



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE
SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
GENÉTICOS VEGETAIS**

SANDRA RODRIGUES DA SILVA

**ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES E MUDAS DE
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) SOB
VÁRIAS CONDIÇÕES HÍDRICAS EM ÁREAS DE CAATINGA
PARA CONSTRUÇÃO DE FAIXAS ARBÓREAS
MARGEANDO CULTIVOS AGRÍCOLAS**

SANDRA RODRIGUES DA SILVA

**ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES E MUDAS DE
Commiphora leptophloeos (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) SOB
VÁRIAS CONDIÇÕES HÍDRICAS EM ÁREAS DE CAATINGA
PARA CONSTRUÇÃO DE FAIXAS ARBÓREAS
MARGEANDO CULTIVOS AGRÍCOLAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof.^a Dra. Bárbara França Dantas.
Coorientador: Dr. Marcos Vinicius Meiado.

Feira de Santana – BA
2025

Catálogo de Publicação na Fonte.

Silva, Sandra Rodrigues da.

Ecofisiologia de sementes e mudas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) sob várias condições hídricas em áreas de caatinga para construção de faixas arbóreas margeando cultivos agrícolas / Sandra Rodrigues da Silva. - 2025.
138 f.: il.

Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. Feira de Santana, 2025.

Orientadora: Prof.^a Dra. Bárbara França Dantas.

Coorientador: Dr. Marcos Vinicius Meiado.

1. Programação. 2. Sementes. 3. Mudas. 4. Disponibilidade hídrica. 5. Umburana-de-cambão. I. Dantas, Bárbara França. II. Meiado, Marcos Vinicius. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU 581.522.5

BANCAEXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

SIDNEY ALBERTO DO NASCIMENTO FERREIRA

Data: 28/07/2025 12:06:18-0300

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

Prof. Dr. Sidney Alberto do Nascimento Ferreira
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA)



Documento assinado digitalmente

JOANA PAULA BISPO NASCIMENTO

Data: 29/07/2025 19:19:08-0300

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

Prof.^a Dra. Joana Paula Bispo Nascimento
(Universidade de Brasília - UNB)



Documento assinado digitalmente

AYSLAN TRINDADE LIMA

Data: 28/07/2025 14:44:26-0300

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

Prof. Dr. Ayslan Trindade Lima
(Universidade Federal de Sergipe)



Documento assinado digitalmente

MANOEL ABILIO DE QUEIROZ

Data: 04/08/2025 17:01:21-0300

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

Prof. Dr. Manoel Abilio de Queiróz
(Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS)



Documento assinado digitalmente

MARCOS VINICIUS MEIADO

Data: 28/07/2025 10:44:27-0300

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

Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado
(Universidade Federal de Sergipe)
Coordenador e Presidente da Banca

Feira de Santana—BA

2025

Dedico esse trabalho aos meus filhos Túlio e Talita.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permanecer comigo durante todos os momentos difíceis e felizes da minha vida e por guiar os meus passos durante a realização deste trabalho. Minha orientadora, mãe, cientista, artista, modelo, empreendedora, Profa. Bárbara França Dantas, que me acolheu e me acompanhou em meu trabalho, muito grata pela boa didática e ética profissional.

Ao coorientador, Marcos Meiado, pelas contribuições nos experimentos e sugestões pela organização dos trabalhos em laboratório.

Ao professor Carlos Aragão, que me acolheu em seu laboratório de Olericultura e colaborou com todos os experimentos, como também na produção de mudas. Eu tenho, a partir de agora, mais respeito e admiração. Sua boa didática de orientador e discente me contagiou, e sem dúvida irei agir dessa forma com meus futuros alunos.

À Universidade do Estado da Bahia e o Laboratório de Olericultura, pelo apoio nas análises de germinação das sementes.

À professora Eva Sarmiento da Casa do Mel, que me acolheu e cedeu a área para plantar as mudas de Umburanas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 (This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil - CAPES - Finance Code 001).

Agradeço também aos professores pelas aulas dinâmicas e pela bagagem de conhecimento durante as disciplinas. Aos amigos da botânica, pelos momentos de descontração e trocas de conhecimento científico, principalmente os da UNEB, EMBRAPA, UEFS e Casa do Mel na Univasf CCA. Dentre esses amigos, preciso agradecer principalmente à Aparecida Rodrigues Ferreira (Embrapa), Cintia Meneses Silva (UEFS), Raquel Araujo Gomes (Embrapa), Marileide de Souza Sá (Univasf), Jamerson da Silva (UNEB), Luiz Dantas (Univasf), Carmeme seu Tião (UNEB). Cada um de vocês foi muito importante em diferentes etapas durante essa caminhada.

A todos que contribuíram para o trabalho de campo, meu irmão, sobrinho, Loro Mateiro e Thiago do Irpaa. Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação acadêmica e na realização desta tese.

Um agradecimento especial aos meus pais Manoel Valter e Lourdes Rodrigues, por acreditarem e estarem sempre presentes durante as minhas realizações pessoais e profissionais

e por me deixarem muito a vontade para fazer as minhas próprias escolhas. Também pelo carinho, amor e educação que me foram oferecidos desde sempre. São dois guerreiros vencedores!

RESUMO GERAL

A crescente busca por sementes e mudas de espécies nativas da Caatinga destaca a necessidade de conhecimento sobre suas fases fenológicas e métodos eficientes de produção de mudas. Esta tese explora esses aspectos para a *Commiphora leptophloeos*. O Capítulo 1 focou no acompanhamento das fases fenológicas e na caracterização morfológica da *C. leptophloeos*. Trinta matrizes de três regiões foram avaliadas quanto à morfologia e fenofases vegetativas e reprodutivas. Dados mensais de precipitação e temperatura foram registrados. A brotação começou no período seco (agosto-setembro), intensificando-se na estação chuvosa (novembro-dezembro), com folhagem nova até abril. Folhas maduras predominam de maio a junho, e a queda foliar acentuou-se de junho a novembro. Brotação e formação de botões ocorreram de outubro a dezembro; a frutificação, de dezembro a abril, com pico em março. A dispersão de frutos e sementes ocorreu entre janeiro e abril. Concluiu-se que as fenofases são influenciadas pela disponibilidade hídrica e seguem padrões sazonais, sendo a estação chuvosa ideal para a coleta de sementes. O Capítulo 2 investigou a germinação e caracterização biométrica de sementes e plântulas de *C. leptophloeos* sob diferentes métodos de coleta e tempo de armazenamento. Três tratamentos foram avaliados para germinação: sementes coletadas diretamente do fruto (A1), sementes coletadas do chão (A2) e sementes armazenadas (A3). As sementes dos três tratamentos foram avaliadas antes e após serem enterradas por três meses. Sementes não enterradas germinaram em 96 horas e as enterradas em 78 horas. As sementes apresentaram teor de água inicial de 7,6%. Sementes coletadas do chão e enterradas por três meses tiveram maior potencial germinativo (39%) em comparação com as coletadas do fruto (8%) e as armazenadas (5,5%). Plântulas de sementes enterradas apresentaram maior tamanho de caule e raiz. Concluiu-se que sementes coletadas do chão e enterradas por três meses são as mais adequadas para germinação e produção de mudas de *C. leptophloeos*. O Capítulo 3 avaliou a influência de ciclos de hidratação e desidratação (HD) em sementes e ciclos de rega em plantas jovens de *C. leptophloeos* na tolerância à seca e sobrevivência em área de sequeiro. Ciclos e tempos influenciam a germinação e sementes do ciclo 2 no tempo (Y) apresentaram maior germinação. O estabelecimento das plântulas aos oito dias após a germinação foi influenciado por tempo e ciclos. Plantas não tratadas (controle 2) produziram maior tamanho de caule no viveiro (180 dias) e campo (um ano) em comparação com plantas de sementes tratadas. Plantas tratadas aumentaram o tamanho do caule em períodos de chuva. Ciclos de HD não alteram a germinabilidade de *C. leptophloeos*, mas reduzem o tempo de germinação e produzem memória hídrica em sementes. O Capítulo 4 avaliou o crescimento e sobrevivência de mudas de *C. leptophloeos* em áreas de Caatinga com e sem irrigação. Sementes foram coletadas de matrizes dispersas no chão. Quatro áreas foram montadas, com 15 plantas propagadas por sementes e 15 por estaquia em cada uma: duas áreas secas (sombreada e pleno sol) e duas irrigadas (sombreada e pleno sol). Altura, diâmetro do caule e número de folhas foram avaliados mensalmente por 12 meses. A taxa de sobrevivência foi de 100% em todas as plantas. Plantas maiores, propagadas por sementes e estaquia foram encontradas na área irrigada a pleno sol. Concluiu-se que o método de propagação não influencia e a melhor área para o cultivo foi a irrigada e a pleno sol.

Palavras-chave: Propagação; Sementes; Mudas; Disponibilidade hídrica; Umburana-de -cambão.

ABSTRACT

The growing demand for seeds and seedlings from native Caatinga species highlights the need for knowledge regarding their phenological stages and efficient seedling production methods. This thesis explores these aspects for *Commiphora leptophloeos*. Chapter 1 focused on monitoring the phenological phases and morphological characterization of *C. leptophloeos*. A total of 30 parent plants from three regions were evaluated for morphology and vegetative and reproductive phenophases. Monthly precipitation and temperature data were recorded. Sprouting began during the dry season (August–September), intensifying during the rainy season (November–December), with new foliage persisting until April. Mature leaves predominate from May to June, and leaf fall was most pronounced from June to November. Sprouting and bud formation occurred from October to December; fruiting occurred from December to April, peaking in March. Fruit and seed dispersal occurred between January and April. It was concluded that phenophases are influenced by water availability and follow seasonal patterns, with the rainy season being ideal for seed collection. Chapter 2 investigated the germination and biometric characterization of *C. leptophloeos* seeds and seedlings under different collection methods and storage times. Three treatments were evaluated for germination: seeds collected directly from the fruit (A1), seeds collected from the ground (A2), and stored seeds (A3). The seeds from the three treatments were evaluated before and after being buried for three months. Unburied seeds germinated within 96 hours, while buried seeds germinated within 78 hours. The seeds had an initial moisture content of 7.6%. Seeds collected from the ground and buried for three months had higher germination potential (39%) compared to those collected from the fruit (8%) and those stored (5.5%). Seedlings from buried seeds had larger stems and roots. It was concluded that seeds collected from the ground and buried for three months are the most suitable for germination and seedling production of *C. leptophloeos*. Chapter 3 evaluated the influence of hydration and dehydration (HD) cycles on seeds and irrigation cycles on young *C. leptophloeos* plants on drought tolerance and survival in rainfed areas. Seedling establishment eight days after germination was influenced by times and cycles. Untreated plants (control 2) produced larger stem sizes in the nursery (180 days) and field (one year) compared to plants from treated seeds. Treated plants increased stem size during rainy periods. HD cycles do not alter the germination of *C. leptophloeos*, but they reduce germination time and produce water memory in seeds. Chapter 4 evaluated the growth and survival of *C. leptophloeos* seedlings in Caatinga areas with and without irrigation. Seeds were collected from parent plants dispersed on the ground. Four areas were set up, with 15 plants propagated by seeds and 15 by cuttings in each: two dry areas (shaded and full sun) and two irrigated areas (shaded and full sun). Plant height, stem diameter, and number of leaves were measured monthly for 12 months. The survival rate was 100% for all plants. Larger plants, propagated by seed and cuttings, were found in the irrigated area in full sun. It was concluded that the propagation method had no influence, and the best area for cultivation was the irrigated in full sun.

Keywords: Propagation; Seeds; Seedlings; Water availability; *C. leptophloeos*.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REVISÃO DE LITERATURA.....	14
Aspectos gerais do Bioma Caatinga	14
Recomposição de áreas nativas de Caatinga e sustentabilidade agrícola.....	14
Características morfológicas de <i>Commiphora leptophloeos</i>	15
Aspectos econômicos e Silviculturais de <i>C. leptophloeos</i>.....	17
Sistemas ecofisiológicos e hidratação descontínua em sementes de plantas da Caatinga	18
CAPÍTULO I.....	21
1.1 Introdução	22
1.2 Material e métodos	25
1.2.1 Área de estudo	25
1.2.2 Acompanhamento das fenofases e coleta de dados	27
1.2.3 Análise de dados	29
1.3 Resultados.....	29
1.3.1 Morfologia de <i>Commiphora leptophloeos</i>	29
1.3.2 Fenologia de <i>C. leptophloeos</i>	35
1.4 Discussão.....	39
Referências	42
CAPÍTULO II.....	47
2.1 Introdução	47
2.2 Material e métodos	49
2.2.1 Área de estudo	49
2.2.2 Tipos de coletas em sementes de <i>C. leptophloeos</i>	50
2.2.3 Biometria de sementes.....	50
2.2.4 Embebição das Sementes.....	51
2.2.5 Teor de água	51
2.2.6 Teste de germinação	51
2.2.7 Enterrio das sementes como forma de armazenamento.....	52
2.2.8 Análise de dados	52
2.3 Resultados.....	53
2.3.1 Curva de Embebição.....	53

2.3.2 Número de sementes de <i>C. leptophloeos</i> germinadas	53
2.3.3 Velocidade de germinação em sementes de <i>C. leptophloeos</i>	54
2.3.4 Porcentagem da germinação de sementes de <i>C. leptophloeos</i>	54
2.3.5 Tempo de germinação de sementes de <i>C. leptophloeos</i>	54
2.3.6 Biometria de sementes de <i>C. leptophloeos</i>	55
2.3.7 Biometria de plântulas de <i>C. leptophloeos</i>	55
2.3.8 Comparação entre os tratamentos antes e depois do enterrio para biometria de sementes e plântulas de <i>C. leptophloeos</i>	56
2.4 Discussão.....	56
2.4.1 Aspectos da germinação de <i>C. leptophloeos</i>	56
2.4.2 Biometria de sementes e plântulas de <i>C. leptophloeos</i>	58
2.5 Conclusão	60
Referências	60
CAPÍTULO III	77
3.1 Introdução	77
3.2 Material e Métodos	80
3.2.1 Local de realização do estudo e obtenção das sementes	80
3.2.2 Coleta das sementes.....	81
3.2.3 Resgate de plântulas na Caatinga	82
3.2.4 Curva de embebição e determinação dos tempos de hidratação e desidratação	82
3.2.5 Ciclo de rega em plantas de <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae)	
83	
3.2.6 Estresse severo em plantas de <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae).....	84
3.2.7 Cultivo das plantas de <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em áreas de sequeiro em Caatinga.....	84
3.2.8 Análise estatística	85
3.3 Resultados e discussão.....	86
3.3.1 Teor de água e Curva de Embebição	86
3.3.2 Porcentagem de germinação em sementes de <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) para os tempos e ciclos de hidratação e desidratação	87
3.3.3 Sobrevivência das plantas de sementes que passaram por hidratação e desidratação	89
3.3.4 Tamanho das plântulas de sementes de <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram pelos ciclos de hidratação e desidratação	90

3.3.5 Tamanho do Caule de plantas das sementes de <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram por Hidratação e desidratação em viveiro	92
3.3.6 Crescimento de plantas em viveiro obtidas do tratamento anterior submetidas a ciclo de rega	94
3.3.7 Crescimento de plantas em viveiro obtidas do tratamento anterior submetidas a estresse severo.....	96
3.3.8 Crescimento de plantas em áreas de sequeiro do tipo Caatinga	97
3.4 Considerações finais	102
Referências	102
CAPÍTULO IV.....	109
4.1 Introdução	109
4.2 Material e métodos	112
4.2.1 Caracterização das áreas de coleta de sementes	112
4.2.2 Coleta das sementes.....	113
4.2.3 Germinação das sementes.....	114
4.2.4 Coleta das estacas	114
4.2.5 Caracterização da área experimental e transplântio das mudas de <i>Commiphora leptophloeos</i>	115
4.2.6 Coleta e Análise de Solo.....	117
4.2.7 Análise estatística	117
4.3 Resultados e discussão.....	118
4.3.1 Biometria de plantas de <i>Commiphora leptophloeos</i> sob propagação de sementes e estaquia em áreas de Caatinga	118
4.3.2 Propagação por sementes.....	121
4.4 Considerações finais	126
Referências	127
REFERÊNCIAS GERAIS	132

INTRODUÇÃO GERAL

Ecossistemas terrestres no mundo inteiro sofrem alterações por pressões antrópicas, causando redução da biodiversidade e o desequilíbrio natural do meio ambiente (Jacob; Medeiros; Albuquerque, 2020). Contudo, o entendimento dessas alterações e da sustentabilidade dos sistemas produtivos têm recebido pouca atenção no contexto de florestas secas (Tabarelliet *al.*, 2018).

