimento e Meiado, 2021).

Devido a esta disponibilidade hídrica descontínua, ocorrem naturalmente ciclos de hidratação e desidratação (Ciclos de HD), que podem ser considerados um *priming* natural de sementes nesses ambientes (Dubrovsky, 1996; Rito *et al.*, 2009; Nascimento e Meiado, 2021). A medida que o processo germinativo foi melhor compreendido, desenvolveram-se métodos com a finalidade de melhorar o desempenho das sementes (Bewley *et al.*, 2013). De acordo com o mesmo autor, dentre os métodos desenvolvidos, um dos mais utilizados é o *priming* de sementes, ou pré- hidratação de sementes, para promover o metabolismo germinativo.

O *priming* ou hidrocondicionamento é uma técnica simples e de baixo custo, que consiste em embeber as sementes em água por um determinado tempo, que varia de acordo com o tempo de protusão da radícula de cada espécie, com ou sem aeração, seguido da secagem superficial ou desidratação das sementes até o peso seco inicial, antes da sementeira (Bewley *et al.*, 2013; Sher *et al.*, 2019). Este tratamento melhora a velocidade e uniformidade de germinação e emergência das plântulas, podendo também melhorar o estabelecimento da planta sob condições de estresse (Bewley *et al.*, 2013).

O *priming* de sementes é baseado no potencial hídrico, quando o potencial do meio de embebição é reduzido por meio do uso de soluções osmóticas ou a quantidade de água fornecida as sementes é reduzida, a protusão da radícula é interrompida, mas parte do metabolismo germinativo que ocorre na fase II continua,

como, por exemplo, reparo do DNA, degradação dos RNAm armazenados, transcrição e tradução de novas proteínas (Bewley *et al.*, 2013).

A hidratação descontínua pode também ser responsável pela “memória hídrica” das sementes, termo que se refere a capacidade da semente em conservar as mudanças fisiológicas que ocorrem durante a embebição, mesmo durante o período de desidratação (Dubrovsk, 1996). Em ambiente semiárido onde a ocorrência das chuvas é irregular, a memória hídrica pode facilitar a germinação, a baixa precipitação pode não ser suficiente para completar a germinação, mas com uma precipitação subsequente, a semente pode concluir o processo germinativo (Dubrovck, 1996; Teixeira, 2010).

### **3.3 Tolerância ao estresse hídrico**

No ambiente de Caatinga ocorrem duas estações climáticas, a época chuvosa e a seca, o período chuvoso pode durar de 2 a 4 meses, e o período seco de 8 a 10 meses por ano (Santos *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2023). Em grande parte do bioma o clima semiárido predomina, com temperatura média de 25° C a 30° C e precipitação de 400 a 1200 mm anuais (Tabarelli, *et al.*, 2018).

A irregularidade das chuvas associada as elevadas temperaturas, são responsáveis por altas taxas de deficiência hídrica para as plantas nas regiões semiáridas (Teixeira, 2010; Taiz *et al.*, 2017). Esse déficit hídrico, um estresse abiótico, afeta a planta em vários níveis de sua organização (Srivastava e Srivastava, 2014), podendo desempenhar um importante papel na distribuição das espécies vegetais nos diferentes tipos de ambiente (Souza *et al.*, 2023).

A ocorrência de estresse abiótico afeta de forma negativa o crescimento e produtividade das plantas, levando também a alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares (Hussain *et al.*, 2018). Dentre os parâmetros ambientais abióticos que influenciam no crescimento e desenvolvimento vegetal, a água é o mais limitante (Taiz *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2023). O déficit hídrico pode afetar o tamanho da planta, reduzir o incremento de biomassa na parte aérea e raiz, promover redução no teor total de clorofila, reduzir o teor relativo de água e levar a abscisão foliar (Souza *et al.*, 2020).

As plantas da Caatinga geralmente apresentam folhas pequenas, que são perdidas durante a estação seca, estratégias adaptativas que reduzem a perda de água por transpiração (Moura *et al.*, 2016). Segundo o mesmo autor, algumas espécies vegetais estocam água no caule e nas folhas. De acordo com Santos *et al.* (2014), espécies que apresentam menor densidade de madeira conseguem reter mais água, o que resulta em menor variação do potencial hídrico foliar ao longo do ano.

A capacidade de manutenção do turgor celular por períodos mais longos, é uma característica crítica e importante em condições semiáridas, pois permite diferenciar a tolerância e a taxa de crescimento entre as espécies (Santos *et al.*, 2014). A condutância hidráulica do caule das árvores decíduas é significativamente maior quando comparada a das árvores perenes, e esta diferença pode ser atribuída a pressão de seleção promovida pela estação seca, que estimula as plantas a utilizarem de estratégias de uso da água e se adaptarem ao ambiente seco (Fu *et al.*, 2012).

As alterações comportamentais no vegetal provocadas pela deficiência hídrica, tem sua irreversibilidade dependente do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (Santos e Carlesso, 1998). Alterações morfoanatômicas e hidráulicas, controle estomático, eficiência fotossintética, redução no tamanho das células epidérmicas, espessamento da parede, espessamento da cutícula, variação na densidade estomática, manutenção do metabolismo foliar através de mecanismos fotoprotetores e alta eficiência no uso da água, são estratégias de tolerância às condições de déficit hídrico apresentadas pelas plantas de ambiente seco (Souza *et al.*, 2014; Vieira *et al.*, 2017; Souza *et al.*, 2023).

Outras estratégias desenvolvidas pelas plantas permitem regular rapidamente sua fisiologia e metabolismo através de processos biológicos (Souza *et al.*, 2023). Em condições de déficit hídrico, as plantas ajustam o conteúdo de açúcar, proteínas, aminoácidos, clorofila e carotenóides, como forma de proteger as células (Souza *et al.*, 2020). O aumento de carboidratos, por exemplo, contribui no ajuste osmótico, enquanto os carotenóides irão atuar no combate à peroxidação lipídica (Vieira *et al.*, 2017). A atividade das enzimas antioxidantes Catalase (CAT), Ascorbato Peroxidase (APX) e Superóxido Dismutase (SOD), que atuam na

inativação de espécies reativas de oxigênio (EROs), também pode ser aumentada em condições de estresse hídrico (Taiz *et al.*, 2017; Vieira *et al.*, 2017).

O sucesso do crescimento das plantas em ambiente de escassez hídrica, está atrelado a estas diversas características, que contribuem para a aquisição de tolerância ao déficit hídrico, mas que mesmo combinadas, ainda são dependentes das condições ambientais (Souza *et al.*, 2023).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Obtenção das sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis. e superação de dormência**

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco. As sementes de *C. pyramidale* foram doadas pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). A superação da dormência tegumentar foi feita por meio de escarificação manual das sementes com lixa para massa n. 80 no lado oposto ao hilo (Alves *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2011).

### **4.2 Curva de embebição e desidratação**

Para determinar a curva de embebição, foram utilizadas 100 sementes, divididas em 4 repetições de 25 sementes e peso conhecido. A hidratação das sementes ocorreu em caixas do tipo gerbox, utilizando-se como substrato duas folhas de papel germitest®, umedecidas com água destilada. A quantidade de água utilizada foi equivalente a 2,5 vezes o peso do papel (Brasil, 2009). As caixas gerbox juntamente com as sementes foram acondicionadas em câmara de Demanda Bioquímica de Oxigênio (B.O.D.), regulada com temperatura de  $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas. A pesagem das sementes ocorreu em intervalos de 2 horas nas primeiras 12 horas e, posteriormente, a cada 12 horas, até a protusão da raiz primária em 50 % das sementes (Araujo *et al.*, 2018). A estimativa da embebição se deu pela variação da biomassa das sementes nos intervalos avaliados até a conclusão das 3 fases (Freitas *et al.*, 2021). Com o estabelecimento



da curva de embebição para a espécie, foi selecionado um ponto na curva, denominado de tempo (X), que corresponde a  $\frac{1}{2}$  da fase I do processo de embebição (Lima *et al.*, 2018).

Para determinar a curva de desidratação, foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes, totalizando 100 sementes. A hidratação das sementes ocorreu em caixas do tipo gerbox, utilizando-se como substrato duas folhas de papel germitest<sup>®</sup>, umedecidas com água destilada. A quantidade de água utilizada foi equivalente a 2,5 vezes o peso do papel (Brasil, 2009). As sementes foram retiradas do contato com a água no tempo X, colocadas para secar em dessecador e pesadas em balança analítica em intervalos de 1 hora, até atingirem o peso constante (variação de peso inferior a 0,01g), sendo este um indicativo de que as sementes atingiram equilíbrio higroscópico (Silva *et al.*, 2016).

#### **4.3 Hidratação descontínua**

Com o tempo de hidratação (X) selecionado a partir da curva de embebição, e o tempo de secagem, determinado a partir da curva de desidratação, 60 sementes por tratamento, foram submetidas a 0, 1, 2, e 3 ciclos de hidratação descontínua (ciclos de HD), ou seja, ciclos de hidratação e secagem. O experimento foi iniciado com o tratamento de 3 ciclos de HD, para que ao final as sementes de todos os tratamentos pudessem ser colocadas para germinar ao mesmo tempo (Lima e Meiado, 2018).

#### **4.4 Semeadura**

Para a semeadura o substrato utilizado foi do tipo terra de subsolo, caracterizado quanto a granulometria e capacidade de vaso (CV). A análise granulométrica foi realizada no Laboratório de Química do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Para a realização da análise granulométrica foi seguida a metodologia de Donagemma *et al.*, (2011), usando quatro duplicatas de 20 g de substrato (terra fina seca ao ar). Os resultados mostraram um substrato constituído por 82,4 % de areia, 6,3 % de silte e 11,3 % de argila. A determinação da CV foi realizada por meio do método da mesa de tensão

(Teixeira e Bhering, 2017), no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

As sementes foram postas para germinar em vasos com capacidade de 2,6 litros, previamente preenchidos com substrato terra de subsolo. Em seguida foram postas 5 sementes por vaso, cobertas com uma fina camada de vermiculita para manutenção da umidade.