Investigações acerca de biomas específicos vêm se tornando desafiadoras, pois toda essa biodiversidade das áreas nativas de Caatinga vem sendo afetada devido à ação antrópica e uso inadequado da terra para ampliação de sistemas agrícolas (Almeida; Albuquerque; Castro, 2011), atividades pecuárias, extrativismo mineral e uso madeireiro (Barros *et al.*, 2021). Tal alteração vem ocasionando a perda da cobertura vegetal original e, com isso, reduzindo as interações entre a fauna e flora fundamentais para a funcionalidade de todo o sistema (Tabarelliet *al.*, 2018).

As consequências dessas atividades podem ocasionar a supressão da vegetação nativa, bem como na ação dos serviços ecossistêmicos fundamentais na sustentabilidade agrícola e produção de alimentos (Lucena; Alves; Bakke, 2017).

Uma das espécies vegetais ameaçadas de extinção e nativa do bioma Caatinga é a *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae), popularmente conhecida como umburana-de-cambão, imburana-de-cambão ou imburana-de-espinho. Ela é uma espécie florestal utilizada para fins madeireiros incluindo artesanato, cercas, ferramentas agrícolas, como também no uso medicinal (Ribeiro *et al.*, 2009).

A espécie *C. leptophloeos* é fundamental no equilíbrio do ecossistema, pois fornece pólen e néctar para as abelhas. Geralmente, suas árvores possuem cavidades em seus troncos e galhos, o que permite a nidificação das abelhas nativas sem ferrão (Macedo *et al.*, 2020) e abelhas solitárias do gênero *Xylocopa*, consideradas como únicos polinizadores de *Passiflora edulis* F. flavicarpa, conhecida como maracujá amarelo (Siqueira *et al.*, 2009).

Assim, a conservação dessa espécie nos ecossistemas naturais próximos aos cultivos agrícolas se torna necessária para a manutenção dos polinizadores e, consequentemente, para melhor eficiência na produção de frutos e sementes tanto do maracujá amarelo quanto de outras culturas (Klein *et al.*, 2007). Dessa forma, cultivos agrícolas próximo a áreas de vegetação de Caatinga possuem uma maior produção de frutos quando comparados com a produção distante das áreas de vegetação nativa. Isso ocorre devido a um maior número de polinizadores próximos

e explica a importância da interação ecológica entre plantas de *C. leptophloeos*, serviços ecossistêmicos e rentabilidade agrícola (Silva *et al.*, 2019a).

Poucos são os estudos envolvendo a espécie *C. leptophloeos*. Um dos motivos pode ser as peculiaridades que a espécie apresenta em suas sementes e no processo de germinação. As sementes não formam bancos permanentes nos solos da Caatinga, pois a germinação é drasticamente reduzida após doze meses de armazenamento em condições naturais ou artificiais (Affonso; Siqueira Filho; Meiado, 2014).

Além disso, o clima semiárido quente, irregularidades de chuvas e o déficit hídrico podem dificultar o processo de reflorestamento e, dessa forma, causar a diminuição significativa na taxa de transpiração e na condutância estomática em algumas espécies da Caatinga, considerando tais espécies mais sensíveis à seca (Mesquita *et al.*, 2018).

Assim também, as propriedades físico-químicas do endosperma estão relacionadas à regulação da água e dormência física das sementes como também aos aspectos germinativos relacionados ao tempo e às condições associadas a processos fisiológicos controlados pelo ambiente bem como memória térmica ou hídrica da semente (Fernández-Pascual *et al.*, 2019; Lima; Meiado, 2017).

Desse modo, a germinação de sementes, a exemplo de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (*Fabaceae*), pode ser favorecida por ciclos de hidratação descontínua, apresentando maior velocidade, sincronia e menor tempo para germinar, facilitando a elaboração de projetos de reflorestamento. Do mesmo modo, os parâmetros ecofisiológicos da germinação de sementes e crescimento de mudas sob déficit hídrico têm sido testados para determinar os níveis de tolerância a ambientes secos (Melo, 2018).

Adicionalmente, um bom método de germinação de sementes (Andrade *et al.*, 2024) desencadeia uma boa produção de mudas (Dantas *et al.*, 2019), sendo essenciais na manutenção de fragmentos de vegetação nativa (Aussenac *et al.*, 2000) e sua interação com cultivos agrícolas (Silva *et al.*, 2019a).

Diferentes mecanismos podem afetar na estruturação ecofisiológica nas espécies da Caatinga, que refletem adaptações complexas e peculiares às condições ambientais únicas, estando condicionadas ao déficit hídrico relacionado à seca (Oliveira *et al.*, 2014).

A falta de chuvas pode provocar o déficit hídrico associado a outros fatores característicos em regiões semiáridas, como altas temperaturas e intensidade luminosa ocasionando solos mais secos, afetando a germinação de sementes (Lima *et al.*, 2018).

É relevante entender a ecofisiologia de sementes associada a projetos de restauração em função das interações aos serviços ecossistêmicos e à produtividade agrícola, portanto, se tem

a necessidade em produzir mudas da espécie *C. leptophloeos* iniciando pela germinação das sementes e analisando suas condições fisiológicas diante da interferência de condições hídricas e, com isso, produzir mudas com maior vigor e tolerantes às condições climáticas em regiões semiáridas.

Portanto, a realização de trabalhos que levantam tais questões, acerca da escassez dos serviços ecossistêmicos associados à degradação de áreas nativas e prejuízos na produção agrícola, podem direcionar a sociedade em busca por respostas que, por sua vez, podem melhorar uma compreensão significativa a respeito do processo de restauração do bioma Caatinga, no sentido de ampliar as atividades sustentáveis fundamentais para conter as ações antrópicas possibilitando a conservação do bioma Caatinga e seu uso de forma planejada a fim de prolongar a vida útil das florestas secas para que alcancem as futuras gerações.

Tendo em vista a estreita relação entre germinação de sementes, morfologia e produção de mudas, o capítulo 1 objetivou acompanhar as fases fenológicas associadas ao período seco e chuvoso, bem como caracterização morfológica das partes da planta de *C. leptophloeos*.

O capítulo 2 verificou a germinação de sementes e biometria de plântulas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (*Burseraceae*) sobre diferentes métodos de coletas e tempo de armazenamento.

O capítulo 3 buscou avaliar a influência da hidratação e desidratação (ciclos HD) em sementes e ciclos de rega em plantas jovens de *C. leptophloeos* na tolerância à seca, bem como o crescimento e a sobrevivência das plantas em área de sequeiro.

O conhecimento acerca da restauração florestal se torna relevante quando esta é bem planejada, dessa forma, tal processo procura retornar uma porção degradada da paisagem a uma condição mais próxima possível da original, tanto no aspecto estrutural quanto funcional do ecossistema, de forma a permitir que uma comunidade evolua e a sucessão natural ocorra. Para isso, é necessário conhecer profundamente o ambiente em que se pretende intervir, nesse sentido, o capítulo 4 teve buscou avaliar o crescimento e sobrevivência de mudas da espécie de *C. leptophloeos* em áreas de Caatinga com e sem irrigação, próximas a áreas agrícolas.

REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos gerais do Bioma Caatinga

A Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, destaca-se devido à sua grande extensão em todo o Nordeste do Brasil (Queiroz *et al.*, 2017). Do ponto de vista ecológico, o bioma Caatinga é um ecossistema muito importante devido à ocorrência de paisagens e ambientes diversos caracterizados, em geral, por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas, com um número considerável de espécies endêmicas (Silva *et al.*, 2010).

O seu clima é predominantemente quente e semiárido, com médias de precipitação menores que 1.000 mm por ano, ocorrendo um contraste na fisionomia vegetal da Caatinga em certos períodos durante o ano, visto que, no período chuvoso, podem apresentar maior quantidade de recursos como folhas, flores, frutos e sementes, além de plântulas que podem prevalecer alcançando a fase adulta (Melo *et al.*, 2019).

A Caatinga aciona adaptações morfológicas e/ou fisiológicas, em condições de aridez, como a redução de área foliar, a senescência (a perda de folhas), os mecanismos de fechamento dos estômatos e o controle osmótico, sobrevivendo ao período de seca comum na região (Melo *et al.*, 2019; Marques *et al.*, 2020).

Aproximadamente 27 milhões de pessoas vivem na região semiárida do Nordeste brasileiro e dependem da exploração dos recursos do bioma para sobreviver, o que vem ocasionando o desmatamento de forma acelerada, dessa forma, mais de 60% da vegetação do bioma Caatinga esteja alterada por atividades antrópicas ligadas à exploração dos recursos vegetais por meio do fornecimento de lenha, madeira para cerca, artesanato, forragem, frutos comestíveis, carvão e desmatamentos para a criação de pastagens e expansão agrícola (Albuquerque *et al.*, 2012; Jesus *et al.*, 2022).

Nesse sentido, o uso não planejado desses recursos tem proporcionado a fragmentação da cobertura vegetal em áreas de Caatinga, pois são atributos que refletem alterações causadas pela ação antrópica, e assim restringindo sua distribuição a remanescentes que podem ser considerados refúgios para a biodiversidade local (Queiroz *et al.* 2021).

Recomposição de áreas nativas de Caatinga e sustentabilidade agrícola

Ecossistemas terrestres no mundo inteiro vêm sendo alterados por pressões antrópicas, causando redução da biodiversidade (Pifano *et al.*, 2023). Essas alterações podem afetar

diversos processos ecológicos, tais como as interações entre plantas e polinizadores, especialmente por ocasionar a perda de habitats de vegetação nativa utilizados pelos polinizadores durante seu ciclo de vida (Hasan *et al.*, 2020; Andresen; Arroyo-Rodríguez; Escobar, 2018). O planeta vivencia, como consequência, um declínio global de polinizadores (Pinto, 2023) e, consequentemente, a baixa produção agrícola de plantas que deles dependem (Wolowskiet *al.*, 2019; Hasan *et al.*, 2020; Pinto, 2023).

A ocorrência de vegetação nativa apresenta grande influência na capacidade produtiva de várias culturas agrícolas, uma vez que a composição das comunidades de abelhas visitantes dos cultivos é influenciada pela matriz vegetal do seu entorno (Giocondo, 2021).

Por esse motivo, estudos têm avaliado a magnitude desta influência e demonstram a importância da preservação das áreas naturais para uma melhor interação entre planta e polinizador, promovendo uma agricultura sustentável (Jianget *al.*, 2023).

Assim, a distância entre o cultivo e áreas de vegetação nativa influencia a produção agrícola de várias espécies cultivadas (Silva *et al.*, 2019a), uma vez que as comunidades de insetos são bastante sensíveis aos efeitos da perda de habitat (Bering; Maciel; Tramontina, 2019).

Estudos constataram que espécies como *Piptadeniaretusa*, Seigler & Ebinger, *Cenostigmapyramidale* (Tul.) Gagnon & G. P. Lewis, *Commiphoraleptophloeos* obtiveram os maiores valores de importância em comunidades arbóreas em áreas de Caatinga com histórico de agricultura e corte de madeira (Pifano *et al.*, 2023). Além disso, nas áreas de Caatinga, o corte seletivo de madeira é realizado apenas para espécies com alto valor comercial (ex. uso medicinal, alimentício e/ou produção de cerca viva, lenha e carvão), enquanto em áreas voltadas à expansão agrícola e pecuária o desmatamento da vegetação é total (Lima *et al.*, 2022).

Características morfológicas de *Commiphoraleptophloeos*

A espécie *C. leptophloeos* é nativa do Brasil, tem ocorrência principalmente na região Nordeste do Brasil (Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará, Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe e Maranhão) como também em alguns outros estados como Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e na Bolívia. A espécie pertence ao grupo Angiospermae e à família *Burseraceae*, conhecida popularmente por umburana-de-cambão e imburana-de-espinho. O nome vulgar imburana surgiu da palavra *y-mb-ú* (árvore de água) e *ra-na* (falso), formando assim a palavra imburana significando “falso imbu” (Carvalho, 2008).

C. leptophloeos é uma das espécies mais representativas do bioma Caatinga por apresentar características morfológicas peculiares, a exemplo do seu tronco tortuoso e muito esgalhado, dotado de espinhos agudos e fortes apresentando ramificação cimosa com uma copa ampla e irregular muito esgalhada, com ramos cinzentos, roliços, lenticelados, contendo casca medindo até 0,63 cm de espessura, moderadamente espessa, ritidoma de cor amarelada, membranáceo apresentando característica lisa, lustrosa, desprendendo-se em lâminas delgadas irregulares e quebradiças, bem como a parte interna da casca é rosada, exsudando resina incolor, circundada por periderme verde, sua madeira é leve a moderadamente pesada com cerne marrom-claro a amarelo-avermelhado. É arbórea (arvoreta a árvore), de comportamento decíduo heliófila, caducifólia, dioica apresentando troco com dimensões próximas a 12 m de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta (Maia, 2012).

Além disso, suas estruturas vegetativas, a exemplo das folhas, são alternas, de coloração verde-clara-rosadas quando bem jovens, compostas, imparipinadas, pilosas com 3-9 folíolos opostos, curto, peciolados ou sésseis, ovais a elípticos, de base obtusa a arredondada, ápice agudo a obtuso, margem denteada, medindo de 1,5 cm a 3,5 cm de comprimento, com odor de terebentina (Árvores do Cerrado, 2017).

Quanto à inflorescência, apresenta-se em panículas axilares, subterminais, pilosas, de 5-8 cm de comprimento. Quanto às flores, apresentam-se isoladas ou reunidas em pequenos grupos, seu tamanho pequeno medindo de 3 mm a 4 mm de comprimento, corola amarelada e cálice avermelhado, diclamídeas, actinomorfas, pentameras, unissexuais, dispostas em flores masculinas com androceu diplostêmone, já as flores femininas apresentam ovário súpero, uniovlado na coloração verde bem clara (Árvores do Cerrado, 2017).

Seus frutos são do tipo drupoide, elipsoide a subgloboso, sub-apiculado, monospermico, deiscente, de cor verde, medindo em torno de 1,5 cm de diâmetro, além disso, na fase imatura são resiníferos e com odor de terebentina. Ainda assim, os frutos amadurecem de quatro a cinco meses, e sob insolação o fruto se abre ao meio, liberando uma única semente rígida e rugosa, medindo 1 cm de diâmetro de cor negra na base, sendo revestida por um arilo vermelho (Carvalho, 2008).

A espécie *C. leptophloeos* é dioica com sistema reprodutivo do tipo alógama, facilitando a polinização por abelhas. As árvores dessa espécie possuem característica decídua (perdem as folhas em determinadas épocas do ano), heliófita (necessitam de exposição solar total para se desenvolverem adequadamente), xerófila (plantas com ajustes a ambientes áridos), seus frutos apresentam dispersão contínua, porém ampla, contribuindo na dispersão das sementes

disseminadas por pássaros (zoocórica). Suas flores aparecem no fim da estação seca em ramos ainda desfolhados, mas acompanha o início da nova folhagem na estação chuvosa (Lima; Rodal, 2010).

A propagação da *C. leptophloeos* pode ser feita por sementes, no entanto, apresentam germinação intermitente e com baixas porcentagens (Faiadet *al.*, 1997). Também pode ser propagada por estaquia, com boa capacidade de rebrota, tornando-a adequada para cercas vivas, não havendo a necessidade de substituir as velhas estacas por novas (Carvalho, 2008; Maia, 2012).

A propagação de *C. leptophloeos* pode ser por meio de sementes e por via vegetativa, pelo primeiro método, utiliza-se sementes recém caídas ao chão ou retiradas de frutos no início da deiscência. Elas germinam melhor quando passam por um período de pós-maturação de três meses (Affonso; Siqueira Filho; Meiado, 2014). No que diz respeito aos sistemas de plantio, a espécie *C. leptophloeos* pode ser plantada sob pleno sol, tanto em plantio puro não associado a outras espécies quanto em plantio misto em meio a espécies pioneiras ou secundárias (Carvalho, 2008).

Aspectos econômicos e Silviculturais de *C. leptophloeos*

Do ponto de vista medicinal, são utilizadas todas as partes da planta, com destaque para as cascas do caule e as folhas, com variadas formas de preparo como a maceração, decocção, infusão e xaropes e a forma de administração é por via oral e/ou tópica (Albuquerqueet *al.*, 2007; Cartaxoet *al.*, 2010; Macedoet *al.*, 2018).

Dentre os usos da *C. leptophloeos*, o medicinal tem sido relatado em diversos estudos, como os realizados por Lucenaet *al.* (2013), inflamações (Ferreira Júnioet *al.*, 2012), gripe, tosses, bronquite (Salinet *al.*, 2012) e ferimentos (Roque; Rocha; Loiola, 2010). Problemas renais, gripe, tosse, bronquite, disfonia, inflamações em geral, odontalgia, cólica, diarreia, antiemético, tônico, cicatrizante (Albuquerqueet *al.*, 2007) e como uso em atividades antibacterianas (Dantaset *al.*, 2022).

Pesquisas demonstraram que extratos da casca de *C. leptophloeos* funcionam como fonte de moléculas bioativas inibindo o crescimento de microrganismos como *Staphylococcus aureus*, podendo tal planta ser fonte de moléculas bioativas no tratamento de infecções (Clementino *et al.*, 2016).

O uso de extrato etanólico de *C. leptophloeos* com efeito antidiarreico também tem sido bastante eficaz, o que foi testado em modelos experimentais *in vivo* em camundongos (Pessoa *et al.* 2021).

As flores e o látex são usados para o tratamento de problemas renais, resfriado, inflamações em geral, odontalgia, cólica e diarreia e as sementes para tratar a insônia (Albuquerque *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2019b; Pereira *et al.*, 2024).

Nesse sentido, a espécie de *C. leptophloeos* é considerada uma planta bastante utilizada para diversas atividades, principalmente medicinais, com isso, indica a necessidade de estudos biológicos e farmacológicos que validem suas atividades, como também do ponto de vista ecológico, o qual merece atenção especial devido ao extrativismo (Macedo *et al.*, 2018).

Também na utilização para fins madeireiros com usos específicos da madeira em construções rurais, marcenaria e para a produção de lenha e carvão (Ferraz *et al.*, 2012). A madeira da *C. leptophloeos* é leve e homogênea, o que a torna apropriada na produção de esculturas por artesãos (Lorenzi, 2002).

C. leptophloeos apresenta características silviculturais como componente de quebra-ventos e faixas arbóreas entre plantações, suas estacas verdes são muito utilizadas como mourões que, ao brotarem, formam corredores nas divisas de propriedades, como estacas vivas em cercas (Carvalho, 2008). O plantio de *C. leptophloeos* pode ser consorciado com o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) e é recomendado na construção de faixas abertas na vegetação ou em linhas entre áreas agrícolas (Carvalho, 2008).

Sistemas ecofisiológicos e hidratação descontínua em sementes de plantas da Caatinga

Para um melhor entendimento acerca da ecologia da germinação, é relevante considerar fatores como luz, oxigênio, temperatura, substrato e água. A manipulação cuidadosa desses fatores pode otimizar a taxa, a velocidade e a uniformidade da germinação, resultando em melhores condições para o desenvolvimento de plântulas (Freire *et al.*, 2019). Tais condições ambientais são necessárias desde o momento da maturação até a germinação da semente (Baskin; Baskin, 2014, Longe *et al.*, 2014).

As variações térmicas, as quais as sementes são expostas, atuam como um importante sinal do ambiente no controle da germinação, influenciando desde o crescimento embrionário até a indução ou a quebra da dormência (Cardoso, 2008; Longe *et al.*, 2014).

Nesse sentido, determinadas temperaturas como 30 e 35°C podem propiciar uma maior porcentagem e velocidade de germinação e, conseqüentemente, um menor tempo para início da

protrusão radicular em espécies a exemplo daquixabeira *Sideroxylonobtusifolium* (Roem. & Schult.) T. D. Penn (Sapotaceae) (Silva *et al.*, 2013).

Algumas espécies, a exemplo de *Artemisiaannua* L. (Asteraceae), germinam melhor em temperaturas constantes (Kumar; Karajol; Naik, 2011), já outras como *Lycopuseuropaeus* L. (Lamiaceae) e *Eleusine indica* L. Gaertn. (Poaceae) obtém maior sucesso germinativo em temperaturas alternadas (Baskin; Baskin, 2014).

Os fatores químicos também podem influenciar na germinação das sementes, a exemplo da alta concentração de íons, que, por sua vez, pode alterar ou até inibir a germinação (Cardoso, 2008; Santos *et al.*, 2016). Dessa forma, algumas espécies como *Panicumcoloratum* L. (Poaceae) (Carabajal; Ruiz; Parera, 2016) e *Pityrocarpamoniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson (Pereira *et al.*, 2016) apresentam baixa germinação em condições de alta concentração de sal. Entretanto, estudos de germinação em água salina de outras espécies da Caatinga como angico vermelho (*Anadenantheramacrocarpa* (Benth.) Brenan), mulungu (*Erythrina velutina* Willd) e pereiro (*Aspidospermapyrifolium* Mart.) demonstraram que a produção de plântulas é viável (Dantaset *et al.*, 2014).

Uma das condições fundamentais para a germinação de uma semente não dormente e viável é a disponibilidade de água no meio (Silva *et al.*, 2023). Dessa forma, sustenta o crescimento do embrião e a reativação do metabolismo, os quais dependem do aumento do grau de hidratação dos tecidos da semente (Cardoso, 2008; Araujo *et al.*, 2014). As sementes da Caatinga respondem de maneira diferenciada à disponibilidade hídrica no meio, uma vez que o excesso de água é capaz de promover a germinação ou inibi-la. Além disso, a quantidade de água disponível no meio também pode interagir com outros fatores abióticos, como a luz e a temperatura, e controlar o processo de germinação (Baskin;Baskin, 2014).

O processo de reidratação é controlado pela disponibilidade de água nos tecidos e consequente intensificação das atividades respiratória e metabólicas necessárias para o fornecimento de energia e nutrientes utilizados na retomada do crescimento do embrião (Taiz *et al.*, 2017), processos definidos como padrão trifásico, sendo a Fase I marcada pela intensa absorção de água, a Fase II de estabilização e a Fase III, caracterizada pela retomada da absorção e crescimento do eixo embrionário.

Assim, determinar a curva de embebição de água é importante tanto para elucidar o processo germinativo como para determinar a duração de tratamentos com reguladores vegetais, condicionamento osmótico e ciclos de hidratação descontínua em sementes (Carvalho; Nakagawa, 2012; Meiado *et al.*, 2012). Esse padrão trifásico já foi observado em sementes de diversas espécies, como em *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae) (Dantaset *et al.*, 2008),

Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D.Penn. (Sapotaceae) (Silva *et al.*, 2010) e *Jatropha Curcas* L. (Euphorbiaceae) (Araújo *et al.*, 2014).

Dessa forma, a embebição pode se tornar descontínua em sementes oriundas de florestas secas, a exemplo do bioma Caatinga, caracterizado por uma deficiência de água durante grande parte do ano e um período temporal irregularidade na distribuição das chuvas (Queiroz, 2009; Trovão *et al.*, 2007; Santana; Souto, 2011). Assim, nesse ambiente, predominam espécies de plantas que produzem sementes que germinam em camadas superficiais do solo, onde a água pode estar disponível por um curto período de tempo durante o ano causando ciclos de hidratação e desidratação (ciclos de HD) nas sementes (Meiado, 2012; Aragão *et al.*, 2002, Dantas *et al.* 2020; Lima; Meiado, 2017).

Além disso, as sementes de espécies nativas que passam por ciclos de hidratação descontínua demonstram um aumento significativo da porcentagem de germinação resultando em plântulas mais vigorosas com maior índice de sobrevivência, além da produção de mudas vigorosas (Aragão *et al.* 2002; Sánchez-Soto *et al.*, 2005; Lima *et al.*, 2018). Do mesmo modo, a hidratação descontínua promove memória hídrica na semente apresentando a capacidade de armazenar substâncias bioquímicas e alterações fisiológicas (Meiado, 2012; Aragão *et al.*, 2002).



CAPÍTULO 1

Morfologia e fenologia de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett associadas às estações climáticas em floresta sazonal seca

Sandra Rodrigues da Silva^{1*}, Barbara França Dantas²

^{1*} Universidade Estadual de Feira de Santana- UEFS. Av. Transnordestina, s/n - Feira de Santana, Novo Horizonte – BA-Brasil, 44036-900

² Embrapa Semiárido. Rodovia BR-428, Km 152, s/n - Zona Rural, Petrolina – PE- Brasil, 56302-970

* Corresponding author: Sandra Rodrigues da Silva sandrabotanica.18@gmail.com

Email addresses

S. S: sandrabotanica.18@gmail.com

B. D: barbara.dantas@embrapa.br

ORCID identifier of authors (for non-ambiguous identification of authors)

Sandra Silva: Orcid- 0000-0001-6777- 4535

Bárbara Dantas: Orcid- 0000-0002-2375-9373

RESUMO

O conhecimento sobre as fases fenológicas e parâmetros ecomorfológicos é essencial para compreender as estratégias de reprodução das plantas e sua adaptação ao ambiente semiárido. Este estudo teve como objetivo acompanhar as fases fenológicas durante os períodos seco e chuvoso, além de caracterizar morfológicamente *Commiphoraleptophloeos*. Foram avaliadas 30 matrizes onde foram analisadas a morfologia e as fenofases vegetativas e reprodutivas. Dados de precipitação e temperatura foram registrados mensalmente. *Commiphoraleptophloeos* apresenta folhas alternas, compostas, imparipenadas, com três a nove folíolos ovais. Suas inflorescências ocorrem em panículas axilares, com flores pequenas (3 a 4 mm), de coloração verde-clara. O fruto é um drupoidefilotrimídio, verde, com polpa agridoce e uma semente ovalada, rígida, rugosa, com cerca de 1,5 cm. A semente tem duas porções — preta e branca — recobertas por arilo vermelho. As plântulas mostram eófilos compostos por folhas verdes, alternas, trifolioladas e pecioladas. A brotação inicia-se no período seco (agosto a setembro), intensificando-se na estação chuvosa (novembro a dezembro), com folhagem nova até abril. De maio a junho, predominam folhas maduras, e a queda foliar se acentua de junho a novembro. A brotação e formação de botões ocorrem de outubro a dezembro; a frutificação, de dezembro a abril, com pico em março. A dispersão dos frutos e sementes acontece entre janeiro e abril. Conclui-se que as fenofases são influenciadas pela disponibilidade hídrica e seguem padrões sazonais, sendo a estação chuvosa o período mais indicado para a coleta de sementes.

Palavras-chave: Disponibilidade de água; Sazonalidade; Semiárido; Umburana-de-Cambão.

1.1 Introdução

Áreas de vegetação nativa degradadas nos ecossistemas do Brasil e de outras regiões do mundo têm sido alvo de estudos voltados à restauração ecológica, em resposta aos impactos causados pelas atividades humanas (Cai *et al.*, 2019; Mahmoodiet *al.*, 2023; Sandoval *et al.*, 2023). Um dos temas que está recebendo bastante atenção relaciona-se com estudos das fases fenológicas e morfologia de espécies arbóreas nessas regiões (Fuchs; Lobo; Quesada, 2003; Miranda *et al.*, 2023).

Na região semiárida, a escassez hídrica exerce uma influência sobre a vegetação e essa varia no decorrer do tempo, proporcionando uma diversidade na fisionomia dessa vegetação. Devido a esses fatores, a vegetação da Caatinga possui adaptações morfofisiológicas para sobreviver nas adversidades climáticas, o que proporciona uma diferença na estrutura e composição florística, elevando o grau de endemismo (Nascimento *et al.*, 2020).

Florestas secas são bem representadas pela Caatinga na região Nordeste do Brasil e ocupam aproximadamente 11% do território brasileiro (844.453 km²). Caracteriza por possuir um clima sazonal com uma estação chuvosa (novembro a abril) e uma estação seca (maio a outubro); tais áreas vêm sofrendo perturbação antrópica, a exemplo de atividades agrícolas e pastagens (Jesus *et al.*, 2023).

Uma das espécies vegetais ameaçadas do bioma Caatinga é *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae), popularmente conhecida como umburana-de-cambão, imburana-de-cambão ou imburana-de-espinho. É uma espécie florestal utilizada para fins madeireiros incluindo artesanato, cercas, ferramentas agrícolas, como também no uso não madeireiro, sendo utilizada na medicina tradicional (Árvores do Cerrado, 2017). Além disso, seus troncos secos são utilizados como sítios de nidificação para abelhas sem ferrão e as do gênero *Xylocopa* (Macedo *et al.*, 2020).

C. leptophloeos é uma das espécies mais representativas do bioma Caatinga por apresentar características morfológicas peculiares, a exemplado seu tronco tortuoso e muito esgalhado, dotado de espinhos agudos e fortes, apresentando ramificação cimosa com uma copa ampla e irregular muito esgalhada, com ramos cinzentos, roliços, lenticelados, contendo casca medindo até 0,63 cm de espessura, moderadamente espessa, ritidoma de cor amarelada, membranáceo apresentando característica lisa, lustrosa, desprendendo-se em lâminas delgadas irregulares e quebradiças, bem como a parte interna da casca é rosada, exsudando resina incolor, circundada por periderme verde; sua madeira é leve a moderadamente pesada com cerne marrom-claro a amarelo-avermelhado. É arbórea (arvoreta a árvore), de comportamento decíduo heliófila, caducifólia, dioica apresentando troco com dimensões próximas a 12 m de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo) na idade adulta (Maia, 2012).

Suas folhas são alternas, de coloração verde-clara-rosadas quando bem jovens, compostas, imparipinadas, pilosas com 3-9 folíolos opostos, curto, peciolados ou sésseis, ovais a elípticos, de base obtusa a arredondada, ápice agudo a obtuso, margem denteada, medindo de 1,5 a 3,5 cm de comprimento, com odor de terebentina (Árvores do Cerrado, 2017).

Quanto à inflorescência, apresenta-se em panículas axilares, subterminais, pilosas, de 5-8 cm de comprimento. Quanto às flores, são isoladas ou reunidas em pequenos grupos, seu tamanho pequeno medindo de 3mm a 4mm de comprimento, corola amarelada e cálice avermelhado, diclamídeas, actinomorfas, pentâmeras, unissexuais, dispostas em flores masculinas com androceu diplostêmone, já as flores femininas apresentam ovário súpero, uniovulado de coloração verde bem clara. Dessa forma, a espécie *C. leptophloeos* é dioica com sistema reprodutivo do tipo alógama, facilitando a polinização por abelhas silvestres sem ferrão, pertencentes aos gêneros *Meliponae Trigona*. Apresenta características decíduas, heliófita, xerófita, com dispersão contínua, porém ampla, com sementes disseminadas por pássaros (zoocórica) (Lima; Rodal, 2010).

Seus frutos são do tipo drupoide, elipsoide a subgloboso, sub-apiculado, monospermico, deiscente, de cor verde, medindo em torno de 1,5 cm de diâmetro, além disso, na fase imatura são resiníferos e com odor de terebentina. Esses amadurecem de quatro a cinco meses, e sob insolação se abre ao meio, liberando uma única semente rígida e rugosa, medindo 1cm de diâmetro de cor negra na base, sendo revestida por um arilo vermelho (Carvalho, 2008).

Dessa forma, para a utilização dos recursos naturais da vegetação do bioma Caatinga de forma sustentável, necessita-se de um conhecimento mais aprofundado a respeito das fases fenológicas e morfologia das espécies afim de estabelecer ações baseadas na reprodução dessas espécies que preservem seu patrimônio genético e sua utilização de forma racional e sustentável (Miranda *et al.*, 2023).

Com isso, a fenologia busca compreender a periodicidade dos fenômenos em seres vivos, relacionando-os com fatores ambientais (Laurance *et al.*, 2004; Bergamaschi, 2007). Assim, o conhecimento acerca da fenologia e maturação de frutos e sementes no bioma Caatinga deve ser considerado importante em trabalhos de conservação permitindo assim um acompanhamento rigoroso no desenvolvimento de espécies vegetais (Miranda *et al.*, 2023).

Os processos fenológicos envolvem eventos como floração, frutificação, brotamento foliar e abscisão de folhas e frutos. Esses eventos podem estar associados a fatores ambientais, como clima, solo e disponibilidade de água, e estabelecendo relações ecológicas entre plantas e animais. Tais interações são resultado da coevolução entre as plantas, seus polinizadores e dispersores (Reed *et al.*, 1994; Fenner *et al.*, 1998). Assim, determinadas espécies, a exemplo das que habitam em ambientes áridos, podem apresentar maior produtividade em um período específico do ano, obtendo benefícios no período com maior disponibilidade de nutrientes e maior quantidade de luz e água (Almeida; Alves, 2000).