#### **4.5 Déficit hídrico**

O delineamento experimental utilizado para avaliar o déficit hídrico foi o inteiramente casualizado, e a análise em esquema fatorial com 3 níveis de irrigação baseados na CV (5 %, 25 % e 50 %) x 4 ciclos de HD (0, 1, 2, 3), totalizando 12 tratamentos com 4 repetições cada. Durante os primeiros 30 dias após a semeadura, foi realizada irrigação manual diariamente sem considerar a CV. Após esse período foi feito o raleio, mantendo-se apenas a planta mais vigorosa e mais central em todos os vasos. A irrigação diária foi mantida por mais 20 dias para aclimação da planta mantida no vaso, quando foram coletados os dados referentes à altura (cm), diâmetro do coleto (mm), número de folhas, índices de clorofila A e B, e iniciado o regime de irrigação conforme a CV.

#### **4.6 Avaliação das características morfológicas e fisiológicas das mudas**

O experimento foi finalizado aos 35 dias após o estabelecimento da irrigação com base na CV. Os parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados foram: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), relação entre a altura e o diâmetro do coleto (H/DC), área foliar (AF), comprimento da raiz principal (CR), matéria seca total (MST), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), densidade estomática (DE), conteúdo relativo de água (CRA), índice e teor de clorofila A, B e total, peróxido de hidrogênio, carotenoides e Malondialdeído (MDA). A avaliação da altura e diâmetro do coleto foi feita conforme o incremento, considerando a avaliação no início do regime de irrigação e outra ao final do experimento (85 dias após a semeadura).

O número de folhas foi obtido a partir da contagem direta e periódica (a cada sete dias) das folhas totalmente expandidas. A primeira contagem ocorreu no início do regime de irrigação e a última ao término do experimento (Carvalho *et al.*, 2006).

Para a determinação da área foliar, as folhas foram destacadas e distribuídas sobre uma folha de papel branco tamanho A4. Em seguida, a amostra foi fotografada com câmera digital fixada a 20 cm sobre a amostra no modo sem flash. Por fim, as imagens foram processadas no programa Image J, para obtenção da área foliar (Araújo *et al.*, 2018).

A determinação do CR foi feita com auxílio de régua milimetrada. Após a retirada da planta inteira do vaso, foi realizada a secção para separação da parte aérea. O sistema radicular foi lavado em água corrente sobre uma peneira para retirada do excesso de substrato, e em seguida, medida desde a região do corte até a extremidade da raiz principal.

Para obtenção da MSPA, as mudas seccionadas na região do coleto, foram separadas em parte aérea e sistema radicular, e colocadas em sacos de papel *Kraft* para secagem. As folhas utilizadas para obtenção da AF e os discos foliares utilizados para obtenção do CRA, foram adicionadas aos sacos de papel em seus respectivos tratamentos e repetições. A secagem foi realizada em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 70 °C ± 1°C por um período de 72 h. Após esse período, o material foi retirado da estufa e colocado em recipiente fechado contendo sílica gel, para evitar a absorção de umidade do ar até o resfriamento, e por fim, pesado em balança analítica. Durante o processo de pesagem, o material vegetal retirado do recipiente foi pesado imediatamente, sem a embalagem de papel (Araújo *et al.*, 2018). O mesmo procedimento foi realizado para a obtenção da MSR. A MST foi obtida pelo somatório da MSPA e MSR.

O IQD foi calculado a partir da seguinte equação (Dickson *et al.*, 1960):

$$IQD = \frac{MST}{\left[\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)\right]}$$

A avaliação da densidade estomática foi realizada conforme a técnica da impressão da epiderme. Uma gota de adesivo instantâneo universal (éster de cianoacrilato) foi posta sobre uma lâmina de vidro, a região de interesse do folíolo pressionada sobre a lâmina por aproximadamente 10 segundos, tempo necessário para que o adesivo espalhe e seque o suficiente, permitindo a separação do folíolo

da lâmina e a impressão da epiderme (Segatto *et al.*, 2004). As lâminas confeccionadas foram mantidas em temperatura ambiente até a avaliação em microscópico óptico, onde foram capturadas imagens das impressões da epiderme.

O conteúdo relativo de água (CRA) consistiu na retirada de discos de aproximadamente 1 cm de diâmetro, usando furador de papel. A nervura principal dos folíolos foi evitada, e a posição escolhida para retirada das folhas foi no terço médio da planta, visando as folhas maduras, que não apresentavam o brilho característico das folhas jovens e nem o aspecto amarelado e “espesso” normalmente característico das folhas velhas. Foram tiradas 3 folhas por planta, das quais foram confeccionados 10 discos, totalizando 480 discos. Os discos foram levados imediatamente para o laboratório e pesados em balança analítica com precisão de 0,001 g, para obtenção do peso fresco (PF). Após a pesagem, o material vegetal de cada planta foi mantido em recipientes individuais juntamente com 10 ml de água destilada por aproximadamente 24 horas. Posteriormente, os discos foram retirados da água, secos em papel toalha para remoção do excesso de água, e pesados novamente para a obtenção do peso túrgido (PT). Para obtenção do peso seco, o material vegetal foi colocado em sacos de papel e mantidos em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 92 °C ± 1°C por cerca de 24h. Após esse período, os discos foliares foram pesados novamente para auferir o peso seco (PS). Com os dados do peso fresco, peso túrgido e peso seco foi calculado o CRA, conforme a equação (Weatherley, 1949):

$$CRA = \left( \frac{PF - PS}{PT - PS} \right) \times 100$$

#### **4.7 Determinação dos índices e teores de Clorofila A, B e Total e carotenoides**

A aferição dos índices de clorofilas A, B e total (A+B) foi realizada a cada 7 dias a partir do início do regime de irrigação utilizando-se o clorofilômetro ótico portátil clorofiLOG<sup>®</sup> (modelo CFL 1030). O aparelho utiliza 3 faixas de frequência de luz na medição, que permite uma análise detalhada, considerando a presença de clorofilas do tipo A e B (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA, 2008). Os teores de clorofila total e carotenoides foram determinados conforme descrito por Bezerra Neto e Barreto (2011). Na análise do teor de clorofila foram utilizadas quatro

repetições técnicas, retiradas de uma amostra compostas pelas folhas das mudas de cada tratamento.

#### **4.8 Determinação da Concentração de Malondialdeído (MDA)**

Foi macerado 200 mg de material vegetal da folha em 2 ml de ácidotricloroacético (TCA) 0,1%. Após maceração, o material foi centrifugado a 10.000rpm x g por 15 minutos, e coletado 500 µL do sobrenadante em um tubo de vidro com tampa contendo 1,5 mL de ácido tiobarbitúrico 0,5 em TCA 20% (preparado somente durante o uso). A amostra foi mantida em banho-maria por 30 minutos a 95 °C e, depois, as amostras submetidas a um rápido resfriamento em gelo e centrifugada a 13.000 x g por 4 minutos. Em seguida, as amostras foram deixadas em temperatura ambiente por 30 minutos. As leituras foram feitas utilizando aparelho espectrofotômetro com comprimento de onda 535 e 600 nm (Heath e Packer, 1968).

Na análise da concentração de MDA foram feitas duplicatas de uma amostra composta pelas folhas das mudas de cada tratamento.

#### **4.9 Determinação de Peróxido de Hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)**

Usando o extrato para determinação do MDA, foi coletado 200 µL do sobrenadante para um microtubo, com adição de 800 µL de Iodeto de potássio e 200 µL de tampão fosfato. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda 390 nm (Loreto e Velikova, 2001), utilizando-se cubetas de acrílico. Foi feito a determinação do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> com o método de referência em espectrofotômetro, que depois foi feita a transformação em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> usando a curva padrão conforme descrito por Alexieva *et al.* (2001).

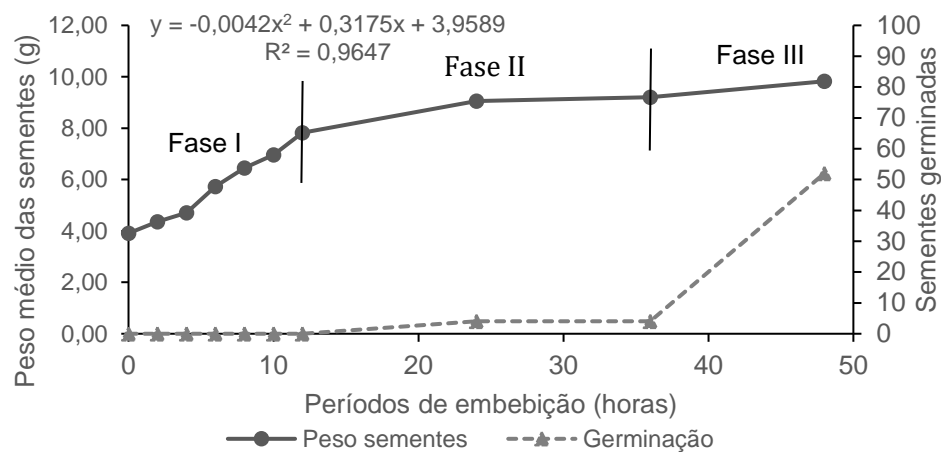
#### **4.10 Análise Estatística**

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado e os resultados submetidos à análise de variância, teste de média e correlação com o uso do programa RStudio (R core team, 2023). Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