Nesse sentido, em ambientes fragmentados, pode haver alterações nos padrões fenológicos decorrentes da redução da biodiversidade (Tabarelliet *al.*, 2010). Essas mudanças ambientais ocasionadas pela atividade humana comprometem a reprodução das espécies vegetais pela perda de polinizadores e pela redução do fluxo de pólen (Aguilar *et al.*, 2006). Geralmente, o sucesso reprodutivo de uma espécie está relacionado às estratégias fenológicas por elas utilizadas, principalmente o padrão fenológico, a alta sincronia entre os indivíduos e a combinação de variados mecanismos reprodutivos (Souza *et al.*, 2014).

O conhecimento da fenologia das plantas é essencial para o reflorestamento de áreas nativas. Assim, trabalhos sobre a dinâmica das populações vegetais, sucessão ecológica e regeneração dos ecossistemas devem ser alinhados com a fenologia vegetal (Menezes *et al.*, 2024; Bezerra-Silva *et al.*, 2024; Costa *et al.*, 2021). Alguns trabalhos envolvendo fenologia de

espécies do gênero *Commiphora* evidenciam a influência da precipitação (Dejeneet *et al.*, 2016; Silva; Espírito-Santo; Santo, 2020) e da duração do dia na fenologia desse grupo (Silva; Espírito-Santo; Santos, 2020). Dekker e Smit (1996) pontuaram ainda o curto período de manutenção de folhas em duas espécies de *Commiphora* e áreas de savana. Há ainda influência da temperatura nos padrões de floração e frutificação neste gênero (Singhal; Gaur; Tomar, 2014).

Estudos dessa natureza envolvendo *C. leptophloeos* em regiões de caatingas são escassos na literatura, sendo necessário desenvolver pesquisas nessa linha para subsidiar ações de conservação dessa espécie ou para o manejo sustentável, visto sua importância ao desempenhar diversos serviços ecossistêmicos nesse importante bioma.

Considerando que as fases fenológicas, morfologia e demais parâmetros ecomorfológicos são importantes para o entendimento das estratégias adotadas pelas plantas para adaptação ao ambiente, o objetivo desta pesquisa foi acompanhar as fases fenológicas associadas ao período seco e chuvoso, bem como caracterização morfológica de estruturas vegetativas e reprodutivas de *C. leptophloeos*.

O referido trabalho apresenta as seguintes hipóteses: *C. leptophloeos* apresenta uma fenologia similar a outras espécies nativas de regiões áridas e semiáridas com as fenofases dependentes da disponibilidade de água e temperatura.

A melhor época de coletar as sementes de *C. leptophloeos* é durante o período chuvoso.

1.2 Material e métodos

1.2.1 Área de estudo

As 30 matrizes de *C. leptophloeos* utilizadas nas coletas das informações fenológicas estavam localizadas em três regiões sendo dez matrizes para cada região com espaçamento entre dez a 30 metros entre plantas, dentre as regiões A primeira foi a Universidade Federal do Vale do São Francisco (Campus Ciências Agrárias), situada no município de Petrolina-Pernambuco (09°16'10" S, 40°33'43" W), inserida na região do Vale do Submédio São Francisco

A segunda foi a comunidade de Maniçoba (Juazeiro-Bahia - 09°19'44" S; 40°17'49" W), caracterizada por áreas agrícolas irrigadas intensamente gerenciadas com cerca de 9.087,75 hectares irrigadas, sendo 179 lotes com 4.225,86 ha na área empresarial, 242 lotes com 2.933,00 ha na área de pequenos produtores, dez lotes com 863,61 ha nas associações e 246 lotes com

1.065,28 ha na área de terceiros. Totalizando 667 lotes cadastrados (Distrito Irrigado de Maniçoba, [2025]).

A terceira foi a comunidade de Malhada da Areia (Juazeiro-Bahia - 09°26'36" S; 40°30'20" W), caracterizada como uma comunidade rural de agricultura familiar e criação de caprinos. Possui uma vasta área de Caatinga com 4.080.000 m², sendo uma parte cercada com 490.000 m² para fins de pesquisa (área de conservação de Caatinga pertencente ao IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada). A região está inserida no bioma Caatinga, tendo uma vegetação característica do domínio fitogeográfico floresta seca tipo xerófila em Juazeiro-Bahia (Figuras 1A, 1B, 1C). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é BswH, que corresponde à região semiárida muito quente, com temperatura mínima de 18,8 °C, média 26,2 °C e máxima de 32,4 °C, com índice pluviométrico anual de 490,7 mm, com chuvas concentradas de novembro a abril e o período seco entre maio e outubro com vegetação típica de Caatinga (Amorim Neto, 1989).

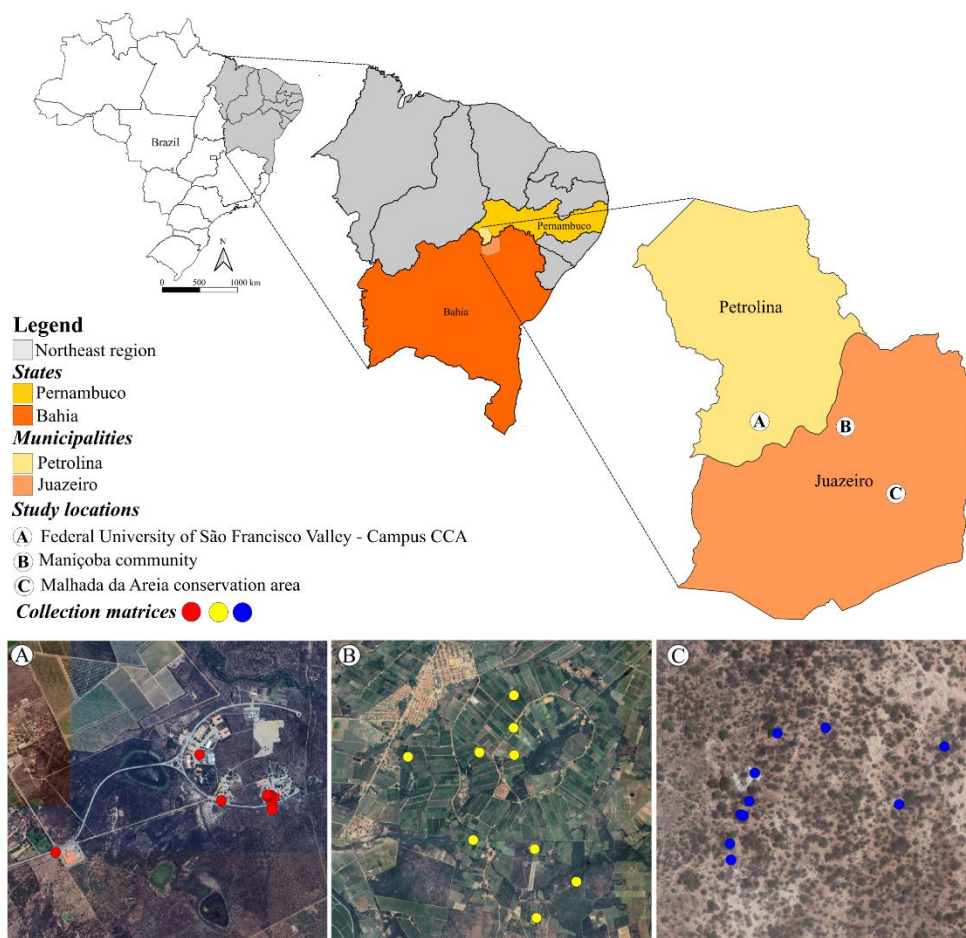


Figura 1 - Mapa da localização das matrizes de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) utilizadas para coletas de informações fenológicas mostradas no presente estudo.

1.2.2 Acompanhamento das fenofases e coleta de dados

Antes das coletas dos dados fenológicos, realizou-se um levantamento nas áreas de estudo, onde foi definido o tamanho amostral mínimo de dez indivíduos em cada área, totalizando 30 matrizes com distância mínima de 10 m entre matrizes, possibilitando, assim, o acompanhamento das populações, registro dos períodos de brotação, floração, frutificação, coleta de frutos e sementes. Todos os indivíduos usados nas coletas foram classificados como adultos. As plantas mensuradas receberam uma placa de alumínio com uma identificação numérica e foram mapeadas com coordenadas geográficas.

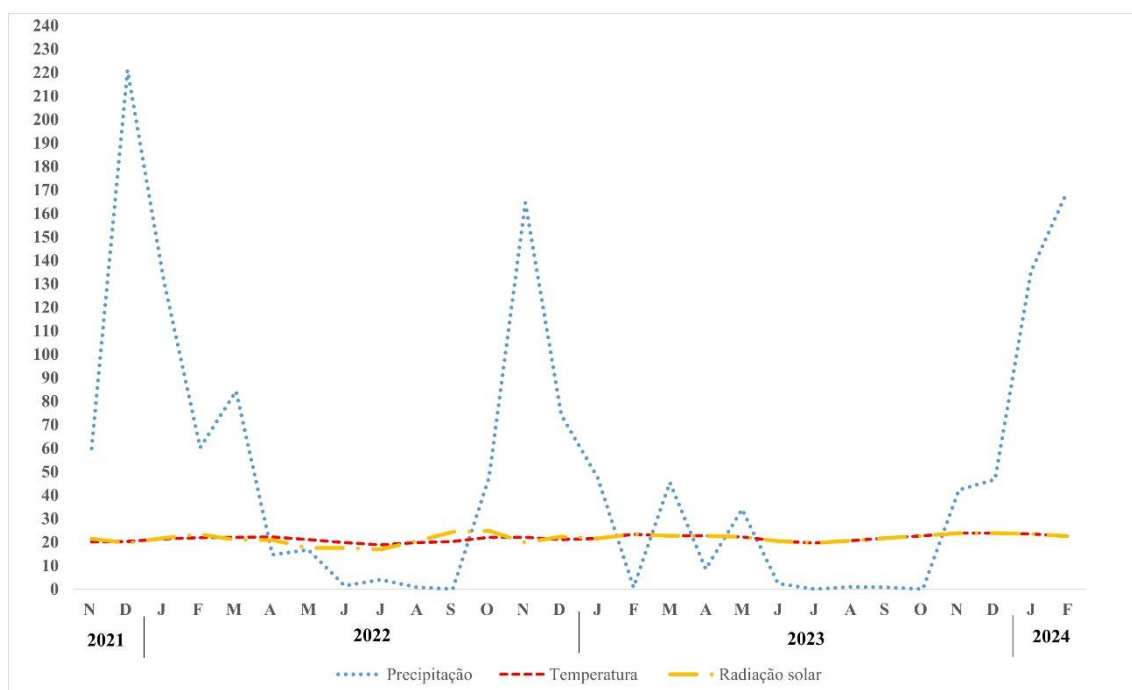


Figura 2 - Precipitação, temperatura e radiação solar durante todo o período de avaliação das fenofases de *C. leptophloeos*.

As informações foram coletadas durante os meses de novembro de 2021 a fevereiro de 2024 (Figura 2). As matrizes de coletas foram georreferenciadas por GPS usando o aplicativo (NOTCAM). Além disso, também foram registrados os dados meteorológicos de precipitação e temperatura mensalmente. Para coleta dos dados fenológicos de acordo com Fournier e Charpentier (1975), foram realizadas observações periódicas em 30 indivíduos, com registros mensalmente sobre a presença e ausência dos eventos de: a) mudança foliar: brotação, folhas novas, folhas maduras, desfolha e desfolha total; b) floração: botões florais, início da floração e final da floração; e c) frutificação: frutos verdes, frutos maduros, dispersão de frutos e sementes.

As amostras contendo as estruturas da planta de *C. leptophloeos* foram mantidas em sacos de nylon e levadas para o Laboratório de Olericultura da Universidade Estadual da Bahia (UNEB) para análise de identificação morfológica e biométrica. Os frutos selecionados foram armazenados à temperatura ambiente por 12 horas até o início das análises morfológicas. Também foi feita a descrição morfológica, com informações sobre tipo de fruto, forma, consistência, coloração, textura e número de sementes.

Das sementes, foram descritos o tegumento (cor, textura e consistência), posição do hilo, micrópila e embrião. As sementes foram tratadas com solução de 50 ml de hipoclorito 2% mais 50 ml de água destilada por três minutos para desinfestação superficial e, em seguida, lavadas em água destilada. Após, foram postas em rolos de papel (embebidos em água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel) obedecendo a posição da semente com emissão da raiz para baixo, os rolos foram postos em sacos plásticos, amarrados com ligas, para evitar a perda de água e acondicionados verticalmente em béquer grande onde as plântulas cresceram uniformemente. A posição do papel com raízes e caules eretos e intactos foram mantidas para facilitar as observações. A germinação foi conduzida em câmaras do tipo B.O.D. reguladas para as temperaturas constantes de 25 e 30 °C, fotoperíodo de 12 horas utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W). Também foram mensuradas as características de plântulas (cor, forma e número de folíolos, hipocótilo e raiz).

1.2.3 Análise de dados

A relação entre as fenofases avaliadas e as variáveis ambientais foi testada pela correlação de Spearman, mais indicada para quando os pressupostos da normalidade e homogeneidade dos resíduos não são obedecidos. As análises de ocorrência e intensidade das fenofases foram avaliadas em dois anos de estudo por meio do pacote *circular* (Agostinelli; Lund, 2023). Os meses foram convertidos em ângulos com intervalos de 30° (0 a 360°). Calculou-se o ângulo médio, data média, comprimento médio do vetor, desvio padrão e a significância do ângulo médio pelo teste de Rayleigh (z) para distribuições circulares (Morellato; Alberti; Hudson, 2010; Zar, 2010). Fenofases com comprimentos de vetor (r) superiores a 0,5 e significância estatística confirmada pelo teste de Rayleigh foram classificadas como sazonais (Morellato; Alberti; Hudson, 2010). Os resultados considerados foram as médias das três áreas, apesar destas serem distintas.

1.3 Resultados

1.3.1 Morfologia de *Commiphora leptophloeos*

Para plantas mais velhas, o caule das matrizes de *C. leptophloeos* apresenta altura variando de 5 a 10 m, a madeira de cor vermelha alaranjada e muito esgalhada, dotada de espinhos agudos e fortes com resina na casca que, por sua vez, é lisa desprendendo em lâminas finas e uniformes apresentando cor verde-claro ou avermelhada. Para as plantas mais jovens, com cerca de um a dois anos, elas apresentaram caule com altura variando de 2 a 3 m de cor cinza-claro e liso desprovido de lâminas e resina, disposto em várias galhas e espinhos (Figura 3).

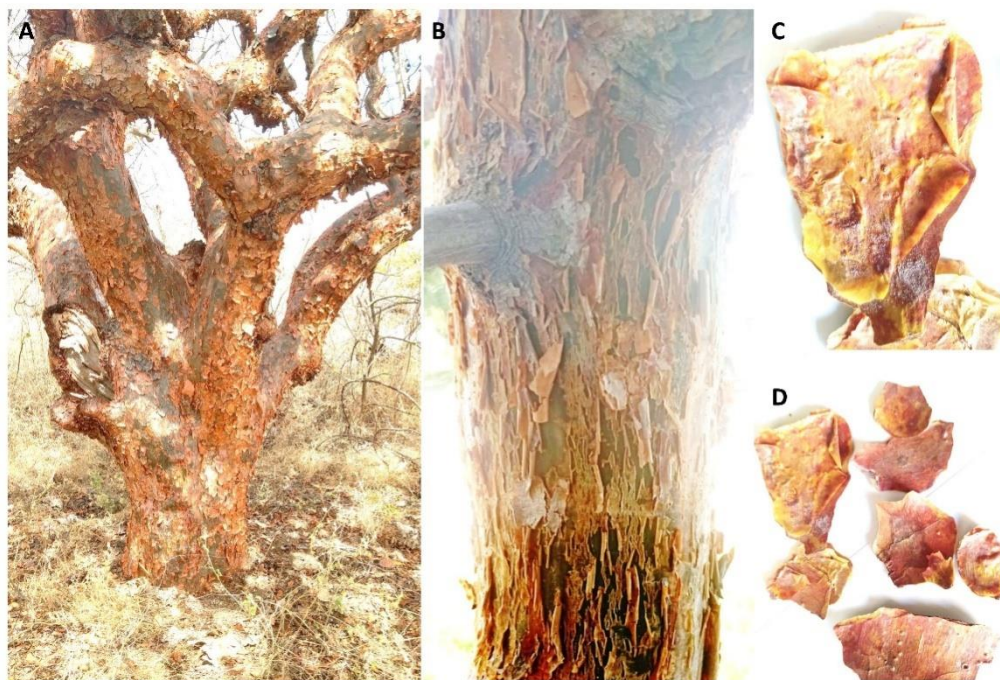


Figura 3 - Morfologia do caule de *C. leptophloeos*. A: Caule de *C. leptophloeos*; B, C e D: casca em lâminas finas e uniformes apresentando cor verde-claro ou avermelhada.