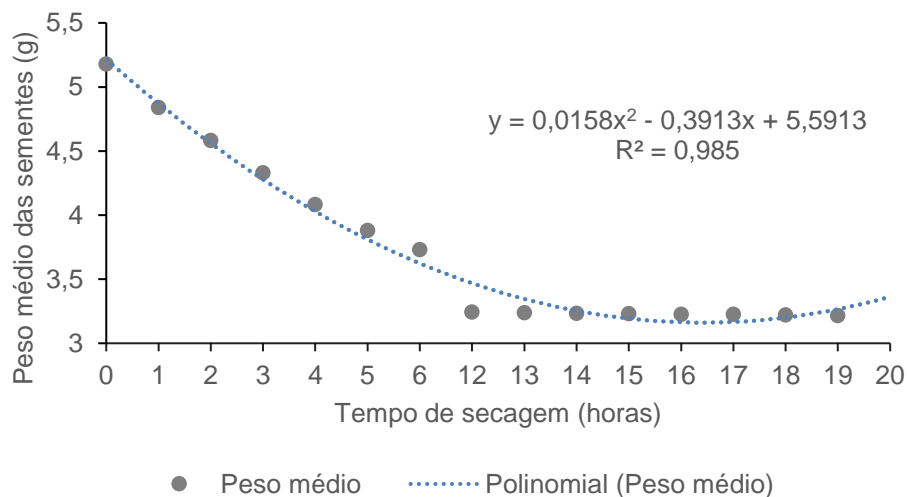
### 5.1. Curva de embebição e desidratação

A curva de embebição para *C. pyramidale* apresentou padrão trifásico (Figura 2), com a germinação iniciando 24 horas após o início da hidratação das sementes, e ultrapassando 50 % das sementes germinadas após 48 horas.



**Figura 2.** Curva de embebição de sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis.

A metade do tempo necessário para que a semente concluísse a primeira fase da curva de embebição (tempo X) foi de 6 horas, e o tempo de secagem das sementes até atingirem peso constante foi de 12 horas (Figura 3).



**Figura 3.** Curva de desidratação de sementes de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis.

## 5.2. Parâmetros morfológicos e fisiológicos

Os ciclos de HD e os regimes de irrigação não exerceram influência significativa ( $p > 0,05$ ) sobre os parâmetros: altura (H), área foliar (AF), conteúdo relativo de água (CRA), densidade estomática (DE), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD), os valores médio, mínimo e máximo estão resumidos a seguir (Tabela 1).

**Tabela 1:** Resumo das medidas mínima, média e máxima dos parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados nas mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua e diferentes regimes de irrigação, que não apresentaram diferença estatística significativa de acordo com os fatores de variação.

Parâmetros	Mínima	Média	Máxima
Altura	12,8	19,1	26,5
Área foliar	287,04	535,72	770,01
Conteúdo relativo de água	-1,62	-1,33	-1,04
Densidade estomática	14	24,94	36
Altura/Diâmetro do coleto	5,19	7,92	13,15
Índice de qualidade de Dickson	0,65	1,34	2,20

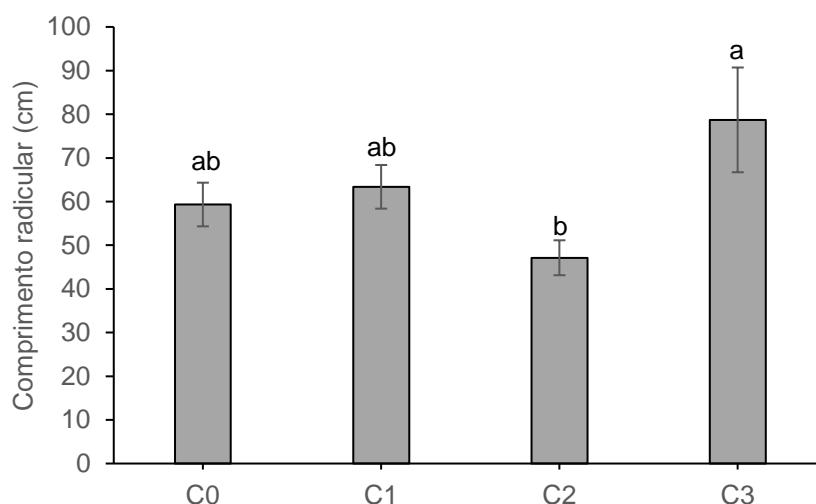
Os ciclos de HD apresentaram significância ( $p < 0,05$ ) sobre os parâmetros: comprimento da raiz principal (CR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca total (MST), teor de clorofila A, B, total, carotenoides e MDA. Os regimes de irrigação foram significativos para o diâmetro do coleto (DC), MSR, MST, teor de clorofila A e carotenoide (Tabela 1). A interação entre os fatores de variação não apresentou diferença estatística para nenhum dos parâmetros avaliados.

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância dos parâmetros morfológicos e fisiológicos avaliados nas mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua e diferentes regimes de irrigação.

Parâmetros	P-valor		
	Fator de variação		
	Ciclos de HD	Irrigação	Ciclos:Irrigação
Comprimento radicular	0,04	0,61	0,76
Matéria seca da parte aérea	0,03	0,06	0,51
Matéria seca da raiz	0,02	P<0,01	0,70
Matéria seca total	0,03	0,01	0,48
Diâmetro do coleto	0,07	P<0,01	0,09
Teor de clorofila A	p<0,01	0,01	0,45
Teor de clorofila B	0,01	0,31	0,83

Teor de clorofila total	P<0,01	0,06	0,61
Carotenoide	0,63	0,03	0,07
Malondialdeído	0,05	0,22	0,14

As maiores médias para o CR foram observadas nas mudas provenientes de sementes submetidas a 3 ciclos de HD. O comprimento radicular foi aproximadamente 50 % maior nas mudas produzidas a partir de sementes que passaram por 3 ciclos de HD, em comparação com aquelas originadas de sementes submetidas a 2 ciclos de HD, e cerca de 28 % maior do que nas mudas originadas de sementes não hidrocondicionadas (Figura 4).



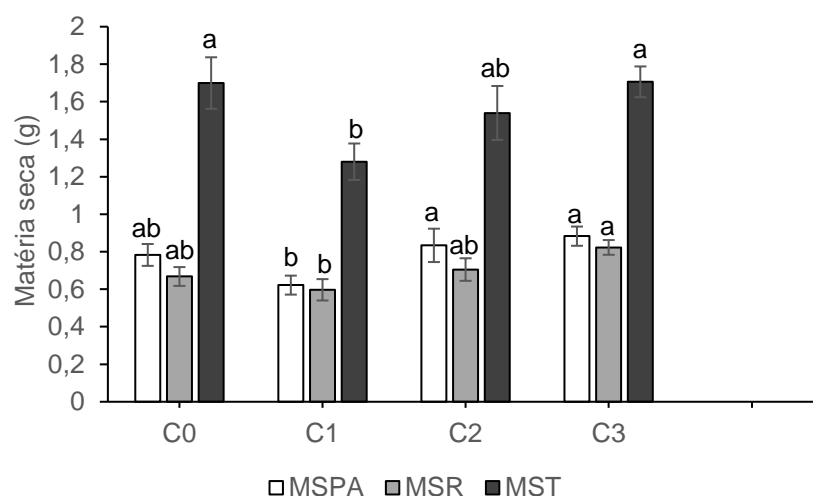
**Figura 4.** Média do comprimento radicular das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua, 120 dias após a semeadura. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclo de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos, conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

A produção de um sistema radicular extenso aumenta a capacidade de obtenção de água e nutrientes minerais do solo (Taiz *et al.*, 2017), sendo assim, uma vantagem competitiva em ambientes onde a disponibilidade de recursos necessários para o desenvolvimento é limitado, que pode possibilitar uma maior taxa de sobrevivência em campo. Segundo os autores citados, mudas que apresentam um menor desenvolvimento do sistema radicular podem ter a capacidade de absorção limitada e uma maior dependência de simbiose micorrízica.



Ao investigar as respostas fisiológicas das sementes de *Handroanthus heptaphyllus* submetidas a 1, 2, 3, e 4 ciclos de HD, Dias (2020) verificou que as sementes hidrocondicionadas com 1 e 2 ciclos de HD foram responsáveis por produzir as mudas com as maiores médias de comprimento radicular. Diferentemente, neste estudo, as sementes de catingueira que passaram por 2 ciclos de HD produziram as mudas com a menor média de comprimento radicular, o que pode limitar a capacidade de absorção da planta (Taiz *et al.*, 2017).

As sementes submetidas ao tratamento com 1 ciclo de HD produziram as mudas que apresentaram os menores valores de incremento de biomassa entre os tratamentos testados. Em comparação ao tratamento com 3 ciclos de HD, a MSPA, MSR e MST no tratamento com 1 ciclo de HD foi 35 %, 32 % e 29 % menor, respectivamente (Figura 5).



**Figura 5.** Média da massa da matéria seca das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclo de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca da raiz; MST: matéria seca total. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

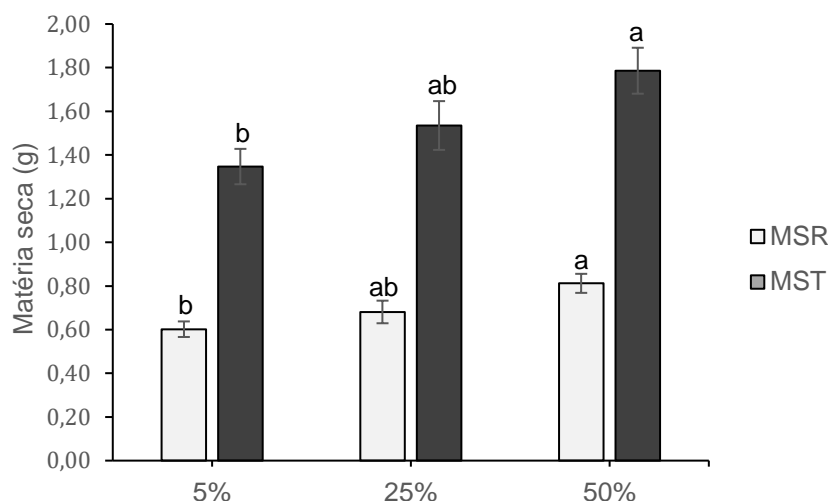
Diferentemente do observado nas mudas de *C. pyramidale*, mudas de *Handroanthus heptaphyllus* produzidas a partir de sementes hidrocondicionadas com 1, 2, 3 e 4 ciclos de HD não apresentaram diferença estatística na produção de biomassa seca da parte aérea e radicular (Dias, 2020).

Desta forma, o tratamento das sementes de *C. pyramidale* com 3 ciclos de HD, neste estudo, proporcionou a produção das mudas mais vigorosas entre os tratamentos testados, considerando a maior produção de biomassa e maior comprimento radicular. Ao avaliar os efeitos dos ciclos de HD sobre a germinação e desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa tenuiflora*, Lima e Meiado (2018) verificaram que as sementes submetidas a ciclos de HD produziram as plântulas que apresentaram os maiores valores de biomassa das folhas, caule e raiz, quando comparadas com as plântulas provenientes de sementes que não passaram por ciclos de HD. Durante a embebição há um aumento das proteínas de reserva, albuminas, globulinas e prolaminas nas sementes (Dantas, 2008), e os ciclos de HD podem ter potencializado esse acúmulo, promovendo assim um maior incremento de biomassa nas mudas de *C. pyramidale*, tendo em vista que, o aumento nas proteínas de reserva proporciona uma maior disponibilidade às plântulas em caso de germinação (Aragão *et al.* 2002).

A hidratação descontínua das sementes de *C. pyramidale* favoreceu o incremento de biomassa e desenvolvimento inicial das raízes. De acordo com Dubrovsky (1996), o acúmulo de biomassa pela planta após o período de germinação e antes de um período de seca pode determinar a taxa de sobrevivência, sendo esse acúmulo mais crítico para a sobrevivência das mudas. As espécies vegetais adaptaram-se as condições adversas dos ambientes áridos, desenvolvendo mecanismos para resistir a condições de recursos limitados, sendo a memória hídrica um desses mecanismos, que pode atuar desde a germinação até o estabelecimento das mudas (López-Urrutia *et al.*, 2014).

O condicionamento das sementes pode ser afetado por fatores bióticos e abióticos, como o tempo, temperatura, aeração e qualidade da semente (Hasanuzzaman e Fotopoulos, 2019). Sementes de *Handroanthus heptaphyllus* submetidas a ciclos de HD com tempos de hidratação de 10 e 35 horas apresentaram redução na altura quando comparadas com o tratamento controle (Dias, 2020), Ciclos de HD com tempo de hidratação de 3 horas em sementes de *Mimosa tenuiflora* produziram plântulas com maior comprimento de caule (Lima e Meiado, 2018), enquanto o tratamento com 6 horas de hidratação ao qual foram submetidas as sementes de *C. pyramidale*, deste estudo, não teve influência significativa sobre a altura das mudas.

As mudas submetidas ao regime de irrigação com 50 % da CV apresentaram as maiores médias para os parâmetros MSR e MST, com valores de aproximadamente 30 % e 28 % maiores, respectivamente, em comparação com as mudas que receberam apenas 5 % da CV (Figura 6).



**Figura 6.** Média da massa da matéria seca das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de retenção de água do substrato. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. MSR: matéria seca da raiz; MST: matéria seca total. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos, conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

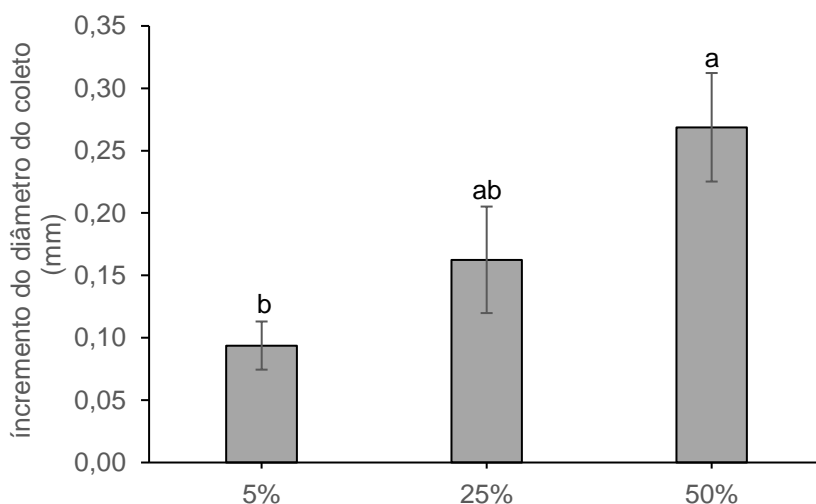
A maior biomassa do sistema radicular das mudas submetidas ao regime de irrigação com 50 % da CV pode ser atribuída a sensibilidade do crescimento radicular ao *status* hídrico da rizosfera, tendo em vista que em solos secos os ápices das raízes perdem o turgor, enquanto nos solos úmidos continuam a crescer (Taiz *et al.*, 2017). Ao avaliar o desenvolvimento inicial de *Caesalpinia ferrea* sob diferentes regimes hídricos, Lenhard *et al.* (2010) observaram maiores médias de matéria seca da raiz quando as mudas foram cultivadas com 70 % da CV.

O déficit hídrico tem como efeito primário a desidratação celular e consequente perda da turgescência, reduzindo secundariamente a expansão celular/ foliar (Farooq *et al.*, 2009; Taiz *et al.*, 2017), contribuindo para uma menor produção de biomassa, conforme pode ser observado nas mudas submetidas ao regime de irrigação com 5 % da CV. Avaliando o crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de *Tabebuia aurea* sob estresse hídrico e adubação potássica,

Ramos *et al.* (2021) verificaram que a menor disponibilidade de água promoveu redução na produção de matéria seca total.

Estes resultados indicam maior incremento de biomassa do sistema radicular condicionado a disponibilidade hídrica. De acordo com Taiz *et al.* (2017), o sistema radicular pode apresentar crescimento contínuo ao longo do ano, desde que encontre água e nutrientes disponíveis na rizosfera. As mudas submetidas aos tratamentos com 5 % e 25 % da CV apresentaram uma produção de biomassa da parte aérea e da raiz bem equilibrada, não apresentando diferença significativa entre eles. De acordo com Taiz *et al.* (2017), a baixa disponibilidade de água pode inibir o crescimento do caule e a expansão foliar de algumas espécies, por outro lado, pode estimular o alongamento das raízes. No presente estudo, estes parâmetros não apresentaram diferença estatística para os regimes de rega testados.

A maior média de incremento no diâmetro do coleto ocorreu nas mudas que foram submetidas ao regime de irrigação com 50 % da CV, resultado que vai de encontro com o observado para a MSR, também neste tratamento. Os resultados mostram um incremento cerca de 96 % maior nessas mudas do que naquelas irrigadas com apenas 5 % da CV (Figura 7).



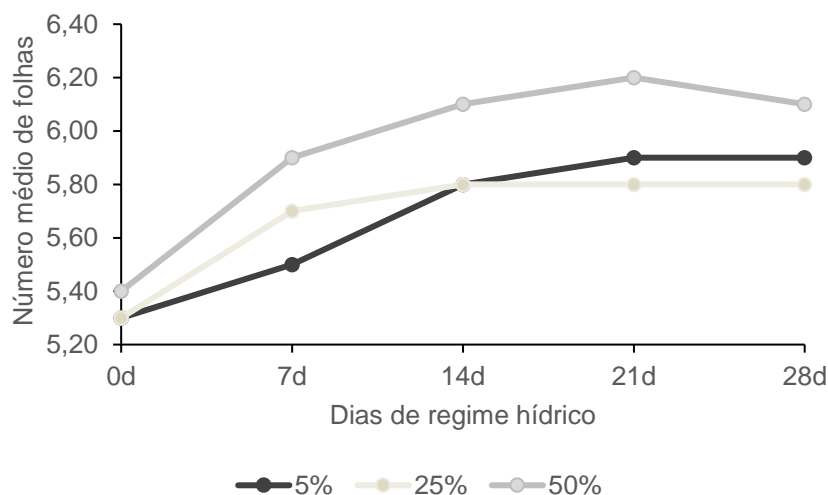
**Figura 7.** Média do incremento de diâmetro do coleto das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de retenção de água do substrato. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

A CV de 5 % mostrou-se insuficiente para que a planta pudesse promover um maior incremento no diâmetro do caule, da mesma forma que também foi insuficiente para promover maior incremento de biomassa no sistema radicular. Os efeitos da baixa disponibilidade hídrica no acúmulo de biomassa no caule e sistema radicular também foram observados por Oliveira (2022), quando submeteu mudas de *C. pyramidale* a um regime de irrigação com intervalos de 14 dias, o que levou a produção de mudas com um menor diâmetro de caule e menor matéria seca da raiz quando comparadas com as mudas irrigadas diariamente.

Plantas mantidas sob estresse hídrico tendem a acumular menos biomassa quando comparadas com aquelas mantidas sob condições hídricas adequadas (Leite *etal.*,2020). Mudas de *C. pyramidale* tendem a reduzir linearmente o diâmetro do coleto à medida que o período de restrição hídrica aumenta (Leite *et al.*, 2020).