Fonte: acervo pessoal (2023).

As folhas são alternas, pilosas de coloração verde-clara quando bem jovens, compostas, imparipenadas. Em fase de plântulas, apresentam um par de paracotilédones e um par de eofilostriolar. Já para fase de plantas “adultas”, as folhas apresentam de cinco a nove folíolos ovais, medindo de 1,5 a 3,5 cm de comprimento, compostas por três folíolos na fase inicial (cerca de três meses), cinco folíolos (aos cinco meses), comumente sete folíolos (aos nove meses) e após um ano pode apresentar nove folíolos ou planta contendo ambas quantidades de

folíolos aqui citados, sendo folíolos opostos, curto-peciolados ou sésseis, sendo que para plantas mais velhas, os folíolos são ovados a elípticos, de base obtusa a arredondada, já para plantas jovens até dois anos ou em fase de muda, apresentam ápice agudo a obtuso com margem denteada (Figura 4).

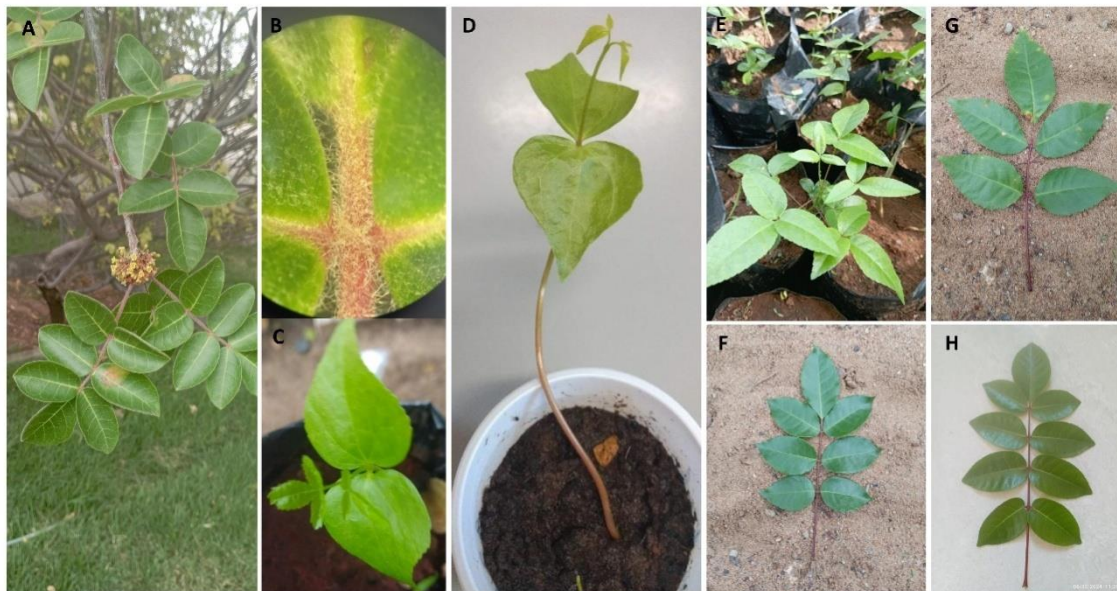


Figura 4 - Morfologia da folha de *C. leptophloeos*. A: folha em planta adulta no campo (5 anos); B: folha com tricomas vistos ao microscópio; C: e D: (2 meses); E: Plantas jovens fase de mudas em viveiro (4 meses); F: Plantas jovens fase de mudas em viveiro (8 meses); G: Plantas jovens fase de mudas em viveiro (6 meses); H: Plantas jovens fase de mudas em viveiro (12 meses).
Fonte: acervo pessoal (2023).

As inflorescências estão dispostas em panículas, subterminais, pilosas, de 5-8 cm de comprimento. Flores com corola amarelada e cálice avermelhado, diclamídeas, actinomorfas, pentâmeras, unissexuais, de 4-6 mm de comprimento; contendo flores masculinas com androceu diplostêmone: flores femininas com ovário súpero, uniovulado (Figura 5).



Figura 5 - Morfologia de flores de *C. leptophloeos*. A: inflorescência, B: botão e flor, C e D: anteras com grãos de pólen.

Fonte: acervo pessoal (2023).

O fruto é drupoide do tipo filotrimídio, de cor verde, com polpa agri-doce e comestível quando maduro contendo uma única semente (Figura 6). Sob insolação, o fruto, ainda na cor verde, abre-se ao meio por um estalo, ao se abrir em duas partes, desprende-se da planta caindo no solo deixando a sementes presas por um pedúnculo na planta, na qual irá cair cerca de três dias após a queda do fruto. Esse sistema de dispersão pode estar associado à zoocoria, pois os pássaros se alimentam das sementes ainda na planta. Frutos e sementes caídas no chão são consumidas por forrageadores, a exemplo de aves, caprinos e formigas. As formigas consomem todo o arilo, as aves quebram a semente retirando a parte que compõe o embrião e os caprinos consomem as sementes e os frutos por completo.

As sementes de *C. leptophloeos* são rígidas, carúncula e rugosa de formato ovalado medindo cerca de 1,5 cm de diâmetro, contém uma parte negra e outra parte branca, onde é coberta por um arilo vermelho (Figura 6). O pico de atividade e intensidade de frutos imaturos e maduros foi registrado nos meses de novembro a março. A dispersão de diásporos desta espécie foi classificada como zoocórica, percebe-se a importância da estação chuvosa para reprodução das espécies zoocóricas, uma vez que a umidade, presente nesta estação, é imprescindível para o desenvolvimento dos frutos carnosos.



Figura 6 - Fruto e semente de *C. leptophloeos*. A: Fruto na planta; B: Fruto aberto naturalmente ao meio contendo uma única semente negra e arilo carnosso vermelho; epicarpo (externa), endocarpo (intermediária) e mesocarpo (em contato com a semente); C: Semente do fruto (esquerda) e semente do chão (direita).

Fonte: acervo pessoal (2023).

A germinação de sementes de *C. leptophloeos* é do tipo epígea e a plântula é fanerocotiledonar, pois durante a germinação seus cotilédones foram visíveis e elevados acima do nível do solo e expandem-se liberando por completo o tegumento.

Observou-se no 4º dia após a semeadura que as sementes apresentaram um efeito entumecido e com coloração mais escura, sendo possível verificar o início da abertura do tegumento com a protrusão e expansão da radícula e subsequente elevação do hipocótilo. Inicialmente, os cotilédones permaneceram envoltos pelo tegumento e, aproximadamente após oito dias, a plântula liberou e abriu os cotilédones. Aos 20 dias, assistiu-se o desenvolvimento dos eófilostrifoliar (Figura 7).

A raiz apresentou cor branca e pilosa até 8º dia e depois passou a apresentar uma cor marrom com partes secundárias a partir do 10º dia. O hipocótilo apresentou-se curvo até o 7º

dia de cor verde-esbranquiçada e após 15 dias passou a apresentar uma cor rosa avermelhado e longo.

As plântulas apresentaram um par de paracotiledones no 8º dia e eófilos ao 15º dia com folhas: verdes, compostas, trifolioladas, pecioladas, folíolos elípticos, base arredondada, ápice cuneado, margem serrilhada, venação camptódroma; epicótilo: verde, reto, cilíndrico; cotilédones: bem definidos, verdes, opostos, patente, ovado, base subcordada, ápice atenuado, margem levemente denteados, venação foliar actinódroma; pecíolos: verdes, alongados, cilíndricos, pilosos, parte adaxial atropurpúrea e abaxial verde, piloso; hipocótilo: atropurpúrea, reto, o caule levemente curvo na base, cilíndrico, liso com presença de estrias brancas e lenticelas; raiz: creme, alongada, cilíndrica, lisa, com formação bem definida do sistema radicular secundário. Além disso, verificou-se que a raiz primária apresenta pelos de coloração branca, com curvatura acentuada no início com crescimento linear e constante e formação dos primeiros folíolos (Figura 7).

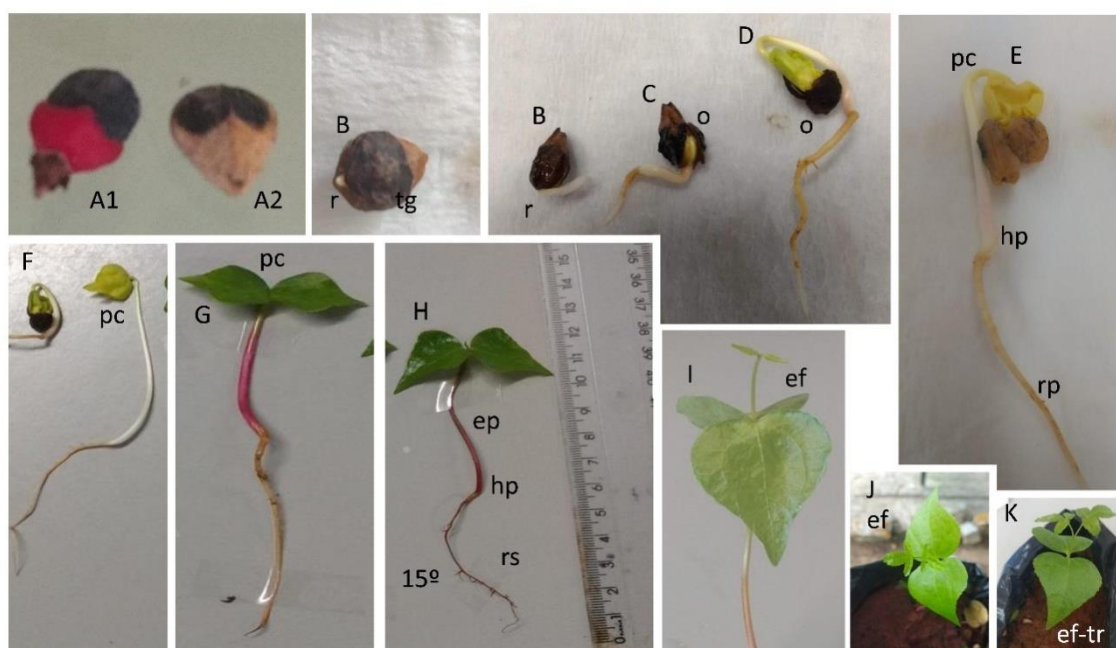


Figura 7 - Fases de desenvolvimento das plântulas de *C. leptophloeos*. A1: semente com arilo; A2: Semente úmida sem arilo; B: Protrusão da radícula; C: abertura do opérculo; D: Emergência dos paracotilédones; E: Diferenciação da raiz e do hipocótilo; F: Plântula com paracotilédones aderidos; G: Plântula normal com paracotilédones expandido; H: Surge raízes secundárias; I: Surge os eófilos; J: Desenvolvimento dos eófilos; K: par de Eófilos Trifoliar. (tg: tegumento; o: opérculo; r: radícula; hp: hipocótilo; cl: colo; rp: raiz primária; pc: paracotilédone; ga: gema apical; ef: eófilo; eftr: eófilotrifoliar; ep: epicótilo; rs: raiz secundária).

Fonte: acervo pessoal (2023).

1.3.2 Fenologia de *C. leptophloeos*

Fenofases vegetativas em C. leptophloeos

A fase de brotação iniciou-se no período seco de agosto a dezembro, com maior intensidade nos meses de novembro e dezembro (período chuvoso) (Figura 8 A) com folhagem nova até o mês de abril (Figura 8 B). Durante os meses de maio e junho, houve predominância de folhas maduras nos indivíduos (Figura 8 C). A queda foliar aumenta durante toda a estação seca com início em julho (Figura 8 D), sendo acentuada com desfolha total nos meses de agosto a novembro (Figura 8 E).

Os episódios de folhas maduras e desfolha foram mais concentrados nos períodos secos, com exceção das folhas novas, que foi mais presente no período chuvoso (Figura 8 B). A presença de folhas novas apresentou correlação positiva com a precipitação e a temperatura média, a desfolha apresentou uma correlação negativa com a temperatura e a radiação solar, já a desfolha total apresentou correlação negativa com a precipitação e a temperatura média (Tabela 1).

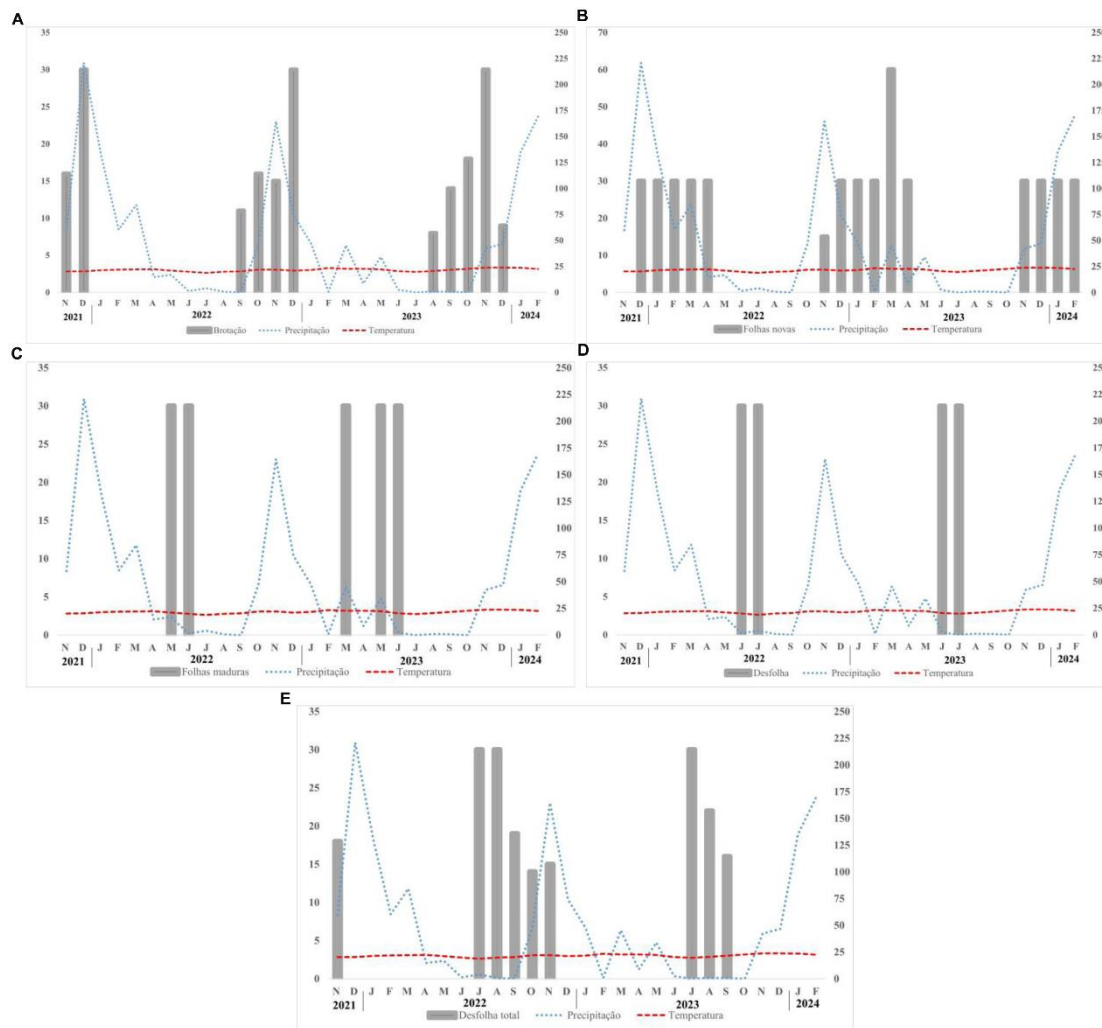


Figura 8 - Fenofase vegetativa e variáveis climáticas em *C. leptophloeos*. Eixo principal (n. de indivíduos) eixo secundário (precipitação em mm e temperatura média em °C). A: brotação, B: folhas novas, C: folhas maduras, D: desfolha e E: desfolha total.