A disponibilidade hídrica adequada é um fator-chave na produção de mudas de *C. pyramidale* mais robustas, e com maior probabilidade de sobrevivência em campo, tendo em vista que a maior disponibilidade hídrica foi responsável pela produção de mudas com maior incremento de massa na parte aérea e raiz neste estudo, sendo este um fator crítico para a sobrevivência de mudas jovens (Dubrovsky, 1996). A capacidade de criar raízes rapidamente é necessária para o estabelecimento bem-sucedido das mudas após o plantio no campo (Grossnickle, 2012).

Nos primeiros 14 dias, o número de folhas apresentou uma tendência de crescimento, que possivelmente ocorreu devido a irrigação diária que as mudas vinham recebendo antes de se iniciar os regimes de irrigação, e a capacidade de retenção de água do substrato. Passados os primeiros 14 dias, o número de folhas de todos os tratamentos tendeu a estabilizar (Figura 8).



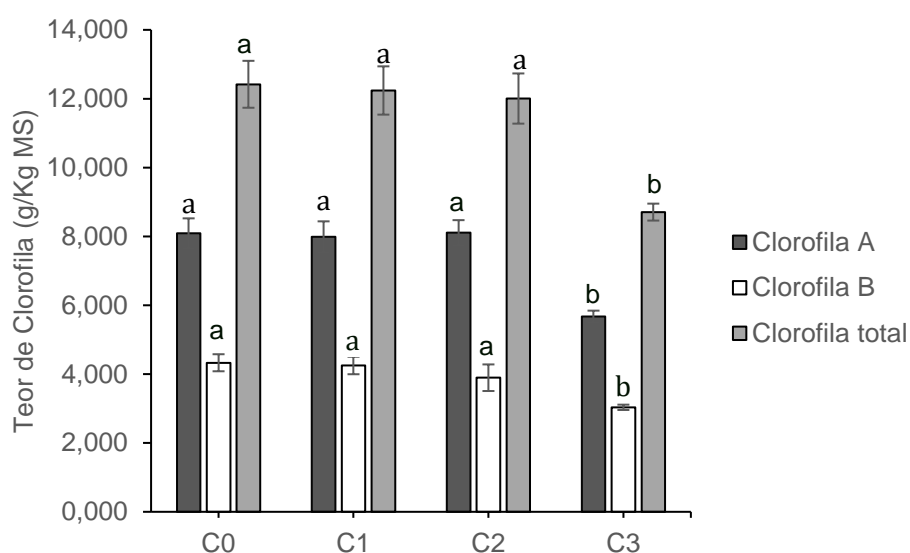
**Figura 8.** Média do número de folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de vaso.

A análise de variância indicou que, 28 dias após o início dos regimes de irrigação, o número de folhas não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ( $p=0,463$ ). Apesar da baixa disponibilidade de água, as mudas de *C. pyramidale* submetidas ao regime hídrico com 5% da CV não apresentaram queda das folhas durante o período de avaliação. É possível que a quantidade de água tenha sido suficiente para que a planta mantivesse as folhas, além de características genéticas e fatores ambientais que também podem ter contribuído positivamente.

Leite *et al.* (2020) utilizando solo como substrato, verificaram senescência foliar gradual em mudas de *C. pyramidale* a medida que a restrição hídrica aumentava. De acordo com Oliveira *et al.* (2016), a perda das folhas em plantas caducifólias está relacionado ao efeito do estresse hídrico, e o número de folhas é essencial para a sobrevivência da planta, tendo em vista a sua influência na capacidade fotossintética, que irá implicar diretamente na produtividade de fotoassimilados (Souza *et al.*, 2020). Em nosso estudo seria necessário um tempo maior de avaliação para as plantas apresentarem condição de estresse, e consequentemente senescência foliar.

### 5.3 Teores de Clorofila A, B e Total, carotenoides e MDA

As folhas das mudas do tratamento controle e das mudas provenientes de sementes submetidas aos tratamentos com 1 e 2 ciclos de HD (C1 e C2) não apresentaram diferença significativa quanto ao teor de clorofila A, B e total. O tratamento pré-germinativo com 3 ciclos de HD (C3) resultou na produção de mudas que apresentaram menor teor de clorofila A, B e total em suas folhas, sendo 35 % menor, quando comparado ao teor apresentado pelas folhas das mudas do tratamento controle (Figura 9).

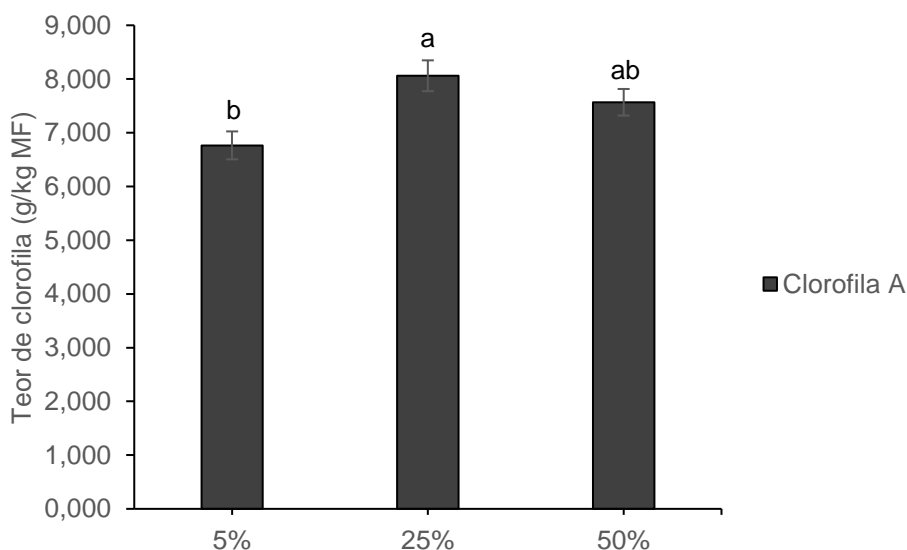


**Figura 9.** Média do teor de clorofila A, B e total em folhas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclos de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

O conteúdo de clorofila e carotenoides está ligado a eficiência fotossintética das plantas, ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes (Rêgo e Possamai, 2005). Dentre as clorofilas, destacam-se as clorofilas A e B, que são abundantes nas plantas verdes, já os carotenoides, conhecidos como pigmentos acessórios, absorvem energia e a transfere para as clorofilas (Taiz *et al.*, 2017). As baixas concentrações de clorofila apresentadas pelas folhas das mudas do

tratamento com 3 ciclos de HD pode limitar o potencial fotossintético da planta, e conseqüentemente a produção primária, tendo em vista que a clorofila é um dos principais componentes do cloroplasto para a fotossíntese (Anjum *et al.*, 2011), e, o potencial fotossintético pode ser estimado a partir do conteúdo de clorofila nas folhas, onde uma maior concentração de clorofila permite que a planta atinja maiores taxas fotossintéticas (Rêgo e Possamai, 2005). A ausência de diferença significativa no teor de clorofila apresentado entre o tratamento controle e os tratamentos com 1 e 2 ciclos de HD, mostra equilíbrio na produção de pigmento fotossintético.

Os regimes de irrigação exerceram influência significativa sobre o teor de clorofila A. Embora a maior média desta clorofila tenha sido observada nas mudas do tratamento com 25 % da CV, não houve diferença estatística em comparação com as plantas do tratamento com 50 % da CV. Por outro lado, houve diferença estatística entre as mudas irrigadas com 5 % e 25 % da CV (Figura 10).



**Figura 10.** Média do teor de clorofila A nas folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, submetidas a diferentes regimes de irrigação conforme a capacidade de vaso.

Nas mudas irrigadas com 5 % da CV, observou-se redução de 17 % no teor médio de clorofila A em comparação ao tratamento com 25 % da CV. Essa redução no teor de clorofila durante um evento de restrição hídrica, pode ser considerada uma estratégia adaptativa, para que haja uma redução na absorção de luz, tendo

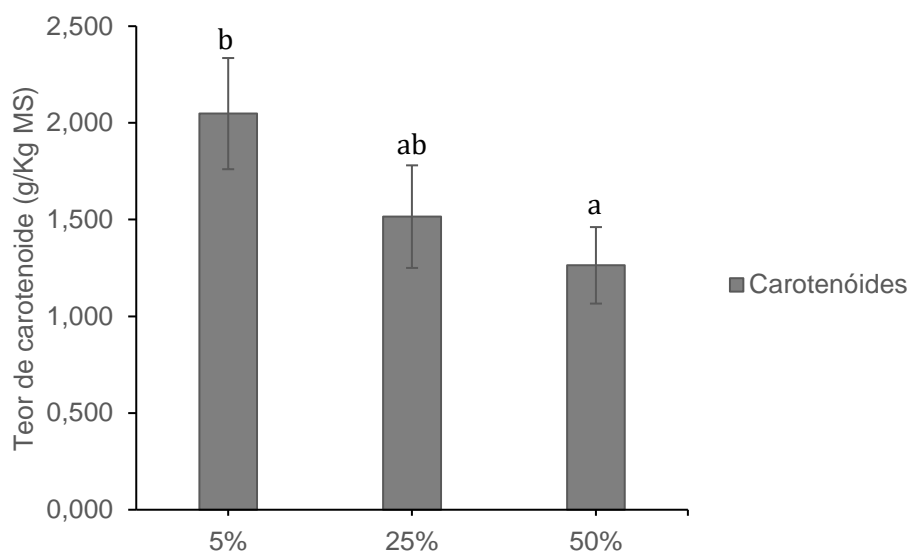


em vista que o armazenamento excessivo de energia nas moléculas de clorofila pode levar a formação de oxigênio singleto ( $^1O_2$ ) (Souza *et al.*, 2020). Por outro lado, de acordo com Anjum *et al.* (2011), a redução no teor de clorofila de uma planta sob estresse hídrico, tem sido considerada como um sintoma típico de estresse oxidativo, e que pode ser resultado da foto-oxidação do pigmento e da degradação da clorofila.