Fenologia reprodutiva C. leptophloeos

As fenofases reprodutivas de *C. leptophloeos* foram observadas no período de transição da estação seca para chuvosa, de setembro a março, período quente e úmido. *C. leptophloeos* apresenta características peculiares durante a estação chuvosa representando a fase de brotação e formação de botões florais, especialmente no período de outubro a dezembro (Figura 8A e Figura 9A, respectivamente). Consequentemente, durante as chuvas de dezembro, houve um pulso para atividade de floração que vai até janeiro. A frutificação teve início em dezembro e foi até abril (Figura 9). A dispersão dos frutos e sementes ocorreu durante os meses de janeiro a abril (Figura 9). Dessa forma, pode-se afirmar que a produção de frutos está intrinsicamente ligada ao período chuvoso (Figura 9).

As fenofases reprodutivas correlacionaram-se positivamente com a precipitação média (Tabela 1), mostrando que a floração e frutificação, e consequentemente, a produção e obtenção de sementes de *C. leptophloeos* foram influenciadas pelo período chuvoso e não necessariamente pela temperatura, exceto para a dispersão que apresentou correlação positiva apenas com a temperatura média e frutos verdes que se correlacionou positivamente tanto com a temperatura média quanto a precipitação (Tabela 1). A floração (botões florais, início e final da floração), frutificação (frutos verdes e maduros) e dispersão dos frutos foram presentes apenas no período chuvoso (novembro a abril) (Tabela 2, Figura 9).

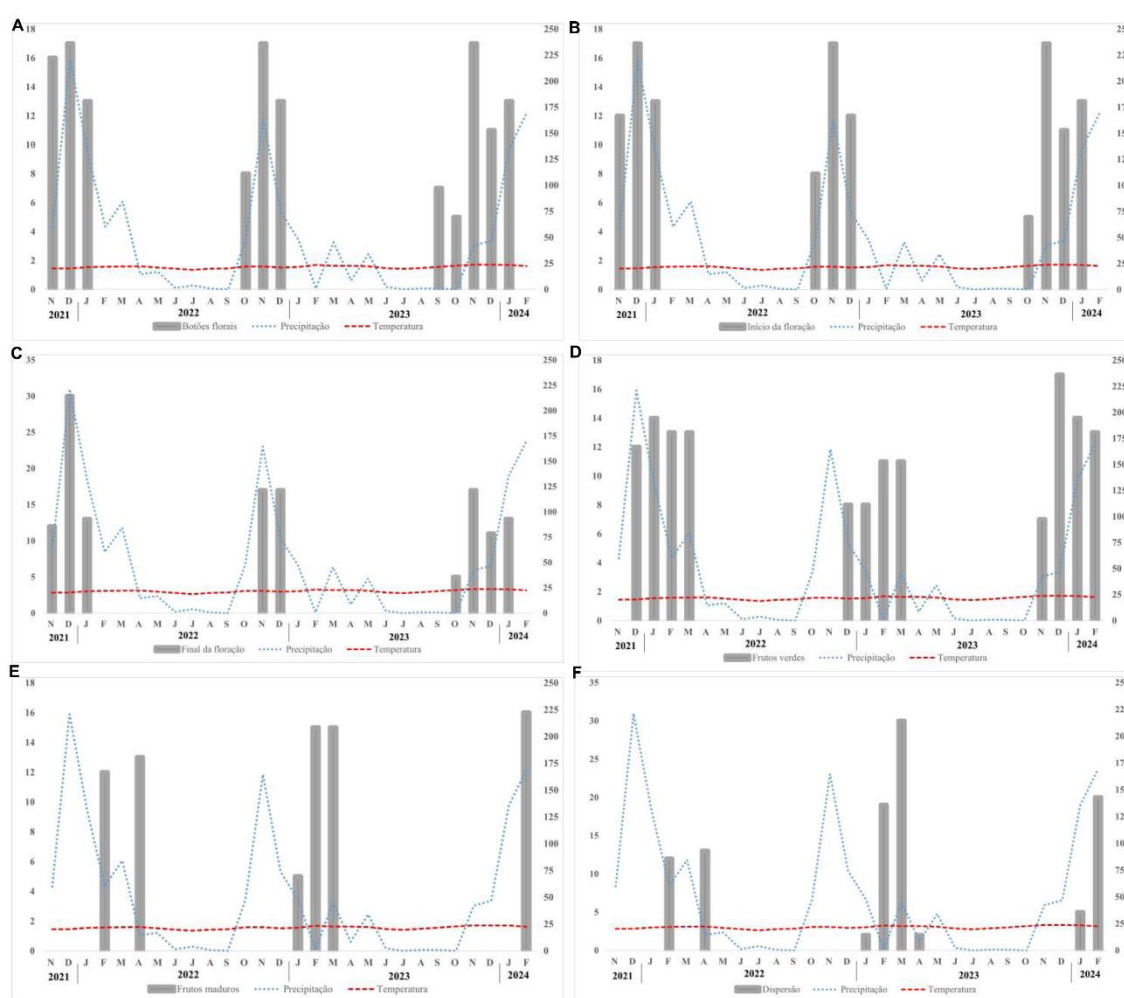


Figura 9 - Fenofases reprodutivas e variáveis climáticas em *C. leptophloeos*. Eixo principal (n. de indivíduos) eixo secundário (precipitação em mm e temperatura média em °C). A: Botões florais; B: Início da floração; C: Final da floração; D: Frutos verdes; E: Frutos maduros; F: Dispersão.

Tabela 1-Correlação entre variáveis ambientais e fases fenológicas de *C. leptophloeos*, na região do semiárido.

Fenofases	Precipitação média (mm)	Temperatura média (°C)	Radiação solar (MJ/m ² /dia)
Brotação	0,11 ns	0,05 ns	0,25 ns
Folhas novas	0,58**	0,59**	0,36 ns
Folhas maduras	-0,14 ns	-0,10 ns	-0,29 ns
Desfolha	-0,37 ns	-0,55**	-0,54**
Desfolha total	-0,40*	-0,60***	-0,26 ns
Botões florais	0,50**	0,18 ns	0,20 ns
Início da floração	0,56**	0,22 ns	0,21 ns
Final da floração	0,52**	0,18 ns	0,11 ns
Frutos verdes	0,63***	0,45*	0,38*
Frutos maduros	0,13 ns	0,34 ns	0,21 ns
Dispersão	0,19 ns	0,49**	0,32 ns

Correlação de Spearman: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001; ns: não significativo.

Tabela 2 - Fases fenológicas de *C. leptophloeos* nos períodos seco e chuvoso durante os anos de 2021 a 2024.

Fenofases – Ano 1	Ângulo médio do vetor	Desvio padrão circular	Comprimento médio do vetor	Teste de Rayleigh	Ano/mês	Período
Brotação	297,65	33,72	0,84	p < 0,001	set, out,nov	Seco/chuvoso
Folhas novas	30	43,82	0,75	p < 0,001	nov, dez, jan	Chuvoso
Folhas maduras	135	15,09	0,97	p < 0,001	jun,jul,ago	Seco
Desfolha	165	15,09	0,97	p < 0,001	ago,set,out	Seco
Desfolha total	227,22	43,54	0,75	p < 0,001	set, out, nov	Seco
Botões florais	319,64	30,47	0,87	p < 0,001	out,nov, dez	Seco /chuvoso
Início da floração	321,43	31,15	0,86	p < 0,001	nov, dez	Seco /chuvoso
Final da floração	330,55	20,30	0,94	p < 0,001	nov, dez	Seco /chuvoso
Frutos verdes	15,59	33,66	0,84	p < 0,001	nov, dez, jan	Seco/chuvoso
Frutos maduros	61,32	30,70	0,87	p < 0,001	fev, mar	Chuvoso
Dispersão	61,32	30,70	0,87	p < 0,001	fev, mar	Chuvoso
Fenofases – Ano 2	Ângulo médio do vetor	Desvio padrão circular	Comprimento médio do vetor	Teste de Rayleigh	Ano/mês	Fenofases – Ano 2
Brotação	287,47	41,82	0,77	p < 0,001	ago, set,out,nov	Seco/chuvoso
Folhas novas	30	47,67	0,71	p < 0,001	out, nov, jan, fev	Seco/chuvoso
Folhas maduras	111,21	38,48	0,80	p < 0,001	abr, mai	Chuvoso
Desfolha	165	15,09	0,97	p < 0,001	mai, jun, jul	Seco
Desfolha total	217,37	43,34	0,75	p < 0,001	ago, set,otu	Seco

Botões florais	296,73	31,39	0,86	$p < 0,001$	set, out, nov	Seco/chuvoso
Início da floração	306,30	20,38	0,94	$p < 0,001$	out, nov, dez	Seco/chuvoso
Final da floração	309,45	20,65	0,94	$p < 0,001$	nov, dez	Seco/chuvoso
Frutos verdes	20,21	33,84	0,84	$p < 0,001$	nov,dez,jan	Frutos verdes
Frutos maduros	38,79	21,10	0,93	$p < 0,001$	fev, mar	Chuvoso
Dispersão	48,25	18,74	0,95	$p < 0,001$	fev, mar	Chuvoso

Fases fenológicas de *C. leptophloeos* nos Períodos chuvoso (novembro – maio) e seco (maio –novembro) Ano 1 – novembro de 2021 a dezembro de 2022; Ano 2 – janeiro de 2023 a fevereiro de 2024.

1.4 Discussão

As características morfológicas de *C. leptophloeos* estão parcialmente de acordo com (Silva *et al.*, 2017), diferenciando-se em aspectos tais como a coloração das plântulas, fato este que pode ser atribuído aos fatores abióticos aos quais as plantas matrizes estão submetidas, tais como luz, disponibilidade hídrica e temperatura na região.

Com relação às interações entre aves, caprinos, formigas e répteis, elas podem afetar negativamente a sobrevivência e germinação de sementes e o estabelecimento de plântulas (Leal; Wirth; Tabarelli, 2007).

No caso de diásporos muito grandes (>1 g), a exemplo da semente, que as formigas não conseguem carregar aos ninhos, é comum que o arilo seja removido por meio das mandíbulas no local pelas formigas, sem remoção das sementes, o que pode afetar a germinação (Leal *et al.*, 2014). A importância relativa de diferentes gêneros para a dispersão de sementes provavelmente varia de acordo com o tipo de vegetação e a disponibilidade de recursos. Pode haver competição entre diferentes espécies pelos diásporos, mas a evidência é circunstancial, baseada em correlações negativas do número de interações entre os diferentes gêneros em uma dada localidade, carecendo de experimentação (Rico-Gray; Oliveira, 2007).

Vegetação presente em solos com baixa concentração de nutrientes em comparação a outros biomas (como a restinga) ou xéricos (como a Caatinga) apresentam uma maior abundância de interações entre formigas, pássaros, sementes e partes dos frutos caídos no solo do que em vegetações mais úmidas ou crescendo sobre solos férteis (Floresta Pluvial Atlântica). Frutos com polpa ou sementes recobertas por arilos ricos em lipídio são mais atrativos para formigas, o que talvez explique o interesse de formigas por estes diásporos (Skidmore; Heithaus, 1988; Brew; O'Dowd; Ray, 1989).

Além das formas descritas acima, as sementes de *C. leptophloeos* são dispersas também por lagartos da espécie *Tropidurus semitaeniatus* que habitam na Caatinga, esses animais se alimentam do arilo aderido à semente de *C. leptophloeos*, na qual é beneficiada por esse tipo de forrageamento, que por sua vez pode reduzir a competição entre sementes e mudas sob a árvore-mãe (Ribeiro; Gogliath; Freire, 2008).

A hipótese de que *C. leptophloeos* apresenta uma fenologia similar a outras espécies nativas de regiões áridas e semiáridas com as fenofases dependentes da disponibilidade de água, a temperatura foi corroborada. Observou-se que os meses de chuvas influenciaram as fenofases de *C. leptophloeos*. Souza (2022) verificou que a espécie de *C. leptophloeos* apresentou picos de floração durante a estação chuvosa, a espécie apresentou um pico de produção de botões florais nos meses de novembro e dezembro, semelhante aos resultados encontrados nesse trabalho, que teve seu início de produção em novembro e chegando ao seu pico máximo de produção de botões florais, no mês de dezembro. Essa variação pode ser explicada pela característica climática da região. Trabalhos com outras espécies dos gêneros *Commiphora* também reforçam a influência da precipitação e da temperatura na fenologia desse grupo (Singhal; Gaur; Tomar, 2014; Dejene *et al.*, 2016; Silva; Espírito-Santo; Santos, 2020).

A disponibilidade hídrica e a presença de frutos em conjunto mostraram ser importantes no aumento da produção de sementes de *C. leptophloeos*, dessa forma, validando nossa hipótese de que a melhor época para coleta de sementes é no período chuvoso. Nossos resultados mostram que há sincronia entre fenofases e períodos de chuva em prol de um melhor desempenho reprodutivo dos indivíduos. Para áreas de caatinga, a precipitação mostra-se um fator limitante para as dinâmicas fenológicas das espécies de plantas (Medeiros *et al.*, 2022).

A floração ocorria simultaneamente com a brotação e frutificação, podendo na mesma época encontrar plantas com brotos, com botões florais, flores abertas e frutos em diferentes estágios, que foi padrão observado em todos os indivíduos de *C. leptophloeos*. Essa sincronicidade entre botões florais e floração também foi evidenciada por Silva *et al.* (2024) em *Cenostigma pyramidale*.

Nesse sentido, as regiões semiáridas apresentam muita irregularidade espacial e temporal relacionadas com as chuvas e, com isso, dispõem de duas estações importantes, a chuvosa, correspondendo a períodos curtos de chuvas que, por sua vez, são consideradas instáveis com intensidade variável, enquanto a seca é um período crítico com estiagem severa. Comumente, durante os períodos de estiagem prolongada, as espécies da Caatinga apresentam uma característica marcante, a caducifolia. Nessas condições, as espécies vegetais apresentaram

dinâmicas de crescimento e desenvolvimento consistentes com os eventos de chuva (Lima *et al.*, 2018; Ivanov *et al.*, 2022; Melo Júnior *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2024).

Essa sincronicidade dos eventos fenológicos reprodutivos em períodos chuvosos não pode ser levado como regra, visto que há espécies que apresentam floração e frutificação em períodos secos, como observado por Lucas *et al.* (2025) em *Sarcomphalusjoazeiro*. Esses autores ainda reforçam que estudos com outras espécies de caatinga são fundamentais para traçar essa interação entre o clima e as espécies vegetais como forma de tornar efetiva as estratégias de conservação. O tipo de vegetação presente na Caatinga (i.e. densa ou aberta) também será um elemento-chave para elaboração de estratégias de conservação, pois em vegetação mais densa há uma maior manutenção das folhagens ao longo do tempo por conta da manutenção da umidade no solo por longos períodos (Jesus *et al.*, 2021).

Os resultados de intensidade e atividade das fenofases reprodutivas de *C. leptophloeos* correlacionaram-se com o período das chuvas. Isso porque a precipitação pluvial em ambientes semiáridos é um fator limitante para o desenvolvimento e sobrevivência de muitas espécies. Além disso, em períodos de escassez de chuva, os vegetais ativam mecanismos, a exemplo da queda das folhas garantindo sua sobrevivência. Isso foi evidenciado por Costa *et al.* (2021) em *Crotonheliotropiifolius* e por Silva *et al.* (2024) em *Cenostigmapyramidale*. Lima *et al.* (2021) ao diferenciarem espécies com alta e baixa densidade de madeira pontuam que há influência desse fator para as fenofases, sendo espécies com alta densidade de madeira mais influenciadas pela disponibilidade de água e as que apresentam baixa densidade (e.g. *Jatropha mollissima*, *Commiphora leptophloeos*, *Pseudobombax marginatum* e *Manihot pruriens*) sendo mais influenciadas pelo fotoperíodo. No presente estudo, *C. leptophloeos* foi influenciada apenas pela disponibilidade de água e não pela radiação solar, fato que pode estar relacionado à região de estudo.

A queda foliar em *C. leptophloeos* foi bem proeminente durante a estação seca, quando as temperaturas estavam mais altas cerca de 36° C e a precipitação baixa cerca de 2,00 mm. Em períodos de seca, a melhor solução é a perda de folhas, pois evita a transpiração e preserva a água armazenada nos tecidos internos, principalmente em plantas com baixa densidade de madeira, a exemplo de *C. leptophloeos* (Borchert *et al.*, 1994; Lima *et al.*, 2021).

Agradecimentos

As coletas e o apoio logístico em campo foram fornecidos pelo IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada, Embrapa Semiárido- (Empresa Brasileira de

Pesquisa Agropecuária) e UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco). As análises de laboratório foram realizadas no laboratório de olericultura da UNEB (Universidade Estadual da Bahia).

Contribuições dos autores

Todos os autores contribuíram para a concepção e o delineamento do estudo. A preparação do material, a coleta e a análise de dados foram planejadas em reuniões mensais com os autores. Todos os autores comentaram versões anteriores do manuscrito. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Financiamento

Este estudo foi financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) através de uma bolsa concedida.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- AGOSTINELLI, C.; LUND, U. **R package 'circular'**: Circular Statistics (version 0.5-0). 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=circular>. Acesso em: 10 set. 2024.
- AGUILAR, R.; ASHWORTH, L.; GALETTO, L.; AIZEN, M. A. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. **Ecology Letters**, v. 9, n. 8, p. 968-980, 2006.
- ALMEIDA, E. M. de; ALVES, M. A. S. Fenologia de Psychotrianuda e P. Brasiliensis (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, DF, v. 14, n. 3, p. 335-346, 2000.
- AMORIM NETO, M. da S. **Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989.
- ÁRVORES DO BIOMA CERRADO. **Commiphoraleptophloeos**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/?s=commiphora+leptophloeos>. Acesso em: 17 fev. 2024.
- BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G.; NEGRELLE, R.; MORELLATO, L. (ed). **Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. 1 ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 291-310.

BEZERRA-SILVA, A.; ALBUQUERQUE-LIMA, S.; GOMES, V. G. N.; FAGUNDES, A. C. de A.; GOMES, M. T. D.; SILVA, M. T. T. da; MACHADO, I. C.; FUNCH, L. S. When Are Cacti Found with Flowers and Fruits? Estimation of the Reproductive Phenology of the Genus *Xiquexique* Based on Herbarium Data. **Diversity**, v. 16, n. 2, e79, 2024.

BORCHERT, R. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. **Trees**, v. 8, n. 3, p. 115-125, 1994.

BREW, C. R.; O'DOWD, D. J.; RAE, I. D. Seed dispersal by ants: behaviour-releasing compounds in elaiosomes. **Oecologia**, v. 80, n. 4, p. 490-497, 1989.

CAI, A.; WANG, J.; WANG, Y.; MACLACHLAN, I. Spatial optimizations of multiple plant species for ecological restoration of the mountainous areas of North China. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, e302, 2019.

CARVALHO, P. **Imburana-de-Espinho - *Commiphora leptophloeos***. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

COSTA, T. M.; SANTOS, M. G. M. dos; NEVES, S. P. S.; MIRANDA, L. P. de; FUNCH, L. S. Phenological dynamics of *Croton heliotropiifolius* populations in a savanna/caatinga gradient, Chapada Diamantina, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 72, p. 01322020, 2021.

DEJENE, T.; Mohamed, O.; YILMA, Z.; ESHETE, A. Phenology of leaf, flower and fruits of *Boswellia neglecta* and *Commiphora myrrha* in Borena Zone, Southeastern Ethiopia. **HortFlora Research Spectrum**, v. 5, n. 4, p. 269-274, 2016.

DEKKER, B.; SMIT, G. N. Browse production and leaf phenology of some trees and shrubs in different *Colophospermum mopane* savanna communities. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 13, n. 1, p. 15-23, 1996.

DISTRITO IRRIGADO DE MANIÇOBA - DIM. **Quem Somos**. Juazeiro, BA: DIM, [2025]. Disponível em: <https://dim.org.br/quem-somos/> Acesso em: 01 dez. 2025.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FUCHS, E. J.; LOBO, J. A.; QUESADA, M. Effects of Forest Fragmentation and Flowering Phenology on the Reproductive Success and Mating Patterns of the Tropical Dry Forest Tree *Pachira quinata*. **Conservation Biology**, v. 17, n. 1, p. 149-157, 2003.

FOURNIER, L.; CHARPENTIER, C. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. **Turrialba**, v. 25, n. 1, p. 45-48, 1975.

IVANOV, M. M. M.; OLIVEIRA, V. B. de; LEITE, R. de S.; VALE, N. M. O. do; KARASINSKI, M. A.; FERNANDES, G. S. T. Seasonal Dynamics of the Phenology of Native Species from the Seasonally Dry Tropical Forest. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 29, n. 4, e20220032, 2022.

JESUS, J. B. de; KUPLICH, T. M.; BARRETO, I. D. de C.; ROSA, C. N. da; HILLEBRAND, F. L. Temporal and phenological profiles of open and dense Caatinga using remote sensing: response to precipitation and its irregularities. **Journal of Forestry Research**, v. 32, n. 3, p. 1067-1076, 2021.

JESUS, J. B. de; KUPLICH, T. M.; BARRETO, I. D. de C.; GAMA, D. C. Dual polarimetric decomposition in Sentinel-1 images to estimate aboveground biomass of arboreal caatinga. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 29, e100897, 2023.

LAURANCE, W. F.; OLIVEIRA, A. A.; LAURANCE, S. G.; CONDIT, R.; NASCIMENTO, H. E. M.; SANCHEZ-THORIN, A. C.; LOVEJOY, T. E.; ANDRADE, A.; D'ANGELO, S.; RIBEIRO, José E.; DICK, C. W. Pervasive alteration of tree communities in undisturbed Amazonian forests. **Nature**, v. 428, n. 6979, p. 171-175, 2004.

LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. Seed Dispersal by Ants in the Semi-arid Caatinga of North-east Brazil. **Annals of Botany**, v. 99, n. 5, p. 885-894, 2007.

LEAL, L. C.; LIMA NETO, M. C.; OLIVEIRA, A. F. M. de; ANDERSEN, A. N.; LEAL, I. R. Myrmecochores can target high-quality disperser ants: variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorouseuphorbiaceae in brazilian caatinga. **Oecologia**, v. 174, n. 2, p. 493-500, 2014.

LIMA, C. R. de; BRUNO, R. de L. A.; ANDRADE, A. P. de; PACHECO, M. V.; QUIRINO, Z. G. M.; SILVA, K. da R. G. da; BELARMINO, K. da S. M. Fenologia de *Poincianella pyramidalis* (TUL.) L. P. Queiroz e sua relação com a distribuição temporal da precipitação pluvial no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1035-1048, 2018.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1363-1373, 2010.

LIMA, A. L. A. de; RODAL, M. J. N.; CASTRO, C. C.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. L. de; GONÇALVES-SOUZA, T.; SAMPAIO, E. V. de S. B. Phenology of high- and low-density wood deciduous species responds differently to water supply in tropical semiarid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 193, e104594, 2021.

LUCAS, F. M. F.; CHAGAS, K. P. T. das; FREIRE, A. da S. M.; SOUSA, V. R. B. de; VIEIRA, F. de A. Phenological strategies of an evergreen tree in the Caatinga. **PlosOne**, v. 20, n. 3, e 0317522, 2025.

MACEDO, C. R. da C.; AQUINO, I. de S.; BORGES, P. de F.; BARBOSA, A. da S.; MEDEIROS, G. R. de. Nesting behavior of stingless bees. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 21, e58736, 2020.

MAHMOODI, S.; AHMADI, K.; HEYDARI, M.; KARAMI, O.; ESMAILZADEH, O.; HEUNG, B. Elevational shift of endangered European yew under climate change in Hyrcanian mountain forests: rethinking conservation-restoration strategies and management. **Forest Ecology and Management**, v. 529, e120693, 2023.

MAIA, G. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores, 2012.

MEDEIROS, W. P.; PAULA, A. de; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; LEMOS, O. L. Population structure, diametric distribution and use of *Commiphora leptophloeos* (Mart.) JB Gillett in arboreal Caatinga. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 69, n. 1, p. 62-69, 2022.

MELO JUNIOR, J. L. de A.; MELO, L. D. F. de A.; ARAÚJO NETO, J. C. de; SILVA, K. W. S. G. da; SOARES, L. B. F.; FERREIRA, V. M.; PAES, R. de A.; COSTA, J. F. de O.; SILVA, I. C. da; SOUTO, P. C.; CHAVES, L. F. G. Influence of precipitation on reproductive phenophases in *Moringa oleifera* Lam. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 6, p. 833-837, 2022.

MENEZES, I. S.; SANTOS, M. G. M. dos; CERQUEIRA, C. O.; COUTO-SANTOS, A. P. L. do; NEVES, S. P. S.; ROSSATTO, D. R.; MIRANDA, L. D. P. de; FUNCH, L. S. Fruiting phenology in *Aspidosperma discolor* and implications for seed dispersal and population distribution. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 75, e01222022, 2024.

MIRANDA, L. D. P. de; SILVA, B. T. S. da; SANTOS, J. P. A.; RODRIGUES, M. dos S.; TREVISAN, S. H.; MENEZES, I. S.; FUNCH, L. S. Seasonality, dispersal modes, and optimal germination times modulate the fruiting of tropical tree species. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 74, e00652022, 2023.

MORELLATO, L.; ALBERTI, L.; HUDSON, I. Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach. In: HUDSON, I.; KEATLEY, M. ed. **Phenological Research: methods for environmental and climate change analysis**. Heidelberg: Springer, 2010. p 357–371.

NASCIMENTO, K. R. P.; ALVES, E. R.; ALVES, M. V. da; GALVÍNCIO, J. D. Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na Caatinga. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 2, p. 221-231, 2020.

REED, B. C.; BROWN, J. F.; VANDERZEE, D.; LOVELAND, T. R.; MERCHANT, J. W.; OHLEN, D. O. Measuring phenological variability from satellite imagery. **Journal of Vegetation Science**, v. 5, n. 5, p. 703-714, 1994.

RIBEIRO L. B.; GOGLIATH, M.; FREIRE, E. M. X. *Tropidurus semitaeniatus* (Squamata: Tropiduridae) as seed disperser of the plant *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae) in the caatinga of northeastern Brazil. **Cuadernos de herpetología**, Tucumán, v. 22, n. 2, p. 91-94, 2008.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. **The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 2007.

SANDOVAL-MARTÍNEZ, J.; BADANO, E. I.; GUERRA-COSS, F. A.; CANO, J. A. F.; FLORES, J.; GELVIZ-GELVEZ, S. M.; BARRAGÁN-TORRES, F. Selecting tree species to restore forest under climate change conditions: complementing species distribution models with field experimentation. **Journal of Environmental Management**, v. 329, e117038, 2023.

SILVA, J. O.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SANTOS, J. C.; RODRIGUES, P. M. S. Does leaf flushing in the dry season affect leaf traits and herbivory in a tropical dry forest? **The Science of Nature**, v. 107, n. 6, 2020.

SILVA, J. A. da; BEZERRA, J. E. F.; GOMES, A. C.; BARBOSA, F. M.; LACERDA, A. V. de. Phenological Behavior of *Cenostigma pyramidale* (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis in an Area of Caatinga in the Semi-Arid Region of Paraíba. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 67, e24230723, 2024.

SILVA, R. C. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; MEUNIER, I. M. J.; BERGER, R. Aspectos fitossociológicos e de crescimento de *Commiphora leptophloeos* no semiárido brasileiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n.89, p. 11-18, 2017.

SINGHAL, H.; GAUR, A.; TOMAR, U. Observations on flowering and fruiting in *Commiphora wightii* (Arnott) Bhandari. **European Journal of Medicinal Plants**, v. 4, n. 9, p. 1087-1094, 2014.

SKIDMORE, B. A.; HEITHAUS, E. Raymond. Lipid cues for seed-carrying by ants in *Hepatica americana*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, n. 12, p. 2185-2196, 1988.

SOUZA, D. N. do N.; CAMACHO, R. G. V.; MELO, J. I. M. de; ROCHA, L. do N. G.; SILVA, N. F. da. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 31-42, 2014.

SOUZA, G. C. **Efeito dos fatores ambientais sobre a atividade cambial em *Commiphora leptophloeos*–Burseraceae**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; GIRÃO, L. C.; PERES, C. A.; LOPES, A. V. Effects of Pioneer Tree Species Hyperabundance on Forest Fragments in Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, v. 24, n. 6, p. 1654-1663, 2010.

ZAR, J. H. **Análise Bioestatística**. 5. Ed. Saddle River: Prentice-Hall, 2010.

Agostinelli C, Lund U (2023) R package 'circular': Circular Statistics (version 0.5-0). URL <https://CRAN.R-project.org/package=circular>



CAPÍTULO II

Germinação de sementes e biometria de plântulas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.)

J.B. Gillett associadas a métodos de coletas e tempo de armazenamento: implicações para restauração

RESUMO

Nos últimos anos, a busca e a demanda por sementes e mudas de espécies nativas da Caatinga têm crescido consideravelmente. Contudo, ainda há uma lacuna acerca da época exata ou do estágio de maturação exato para coleta de sementes, bem como uma metodologia eficiente para a produção de mudas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae). O trabalho objetivou verificar germinação e caracterização biométrica de sementes e plântulas de *C. leptophloeos* sob diferentes métodos de coleta e tempo de armazenamento. Durante o ano de 2022 e 2023, frutos contendo sementes, bem como sementes fora do fruto dispersas no chão, foram coletados em 30 matrizes de *C. leptophloeos*. Para os testes de germinação, foram avaliados três tratamentos: A1 - sementes coletadas diretamente no fruto; A2 - sementes coletadas diretamente no chão; e A3 - sementes armazenadas. As sementes dos três tratamentos foram avaliadas antes e após serem enterradas por três meses. Avaliou-se o teor de água, curva de embebição, porcentagem e velocidade de germinação e biometria das sementes e plântulas. As sementes antes do enterrio germinaram em 96 horas e as sementes após o enterrio germinaram em 78 horas de embebição. As sementes de *C. leptophloeos* apresentaram teor de água inicial 7,6%. Para porcentagem de germinação, sementes coletadas diretamente do chão e enterradas por três meses apresentaram maior potencial germinativo (39%) se comparadas às sementes coletadas do fruto (8%) e sementes armazenadas (5,5%). As plântulas das sementes depois de enterradas apresentam maior tamanho de caule e de raiz se comparadas com o tratamento antes de enterrar. Conclui-se que as sementes coletadas diretamente do chão e enterradas por três meses são as mais adequadas para germinação e produção de mudas de *C. leptophloeos* por apresentarem as melhores plântulas.

Palavras-chave: Colheita de sementes; Vigor; Estruturas; Longevidade.

2.1 Introdução

A supressão da vegetação nativa dos ecossistemas brasileiros e do mundo vem ocorrendo devido ao desmatamento para expansão agrícola, causando impactos significativos nos ecossistemas e nos seus serviços ambientais. Essa expansão está diretamente associada ao aumento das queimadas, como também no desequilíbrio climático global (Mello; Feitosa, 2020; Silva *et al.*, 2024). Tamanho impacto nos ecossistemas provenientes dessas atividades vem sendo alvo de estudos e projetos para a restauração ecológica desses ambientes antropogênicos (Calet *et al.*, 2019; Mahmood *et al.*, 2023; Sandoval- Martínez *et al.*, 2023), resultando no aumento da demanda por mudas de espécies arbóreas nativas (Dantas *et al.*, 2019).

No Brasil, a Caatinga é uma floresta tropical seca, sendo o único bioma cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional ocupando cerca de 11% de extensão em uma área de aproximadamente (844.453 km²). Esse bioma é caracterizado pela riqueza biodiversa apresentando florestas arbóreas ou arbustivas, compreendendo principalmente árvores de baixa estatura, arbustos ou subarbustos soltos e abertos com um hábito de crescimento robusto muitos dos quais apresentam algumas características xerofíticas e a presença de espinhos e microfilia (Prado, 2003). Em um completo checklist realizado para o bioma, estima-se 3.347 espécies de plantas dispostas em 962 gêneros e 153 famílias, sendo 526 espécies e 26 gêneros endêmicos (Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2020).

No entanto, o bioma Caatinga enfrenta ameaças por estar inserido em uma região semiárida bastante manejada por apresentar várias atividades econômicas como agricultura de sequeiro criação de rebanhos caprinos e ovinos bem como atividades extrativas a exemplo da exploração madeireira (Maia *et al.*, 2017; IBGE, 2020). Trabalhos recentes apontam que, nas últimas décadas, o bioma Caatinga perdeu 11% da sua vegetação natural, o que corresponde a aproximadamente 6.6 milhões de hectares por conta da expansão da pecuária e agricultura (Rocha *et al.*, 2024).