O maior teor de clorofila A, observado nas folhas das mudas submetidas ao regime hídrico com 25 % e 50 % da CV, pode representar maior capacidade fotossintética para as mudas, tendo em vista que esse pigmento é utilizado para realizar a etapa fotoquímica do processo fotossintético (Streit *et al.*, 2005). Além de apresentarem maior teor de clorofila A, as mudas destes tratamentos apresentaram maior incremento de biomassa total. Uma maior quantidade de clorofila pode também ser responsável pela produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), e a formação de níveis elevados de EROs pode danificar as células e até levar a apoptose (Taiz *et al.*, 2017).

O grau do estresse hídrico associado a radiação, podem ser responsáveis por induzir a planta ao estresse oxidativo, devido ao fechamento estomático (Cruz *et al.*, 2023). Ao absorver grandes quantidades de energia, a clorofila entra em estado de excitação, e se essa excitação não for transferida rapidamente, ela pode reagir com oxigênio molecular formando o oxigênio singleto ( $^1O_2$ ), sendo este, extremamente reativo, que irá reagir e danificar componentes celulares, como, por exemplo, os lipídios (Taiz *et al.*, 2017).

Para minimizar os efeitos dos EROs, as plantas desenvolveram mecanismos enzimáticos e não-enzimáticos. Dentre os mecanismos não-enzimáticos estão os antioxidantes de baixo peso molecular, como por exemplo, os carotenoides (Vieira *et al.*, 2017). As mudas que foram irrigadas com 5 % da CV apresentaram maior quantidade de carotenoides, quando comparadas as mudas que receberam irrigação com 50 % da CV (Figura 11).



**Figura 11.** Média do teor de carotenóides nas folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclos de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Essa maior produção de carotenóides apresentada pelas plantas irrigadas com 5 % da CV está atrelada a baixa disponibilidade hídrica, pois, mudas submetidas a estresse hídrico podem apresentar maior produção de moléculas antioxidantes, como os carotenóides, acompanhados de um aumento também na produção de enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase (Vieira *et al.*, 2017).

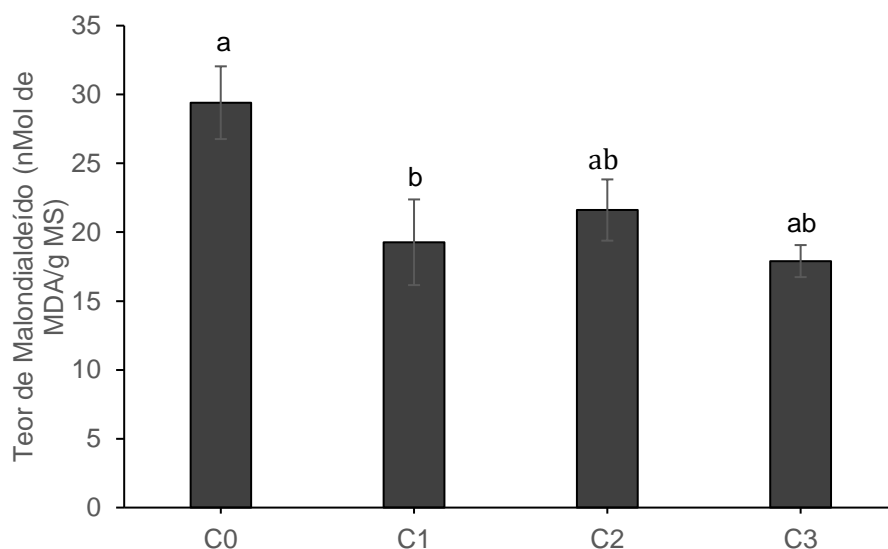
Como pigmento acessório, os carotenóides auxiliam na absorção de luz e transferência de energia para os centros de reação, além de desempenharem um papel importante na fotoproteção (Taiz *et al.*, 2017; Streit *et al.*, 2005). Esse papel é exercido quando os carotenóides absorvem o estado excitado da clorofila, evitando assim a formação do oxigênio singlete, podendo também atuar na inativação de EROs formados (Taiz *et al.*, 2017; Streit *et al.*, 2005).

É sabido que o ambiente de Caatinga está sujeito a longos períodos de seca, e que condições de estresse hídrico levam à interrupção do transporte de elétrons e produção excessiva de EROs (Santos *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2023; Farrant *et al.*,

2007). Desta forma, a manutenção do potencial antioxidante é essencial para que a planta se recupere após a reidratação (Farrant *et al.*, 2007).

Os tratamentos pré-germinativos e os regimes de irrigação não influenciaram de forma significativa na produção de peróxido de hidrogênio ( $p > 0,05$ ). Os EROs podem desencadear uma cascata de reações que levam a formação de radicais lipídicos e de MDA (Sachdev *et al.*, 2021). Os radicais lipídicos produzidos podem reagir e danificar proteínas e DNA (Sharma *et al.*, 2012). A concentração do subproduto MDA pode ser utilizada como um contador de peroxidação lipídica (Jafarnia *et al.*, 2018).

A produção de Malondialdeído (MDA) nas folhas das mudas de *C. pyramidale* do tratamento controle (C0) foi significativamente maior do que no tratamento com 1 ciclo de HD (C1), apresentando uma diferença de aproximadamente 42%. Por outro lado, o teor de MDA nas folhas das mudas nos tratamentos com 1, 2 e 3 ciclos de HD (C1, C2 e C3) não apresentou diferença significativa entre si (Figura 11).



**Figura 12.** Média do teor de Malondialdeído nas folhas das mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua. As barras indicam o erro padrão dentro de cada tratamento. C0: tratamento sem ciclos de hidratação e desidratação; C1: tratamento com 1 ciclo de hidratação e desidratação; C2: tratamento com 2 ciclos de hidratação e desidratação; C3: tratamento com 3 ciclos de hidratação e desidratação. Letras diferentes indicam diferença significativa entre as médias dos tratamentos conforme o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).



**Figura 13.** Matriz de correlação de Pearson entre caracteres morfológicos e fisiológicos de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis, produzidas a partir de sementes submetidas a ciclos de hidratação descontínua e submetidas a diferentes regimes de irrigação. Os espaços em branco indicam que não há correlação significativa entre as variáveis ( $\alpha=0,05$ ). H: altura, AF: área foliar, DE: densidade estomática, MSR: matéria seca da raiz, MSPA: matéria seca da parte aérea, MST: matéria seca total, DC: diâmetro do coleto, CR: comprimento radicular, IQD: índice de qualidade de Dickson, CA: índice de clorofila A, CB: índice de clorofila B, TCA: teor de clorofila A, TCB: teor de clorofila B, TCT: teor de clorofila total, CAR: carotenoides.

A quantidade de carotenoides apresentada pelas folhas das mudas apresentou correlação negativa com os teores de clorofila A, B e total. O IQD, que é considerado um bom indicador de qualidade das mudas, e que avalia o equilíbrio na distribuição da biomassa na planta (Azevedo *et al.*, 2010; Medeiros *et al.*, 2018), apresentou correlação positiva com AF, MSPA, MST, e DC, todas características intrínsecas a distribuição de biomassa na planta.

De acordo com Binotto *et al.* (2010), as biomassas seca apresentam os maiores coeficientes de correlação com o IQD, seguidas pelo diâmetro do coleto, enquanto o número de folhas e altura da muda apresentam as menores relações. Neste trabalho, a AF, H, MSPA, e MST apresentaram as melhores relações com o IQD, seguidos pelo DC, enquanto a MSR apresentou uma correlação próxima a zero. Diferentemente do apresentado pelas mudas de *C. pyramidale* deste trabalho, mudas de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* apresentaram uma alta correlação entre os parâmetros MSR e IQD (Binotto *et al.*, 2010).

De maneira geral, o coeficiente de correlação de Pearson mostrou a ocorrência de alta correlação entre os parâmetros morfológicos das mudas de *C. pyramidale* (AF, H, MSPA, MST, DC) com o IQD, mostrando certa segurança em utilizar esses parâmetros como indicadores de qualidade de mudas para esta espécie.

## 6. Conclusão

A absorção de água pelas sementes de *Cenostigma pyramidale* apresenta um padrão trifásico bem definido.

O hidrocondicionamento com 3 ciclos de HD proporcionou a produção de mudas com maior incremento de MSPA, MSR, MST e CR, menor teor de clorofila A, B e Total.

Os ciclos de HD proporcionaram a produção de mudas que apresentaram teor de MDA reduzido.

As mudas submetidas ao regime de irrigação com 50 % da CV apresentaram maior incremento no diâmetro do coleto e MSR.

O regime de irrigação com 25% da CV influenciou positivamente no teor de clorofila A e o regime com 5% da CV no teor de carotenoides.

Os resultados sugerem a ocorrência de memória hídrica nas sementes de *Cenostigma pyramidale*.

## REFERÊNCIAS

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p. 1337-1344, 2001.

ALVES, E. U.; CARDOSO, E. A.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; GALINDO, E. A.; JUNIOR, J. M. B. Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.3, p.405-415, 2007.

ANJUM, S. A.; XIE, X.; WANG, L.; SALEEM, M. F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**. v. 6, p. 2026-2032, 2011.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CORRÊA, M. F. Sementes de feijão submetidas a ciclos e períodos de hidratação e secagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 87-92, jan. /mar. 2002.

ARAÚJO, M. M.; NAVROSKU, M. C.; SCHORN, L. A. Análise de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. 1. ed. Santa Maria: UFSM, cap. 8. p. 169-187. , 2018.

ARAÚJO, P.C.; TORRES, S.B.; BENEDITO, C.P.; PAIVA E.P. Condicionamento fisiológico e vigor de sementes de maxixe. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 482-489, 2011.

ARAUJO, R.F.; ABUD. H.F.; C.M.F.; ARAUJO, E.F.; LEAL, C.A.M. Curva de embebição de sementes de pimentas biquinho e malagueta sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, Viçosa, v.8, n.3, p.51-56, setembro, 2018.

ARRIEL, E.F.; PAULA, R.C.; RODRIGUES, T.J.D.; BAKKE, O.A.; ARRIEL, N.H.C. Divergência genética entre progênies de *Cnidocolus phyllacanthus* submetidas a três regimes hídricos. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 229-237, 2006.

AZEVEDO, I. M. G.; ALENCAR, R. M.; BARBOSA, A. P.; ALMEIDA, N. O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazonica**. v. 40 n.1, p. 157-164, 2010.

AZEVEDO, T.; ROSA, M.; SHIMBO, J.; OLIVEIRA, M.; VALDIONES, A.P.; LAMA, C.D.; TEIXEIRA, L.M.S; COELHO, M. Relatório Anual de Desmatamento 2022 - São Paulo, Brasil - **MapBiomias**, 125 p. 2023. Disponível em: <<http://alerta.mapbiomas.org>>. Acesso em: 28 jul. 2023.

BEWLEY, J. D. *et al.*, Environmental Regulation of Dormancy and Germination. In: BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds:**



Physiology of Development, Germination and Dormancy. Springer, p. 299-339, ed. 3, 2013.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. B. Análises químicas e bioquímicas em plantas. **Editora Universitária da UFRPE**, 267p. 2011.

BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Curitiba: **Embrapa Florestas**, 2003.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. R.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Arvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.351-357, 2006.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília, DF: **MMA**, 2018. (Série Biodiversidade; 51) Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>. Acesso em 11 de nov. de 2022.

CRUZ, N. T.; PORTO, E. M. V.; RAMOS, B. L. P.; SANTOS, H. P.; SEIXAS, A. A.; SANTOS, A. P. S. Estresse hídrico em plantas forrageiras: uma breve revisão. **Revista científica Rural**. Bagé-RS, v.25, n.1, 2023.

DANTAS, B. F.; CORREIA, J. S.; MARINHO, L. B.; ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.000-000, 2008.

DIAS, G. da S. Ciclos de hidratação e desidratação em sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. 2020. 55p. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2020. Disponível em: <[http://177.105.2.231:8080/bitstream/1/43558/2/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_Ciclos%20de%20hidrata%c3%a7%c3%a3o%20e%20desidrata%c3%a7%c3%a3o%20em%20sementes%20de%20Handroanthus%20heptaphyllus%20%28Vell.%29%20Mattos.pdf](http://177.105.2.231:8080/bitstream/1/43558/2/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Ciclos%20de%20hidrata%c3%a7%c3%a3o%20e%20desidrata%c3%a7%c3%a3o%20em%20sementes%20de%20Handroanthus%20heptaphyllus%20%28Vell.%29%20Mattos.pdf)>. Acesso em: 24 de out. de 2023.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v. 36, n.1, p. 10-13, 1960.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de janeiro: **Embrapa Solos**, 230p. 2011.



DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; RIBASK, J.; AIDAR, S. T. Caracterização e usos das espécies da Caatinga: Subsídio para programas de restauração florestal nas unidades de conservação da caatinga (UCCAs). **Embrapa semiárido**, Petrolina, ed. 1, p. 1-37, 2016.

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, (Mai.) 1996.

DUBROVSKY, J. G. 1998. 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 (jan. - Mar.) 1998.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG / CFL 1030). Porto Alegre: Falker Automação Agrícola, 2008. (Rev. B., 33 p.). Disponível em: <[https://www.falker.com.br/download.php?file\\_id=28](https://www.falker.com.br/download.php?file_id=28)>. Acesso em 1 de jul. de 2022.

FARRANT, J. M.; BRANDT, W.; LINDSEY, G. G. An Overview of Mechanisms of Desiccation Tolerance in Selected Angiosperm Resurrection Plants. **Plant Stress**. v. 1, p. 72–84, 2007.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**. v. 29, p. 185-212, 2008.

FERREIRA, T.C.; MARIN, A. M. P. *Priming* em sementes: Uma revisão bibliográfica concisa e atualizada. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 7, n. 1, p. 27-36, 2022.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* l. Var. *Stilbocarpa* (hayne) lee et lang.), Ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (mart. ex DC.) Sandl.) e Guarucaia (*Parapiptadenia rígida* (benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.413-423, 2011.

FLORIANO, E.P. Germinação e dormência de sementes florestais. **Caderno Didático**, Santa Rosa, ed.1, v. 2, n. 2, p. 9, 2004.

FRANCELINO, M. R.; FILHO, E. I. F.; RESENDE, M.; LEITE, H. G. Contribuição da Caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-riograndense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.79-86, 2003.

FREITAS, R. S.; MEIADO, M. V.; SILVA, E. C. DA. Seed discontinuous hydration does not benefit germination, but improves drought tolerance of *Triplaris gardneriana* seedlings. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 43, p. e55992, 14 set. 2021.

FU, R.; JIANG, Y.; WANG, A.; BRODRIBB, T. J.; ZHANG, J.; ZHU, S.; CAO, K. Stem hydraulic traits and leaf water-stress tolerance are co-ordinated with the leaf

phenology of angiosperm trees in an Asian tropical dry karst forest. **Annals of Botany**. v. 110, p. 189-199, 2012.

GAEM, P. H. *Cenostigma* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB606076>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**. v.43, p. 711-738, 2012.

HASANUZZAMAN, M.; FOTOPOULOS, V. Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings: Implication in Plant Stress Tolerance and Enhancing Productivity in Crop Plants. **Springer Nature Singapore Pte Ltd**. 2019.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v. 125, p. 189-198, 1968.

HORA, I. S.; MEIADO, M. V. A hidratação descontínua em sementes favorece a produção de mudas de *Myracrodruon urundeuva* allemão (anacardiaceae)? **Agroforestalis News**, Aracaju, v.1, n.1, set, 2016.

HUSSAIN, H. A.; HUSSAIN, S.; KHALIQ, A.; ASHRAF, ANJUM, S. A.; MEN, S.; WANG, L. Chilling and Drought Stresses in Crop Plants: Implications, Cross Talk, and Potential Management Opportunities. **Frontiers in Plant Science**. v. 9, 2018.

HUSSAIN, S.; HUSSAIN, S.; KHALIQ, A.; ALI, S.; KHAN, I. Physiological, biochemical, and molecular aspects of seed priming. In: Priming and pretreatment of seeds and seedlings. **Springer Singapore**, 2019.

IBGE, **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro, 2019.

JAFARNIA, S.; AKBARINIA, M.; HOSSEINPOUR, B.; SANAVI, S. AM. M.; SALAMI, S. A. Effect of drought stress on some growth, morphological, physiological, and biochemical parameters of two different populations of *Quercus brantii*. **iForest**, v. 11, p. 212-220, 2018.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. *in*: ecologia e conservação da caatinga. Recife: **editora universitária da UFPE**, 2003. p. XIII-XVI.

LEITE, A. V.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva da “catingueira” (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., Leguminosae-Caesalpinioideae), uma espécie endêmica da Caatinga. **Revista Brasil. Bot.**, v.32, n.1, p.79-88, jan.-mar. 2009.

LEITE, M. S.; TORRES, S. B.; LEAL, C. C. P.; MATIAS, J. R.; BRITO, W. A. L.; AQUINO, G. S. M. Morphological and Biochemical Responses of *Poincianella Pyramidalis* Seedlings Subjected to Water Restriction. **Floresta e Ambiente**. 2020. 27 (4). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.014818>.

LENHARD, N. R.; SCALON, S. P. Q.; NOVELINO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.ex Tul. var. *Leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LI, R.; MIN, D.; CHEN, L.; CHEN, C.; HU, X. Hydropriming accelerates seed germination of *Medicago sativa* under stressful conditions: A thermal and hydrotime model approach. **Legume Research**, v. 40, n. 4, p. 741-747, 2017.

LIGTERINK, W.; JOOSEN, R. V. L.; HILHORST, W. M.; Unravelling the complex trait of seed quality: using natural variation through a combination of physiology, genetics and -omics Technologies. **Seed Science Research**, v. 22, p. 45-52, 2012.

LIMA, A. T.; MEIADO, M. V. Effect of hydration and dehydration cycles on *Mimosa tenuiflora* seeds during germination and initial development. **South African Journal of Botany**, v. 116, n. 1, p. 164-167, 2018.

LIMA, A. T.; CUNHA, P. H. DE J.; DANTAS, B. F. & MEIADO, M. V. Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination? **Journal of Seed Sciences** (antiga Revista Brasileira de Sementes), v. 40, n. 1, p. 36-43, 2018.

LÓPEZ-URRUTIA, E.; MARTÍNEZ-GARCÍA, M.; MONSALVO-REYES, A.; SALAZAR-ROJAS, V.; MONTOYA, R.; CAMPOS, J. E. Differential RNA- and Protein-Expression Profiles of Cactus Seeds Capable of Hydration Memory. **Seed Science Research**, v. 24, p. 91-99, 2014.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa**, SP: Instituto Plantarum, v. 3, 385 p. 2009.

LORETO, F.; VELIKOVA, V. Isoprene produced by leaves protects the photosynthetic apparatus against ozone damage, quenches ozone products, and reduces lipid peroxidation of cellular membranes. **Plant Physiology**, v. 127, p. 1781-1787, 2001.

LUCA, E. F.; REBECCHI, R. J.; SCHORN, L. A. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*cedrela fissilis* Velloso) em viveiro, mediante diferentes técnicas de produção. **Revista do Instituto Florestal**, v. 22 n. 2 p. 189-199, 2010.

MAIA, G. N.; Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. 2.ed. Fortaleza: **Printcolor gráfica e editora**, 2012.

MARQUES, F. R. F.; MEIADO, M. V.; CASTRO, N. M. C. R.; CAMPOS, M. L. O.; MENDES, K. R.; SANTOS, O. O.; POMPELLI, M. F. GerminaQuant: A new tool for germination measurements. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 3, p. 248-255, 2015.

MATIAS, J. R.; DA SILVA, FF D.; DANTAS, B. F. Catingueira-verdadeira *Poincianella pyramidalis* [Tul.] LP Queiroz. **Embrapa Semiárido**, Nota Técnica, n.6, 2017.

MEDEIROS, M. B. C. L.; JESUS, H. I.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES L. S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. S. Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Agrocossistemas**, v. 10, n. 1, p. 159–173, 2018.

MEDEIROS, J. C. D.; BENEDITO, C. P.; PEREIRA, K. T. O.; SILVA, K. C. N.; MAIA, J. H.; OLIVEIRA, H. L.; MEDEIROS, A. K. A. Hidrocondicionamento, secagem e armazenamento em sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Brazilian journal of Development**, Curitiba, v.7, n.9, p. 94181-94195, set. 2021.

MEIADO, M. V.; SILVA, F. F. S.; BARBOSA, D. C. A.; SIQUEIRA-FILHO, J. A. Diásporos da Caatinga: Uma revisão. In: SIQUEIRA-FILHO, J. A. (Org.) **Flora of the Caatinga of the São Francisco River: Natural History and Conservation**. Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, p. 306-365, 2012.

MEIADO, M. V. Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. p. 89- 94. In: anais do 64º congresso nacional de botânica: botânica sempre viva xxxiii erbot encontro regional de botânicos MG, BA e ES. Belo Horizonte: sociedade botânica do Brasil, 220 p. 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022. Caatinga. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga>>. Acesso em 29 de jul. 2022.

MOURA, M. M. S.; COSTA, G. B. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; NETO, J. R. A. BRASIL, J. B. Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** v.3, n.5. p. 199-208, 2016.

NASCIMENTO, J. P. B.; MEIADO, M. V.; Hidratação descontínua de sementes em regiões semiáridas e suas implicações ecológicas: uma revisão com foco na floresta tropical seca brasileira. In: SPERS, E. E. (Org.) **Agrárias pesquisa e inovação nas ciências que alimentam o mundo**. Curitiba, PR, Artemis, vol. V, 2021.

OLIVEIRA, M. K. T.; DOMBROSKI, J. L. D.; MEDEIROS, R. C. A.; MEDEIROS, A. S. Desenvolvimento inicial de *Erythrina velutina* sob restrição hídrica. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 36, n. 88, p. 481-488, out./dez. 2016.

OLIVEIRA, L. M.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; ALVES, E. U.; SILVA, G. Z.; ANDRADE, A. P. Qualidade fisiológica de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul.

durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 289 - 298, 2011.

OLIVEIRA, D. M. Influência da hidratação descontínua de sementes e ciclos de rega em mudas de *Cenostigma pyramidale* (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis (Fabaceae) em resposta ao déficit hídrico. 2022. 61p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Recife, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/46110/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Daianne%20Maria%20de%20Oliveira.pdf> > Acesso em: 13 de out. 2023.

PINEDO, G. J. V.; FERRAZ, I. D. K. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Benth ex Walp]: Sementes com dormência física de árvore da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.39-49, 2008.

QUEIROZ, L. P. Leguminosas da Caatinga. Universidade Estadual de Feira de Santana. 914p. 2009.

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria. URL <https://www.R-project.org/>.

RAMALHO, L. B.; BENEDITO, C. P.; PEREIRA, K. T. O.; SILVA, K. C. N.; MEDEIROS, H. L. D. S. Hidrocondicionamento de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. e seus efeitos sobre a tolerância ao estresse salino. **Ciência florestal**, v. 30, n. 1, p. 221-230, jan./mar. 2020.

RAMOS, F. R.; FREIRE, A. L. O.; FRANÇA, G. M. Crescimento e acúmulo de biomassa em mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. ex S. Moore) sob estresse hídrico e adubação potássica. **ACSA**, Patos-PB, v.16, n.4, p.213-221, outubro - dezembro, 2020.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação dos **Teores de Clorofila no Crescimento de Mudas do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*)**. Colombo – PR: Embrapa Florestas, (Comunicado técnico, 128) 4p. 2004.

RITO, K. F.; ROCHA, E. A.; LEAL, I. R.; MEIOADO, M. V. As sementes de mandacaru têm memória hídrica? **Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de cactáceas y otras Suculentas**, v. 6, n.1, p. 26-31, 2009.

SACHDEV, S.; ANSARI, S. A.; ANSARI, M. I.; FUJITA, M.; HASANUZZAMAN, M. Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms. **Antioxidants**. v. 10, 2021.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, M. T.; FIGUEIREDO, K. V.; FALCÃO, H. M.; ARRUDA, E. C. P.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; SAMPAIO, E. V. S. B.; OMETTO, J. P. H. B.;



MENEZES, R. S. C.; OLIVEIRA, A. F. M.; POMPELLI, M. F.; ANTONINO, A. C. D. Caatinga, the Brazilian dry tropical forest: can it tolerate climate changes? **Theoretical Experimental Plant Physiology**, v.26, p. 83-99, 2014.

SANTOS, W. S.; BAKKE, O. A.; SANTOS, W. S.; SILVA, A. A.; JUSTINO, S. T. P.; Produção de lenha e forragem de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz submetida à poda anual. **Ciência Florestal.**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 89-103, jan./mar. 2020.

SEGATTO, F. B.; BISOGNIN, D. A.; BENEDETTI, M.; COSTA, L. C.; RAMPELOTTI, M. V.; NICOLOSO, F. T. Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1597-1601, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000500042>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

SHARMA, P. JAH, A. B., DUBEY, R. S., PESSARAKLI, M. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. **Journal of Botany**, v. 2012, p.7, 2012.

SHER, A.; SARWAR, T.; NAWAZ, A.; IJAZ, M.; SATTAR, A.; AHMAD, S. Methods of Seed Priming. In: Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings. **Springer Singapore**, 2019.

SLAUGHTER, A.; DANIEL, X.; FLORS, V.; LUNA, E.; HOHN, B.; MAUCH-MANI, B. Descendants of Primed Arabidopsis Plants Exhibit Resistance to Biotic Stress. **Plant physiology**, v. 158, p. 835-843, 2012.

SILVA, D. D. A.; VESPUCCI, I. L.; ARAUJO, Y.J. D.; SANTOS, M. M.; DEVILLA, I. A. Determinação das Curvas de Secagem das Sementes de Maracujá 'BRS' Pérola do Cerrado. In: III Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG. Pirenópolis - Goiás. 2016.

SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. The Caatinga: Understanding the Challenges. In: SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer, p.3-17, 2010.

SILVA, F. F. S.; OLIVEIRA, G. M.; ARAÚJO, M. N.; ANGELOTTI, F.; MOURA, M. S. B.; DANTAS, B. F. Rainfall events, high CO<sub>2</sub> concentration, and germination of seeds in Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. v.2, n. 3, p. 258-265, 2017.

SILVA, G. H.; JOSÉ, A. C.; TEIXEIRA, F. P.; GONZAGA, L. M.; MOLINA, R. R.; MEDEIROS, J. X.; OKADA, M. H.; CHAMMA, L. Effect of Priming on Physiological Quality of *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) Seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**. v. 31. p. 1-8, 2019.

SOUZA, A. C.; ARAÚJO, D. G.; SILVA, G. P.; SENADO, J. A. V.; GAMA, M. A. P. Growth and quality of *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos seedlings as a function of controlled release fertilizer doses. **Revista Sustinere**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 124-136, jan-jun, 2020.

SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; NASCIMENTO, K. R. P.; Estratégias adaptativas à limitada disponibilidade hídrica em espécies arbóreas da Caatinga. **Multidisciplinary Sciences Reports**. v.3, n.3, 2023.

SOUZA, L. M.; BARBOSA, M. R.; MORAIS, M. B.; NETO, L. P.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Biochemical and morphophysiological strategies of *Myracrodruon urundeuva* plants under water deficit. **Biologia Plantarum**. v. 64. p. 20-31, 2020.

SRIVASTAVA, S.; SRIVASTAVA, M. Influence of water stress on morpho physiological and biochemical aspects of medicinal plant *Stevia rebaudiana*. **Life Sciences Leaflets**. v.49, p. 35-43, 2014.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai. – jun., 2005.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. M. C. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v.70, n.4, p. 25-29, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. **Artmed**, Porto Alegre, 6. ed. 2017.

TEIXEIRA, A. H. C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233).

TEIXEIRA, W. G.; BHERING, S. B.; Retenção de água no solo pelos métodos da mesa de tensão e da câmara de Richards. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. - Brasília -DF. **EMBRAPA**, 574 p. 2017.

VIEIRA, E. A.; SILVA, M. G.; MORO, C. F.; LAURA, V. A. Physiological and biochemical changes attenuate the effects of drought on the Cerrado species *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 115, p. 472- 483, jun. 2017.

WEATHERLEY, P. (1950). Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, 49(1), 81-97. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1950.tb05146.x>>. Acesso em: 28 de ago. 2022.