Uma das espécies vegetais ameaçadas do bioma Caatinga é *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae), popularmente conhecida como umburana-de-cambão, imburana-de-cambão ou imburana-de-espinho. É uma espécie florestal utilizada para fins madeiros incluindo artesanato, cercas, ferramentas agrícolas como também no uso não madeiro, atuando na medicina tradicional, utilizando as cascas e sementes no tratamento de infecções (Árvores do Cerrado, 2017). Além disso, o tronco seco dessa espécie é utilizado como sítios de nidificação para abelhas sem ferrão e as do gênero *Xylocopa* (Macedo *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021) desempenhando um importante serviço ecossistêmico. Assim sendo, para a

utilização de forma sustentável dos recursos naturais dos ecossistemas, faz-se necessário um conhecimento mais aprofundado a respeito das interações e da manutenção dos serviços ecossistêmicos em equilíbrio com as espécies vegetais (Landi *et al.*, 2018) e sua relação direta com projetos de restauração.

São muitas as dificuldades enfrentadas na restauração de áreas degradadas, principalmente com espécies que apresentam características peculiares a exemplo da espécie *C. leptophloeos* que apresenta baixa germinação e baixo estabelecimento de plântulas em ambiente naturais que, para a manutenção e estabelecimento das espécies vegetais em campo, requer uma compreensão sólida acerca da maturação de frutos e sementes, formas de coletas, germinação e morfologia de plântulas afim de se estabelecer ações de acompanhamento rigoroso que, por sua vez, irão identificar o momento ideal de colheita das sementes, sendo fundamental para a produção de mudas e recomposição de área degradada (Dantas *et al.*, 2014, Santiago *et al.*, 2023).

Assim, considerando o valor ecológico e estratégias reprodutivas da espécie *C. leptophloeos* que, ao mesmo tempo, têm sido retiradas do bioma Caatinga de forma desordenada por meio de desmatamento desenfreado resultando no desequilíbrio ambiental, principalmente quando não se tem nenhuma legislação federal que reforça a proteção dessa importante espécie, esse trabalho objetivou verificar a germinação de sementes e biometria de plântulas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) sob diferentes métodos de coletas e tempo de armazenamento. A hipótese do presente estudo é: a) sementes de *C. leptophloeos* coletadas diretamente do chão e armazenadas sob o solo embaixo de uma matriz no período de três meses apresentam maior porcentagem de germinação e maior desenvolvimento das plântulas.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

Foram utilizadas 30 matrizes de *C. leptophloeos* para coletas das sementes em três diferentes áreas do semiárido, sendo dez matrizes em cada área com espaçamento entre dez a 30 metros entre plantas. As sementes foram coletadas nas comunidades de Maniçoba (Juazeiro-Bahia - 09°19'44"S; 40°17'49"W), caracterizada por áreas agrícolas irrigadas intensamente gerenciadas pela codevasf, com cerca de 4.268 ha, ocupada por 234 lotes com 1.889 ha e 80 lotes de empresas com 2.379 ha (Codevasf, 2023). Na comunidade de Malhada da Areia

(Juazeiro-Bahia - 09°26'36"S; 40°30'20" W), caracterizada como uma comunidade rural de agricultura familiar e criação de caprinos, possui uma vasta área de Caatinga com 4.080.000 m², sendo uma parte cercada com 490.000 m² para fins de pesquisa (área de conservação de Caatinga pertencente ao IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada). A região está inserida no bioma Caatinga, tendo uma vegetação característica do domínio fitogeográfico floresta seca tipo xerófila em Juazeiro-Bahia. A terceira localidade de coleta foi na Universidade Federal do Vale do São Francisco (Campus Ciências Agrárias), situada no município de Petrolina-Pernambuco (09°16'10" S, 40°33'43" W), inserida na região do Vale do Submédio São Francisco (Figura 1).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Bswb, que corresponde à região semiárida, com temperatura mínima de 18,8 °C, média 26,2 °C e máxima de 32,4 °C, com índice pluviométrico anual de 490,7 mm, com chuvas concentradas de novembro a abril e o período seco entre maio e outubro com vegetação típica de Caatinga (Amorim Neto, 1989).

2.2.2 Tipos de coletas em sementes de *C. leptophloeos*

Os frutos com sementes e sementes fora do fruto dispersas no chão foram coletados durante o período de janeiro a maio de 2022 e 2023. Frutos com aparência imatura e sementes com rachaduras foram descartados. O presente trabalho apresentou três tipos de coletas das sementes de *C. leptophloeos*: a) A1 - os frutos foram coletados diretamente nas 30 plantas de *C. leptophloeos* devidamente marcadas e colocados em sacos de nylon e levados para o laboratório para a retirada da semente após sua abertura natural, em seguida, as sementes foram contadas e depositadas em sacos de papel; b) A2 - as coletas das sementes foram realizadas diretamente no solo, sendo consideradas para este estudo apenas sementes recém-dispersas, e estando intactas e sem rachaduras, estas são contabilizadas e acondicionadas em sacos de papel; c) A3 - as sementes coletadas nos frutos foram acondicionadas em garrafas pet contendo areia e armazenadas por 12 meses em temperatura ambiente no laboratório de Olericultura da Universidade Estadual da Bahia (UNEB).

2.2.3 Biometria de sementes

As medidas biométricas comprimento (cm) diâmetro (mm) em 200 sementes são para cada um dos três tratamentos acima descritos, utilizando-se paquímetro digital Starrett, com precisão de 0,005" / 0,01 mm. As sementes foram numeradas na folha de papel germitest para

posterior identificação da plântula. Após a sua germinação, o comprimento da raiz e caule, utilizando régua, número de folhas, contagem manual e diâmetro do caule por meio de paquímetro digital, foram mensurados nas plântulas para cada um dos três tratamentos durante dez dias.

2.2.4 Embebição das Sementes

As sementes *C. leptophloeos* em quatro repetições de 25 foram pesadas em balança analítica (0,0001 g) e dispostas em bandejas sobre duas camadas de papel do tipo germitest, umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. As sementes foram mantidas em câmara de germinação tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) a 25 °C e as pesagens foram realizadas de hora em hora para determinação do ganho de água durante 24 horas. Após este período, as pesagens foram realizadas com intervalos de duas horas.

2.2.5 Teor de água

O teor de água das sementes de *C. leptophloeos* foi determinado pelo método da estufa a 105 °C $\pm$ 3 °C por 24 horas (Brasil, 2009) utilizando-se subamostras de 5g de sementes, em quatro repetições. As sementes foram acondicionadas em cápsulas de alumínio de 5,0 cm de diâmetro previamente pesadas. Uma nova pesagem foi realizada para a obtenção do peso inicial das sementes, que posteriormente foram postas para secar em estufa nas mesmas condições acima descritas. Após 24 horas, as cápsulas com as subamostras de sementes foram retiradas e colocadas em dessecador por aproximadamente dez minutos e pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,001g para o cálculo do teor de água (Brasil, 2009).

2.2.6 Teste de germinação

Antes da instalação do teste de germinação, as sementes de *C. leptophloeos* foram tratadas com solução de hipoclorito de sódio a 2% sendo 50 ml de hipoclorito mais 50 ml de água destilada por três minutos para desinfestação superficial e, em seguida, lavadas em água destilada. O teste de germinação foi conduzido em câmaras de germinação do tipo B.O.D. reguladas para as temperaturas constantes de 25 e 30 °C, fotoperíodo de 12 horas utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W) e rolos de papel germitest.

Utilizou-se quatro repetições com 50 sementes para cada uma, com um total de 200 sementes, para cada um dos três tratamentos: A1 para sementes coletadas diretamente no fruto; A2 para sementes coletadas diretamente no chão; e A3 para sementes armazenadas. As sementes foram distribuídas em rolos de papel do tipo germitest obedecendo a posição da semente com emissão da raiz para baixo. Em seguida, foram postos em sacos plásticos, amarrados com ligas, para evitar a perda de água, e acondicionados verticalmente em béquer grande onde as plântulas cresceram uniformemente. A posição do papel com raízes e caules eretos e intactos foram mantidas para facilitar as medidas. Os rolos de papel foram embebidos em água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel (Brasil, 2009).

As seguintes variáveis foram avaliadas: germinação – porcentagem de germinação, velocidade de germinação – determinada por meio do índice de velocidade de germinação (IVG), obtido a partir de contagens diárias do número de sementes que emitiram a raiz (raiz primária > 2 mm) e calculado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

2.2.7 Enterrio das sementes como forma de armazenamento

Foram depositadas 200 sementes para cada um dos três tratamentos, A1 para sementes coletadas diretamente no fruto, A2 para sementes coletadas diretamente no chão e A3 para sementes armazenadas (apesar de A3 já tenha sido armazenada em areia, também passaram pelo processo de enterrio por noventa dias) em seguida foram desenterradas e postas para germinar em quatro repetições com 50 sementes cada tratamento.

As sementes dos três tratamentos foram avaliadas antes e após serem enterradas. O ato de enterrar as sementes não configura um plantio, mas uma forma de armazenamento no solo feito em covas a 5 cm de profundidade embaixo da matriz parental de *C. leptophloeos* durante noventa dias. Após esse período, as sementes foram retiradas do solo e levadas ao laboratório para realização de análises de germinação em papel germitest.

2.2.8 Análise de dados

A normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias dos dados de diâmetro do caule, tamanho do caule, da folha e da raiz, tamanho, espessura e largura das sementes de *C. leptophloeos* foram testados. Como os pressupostos para a realização da ANOVA não foram obedecidos, optou-se pela comparação das médias dos parâmetros avaliados pelo método não-paramétrico de Kruskal-Wallis com correções de Bonferroni utilizando o pacote

AgroR(Shimizu; Marubayashi; Goncalves, 2023). Para as análises de germinação, os dados de porcentagem de germinação, tempo médio de germinação e velocidade de germinação foram analisados seguindo o padrão de entrada de dados do pacoteGerminaR (Lozano-Isla *et al.*, 2019). Para a confecção dos gráficos, utilizou-se o pacote ggpubr (Kassambara 2023). Todas as análises foram realizadas no programa R Core Team: RStudio 2023.06.0+421 "Mountain Hydrangea" Release (583b465ecc45e60ee9de085148cd2f9741cc5214, 2023-06-05) for windows Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) RStudio/2023.06.0+421 Chrome/110.0.5481.208 Electron/23.3.0 Safari/537.36

2.3 Resultados

2.3.1 Curva de Embebição

Para a curva de embebição antes e depois do enterro, observa-se que a Fase 1 (F1), que é aquela de maior absorção de água, estendeu-se por até seis horas para ambos os tratamentos. Para sementes antes do enterro, o gráfico aponta que a fase estacionária (F2) iniciou-se após 6 horas de embebição finalizando-se em 96 horas com a germinação das sementes (Figura 3A). Verificou-se que a F2 no tratamento de sementes depois do enterrio iniciou-se de forma similar às sementes antes do enterrio, após seis horas de embebição, mas a finalização foi observada com 78 horas com a germinação das sementes (Figura 3B).

2.3.2 Número de sementes de *C. leptophloeos* germinadas

O número de sementes germinadas apresentou diferenças significativas entre os tipos de coletas (F: 140.93; $p < 0,001$) e o método antes e depois do enterrio das sementes (F: 63.27; $p < 0,001$) e da interação entre os dois fatores (F: 34.41; $p < 0,001$), sendo o maior número de sementes germinadas para sementes coletadas direto do chão e depois de enterradas em solo na qual foram germinadas em papel germitest 39% (Figura 4; Tabela 1). O número de sementes germinadas para os tratamentos A1 e A3 manteve-se constante nos dois tempos de amostragem, com destaque para o tratamento A2 que apresentou um incremento em sementes germinadas após o enterrio (Figura 4).

2.3.3 Velocidade de germinação em sementes de *C. leptophloeos*

A velocidade de germinação não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para os tipos de coletas ($F: 0,15; p > 0,05$) (Figura 5A) e nem da interação entre os fatores ($F: 0,19; p > 0,05$), apenas entre os métodos antes e depois do enterrio das sementes em solo ($F: 16,68; p < 0,001$), apresentando uma maior velocidade após serem enterradas em solo e germinadas em papel germitest (Figura 5B; Tabela 1).

2.3.4 Porcentagem da germinação de sementes de *C. leptophloeos*

A porcentagem de germinação apresentou diferenças significativas entre os métodos de coletas, tempo e da interação entre os fatores (Tabela 1). Isoladamente, o tratamento A2 apresentou maior porcentagem de germinação dentre os outros tratamentos (A1 e A3). Com relação ao fator tempo, o tratamento A2 apresentou maior porcentagem depois de serem enterradas se comparadas às sementes antes de serem enterradas (Figura 6).

Para porcentagem de germinação, os resultados demonstram significância entre os tratamentos ($F: 140,93; p < 0,0001$), para o tempo de coleta ($F: 63,27; p < 0,001$) e para a interação entre os fatores ($F: 34,41; p < 0,001$). As sementes antes de serem enterradas, apresentaram aproximadamente 5% de germinação para as sementes coletadas do fruto e armazenadas (A1 e A3, respectivamente), já as sementes coletadas diretamente do chão apresentaram aproximadamente 15% de germinação (Figura 6). Após serem enterradas, as sementes coletadas diretamente do chão apresentaram maior potencial germinativo com melhor desempenho (39%) se comparadas às sementes coletadas do fruto (8%) e sementes armazenadas (5,5%). Os resultados confirmaram que as sementes após passarem pelo tratamento do enterrio apresentaram maior porcentagem de germinação (Figura 6; Tabela 1).

2.3.5 Tempo de germinação de sementes de *C. leptophloeos*

Observa-se na Figura 7A e 7B que a germinação inicia por volta do 4º ao 5º dia. Dentre os tratamentos testados no presente estudo, os tratamentos A1 e A3 apresentaram baixa germinação ao longo do tempo, com aproximadamente 5% de sementes germinadas; por outro lado, o tratamento A2 apresentou uma crescente germinação ao longo do tempo, atingindo aproximadamente 28% de germinação aos 30 dias (Figura 7A). Para o tempo de germinação das sementes e a porcentagem correspondente, as sementes depois de serem enterradas

apresentaram maior número de sementes germinadas se comparadas com sementes antes de serem enterradas, ao observar uma rápida germinação de sementes depois de enterradas com maior porcentagem até quinto dia, com todas as sementes germinadas antes do décimo dia, com aproximadamente 18% de germinação (Figura 7B); por outro lado, sementes antes de serem enterradas apresentaram germinação gradual e lenta até o 30º dia apresentando menor porcentagem de germinação, aproximadamente 8% (Figura 7B).

2.3.6 Biometria de sementes de *C. leptophloeos*

Os resultados evidenciaram um padrão similar para antes e após o enterrio das sementes na biometria de sementes de *C. leptophloeos*. Antes de serem enterradas, as sementes do tratamento A1 apresentaram maior comprimento (Kruskal-Wallis: 21,298; $p < 0.001$) e espessura (Kruskal-Wallis: 8,329; $p < 0.05$) se comparado com os tratamentos A2 e A3. Para a largura das sementes, os tratamentos A1 e A3 não diferiram estatisticamente, mas há uma maior largura de sementes quando se compara o tratamento A1 com A2 (Kruskal-Wallis: 14,836; $p < 0,001$) (Figura 8; Tabela 2). Para as sementes após serem enterradas, o tratamento A1 apresentou maior comprimento (Kruskal-Wallis: 23,13; $p < 0.001$) e largura (Kruskal-Wallis: 29,771; $p < 0,001$) se comparado com os tratamentos A2 e A3. Para a largura das sementes, os tratamentos A1 e A3 não diferiram estatisticamente, mas há uma maior largura de sementes quando se compara o tratamento A1 com A2 (Kruskal-Wallis: 23,86; $p < 0,001$) (Figura 9; Tabela 2).

2.3.7 Biometria de plântulas de *C. leptophloeos*

Avaliou-se o crescimento de plântulas de *C. leptophloeos* oriundas da germinação das sementes dos três tratamentos (A1, A2 e A3) antes e após três meses enterradas. Para as plântulas das sementes antes de serem enterradas, os resultados demonstraram que houve diferença significativa para o comprimento (Kruskal-Wallis: 31.196; $p < 0,001$) e diâmetro do caule (Kruskal-Wallis: 26,169; $p < 0,001$), com o tratamento A2 apresentando maiores valores para tais parâmetros se comparado com os tratamentos A1 e A3. O comprimento da folha (Kruskal-Wallis: 1,244; $p > 0,05$) e de raiz (Kruskal-Wallis: 2,116; $p > 0,05$) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos adotados (Figura 10).

Para as plântulas das sementes após serem enterradas, os resultados demonstraram que o tratamento A2 apresentou plântulas com maiores comprimento (Kruskal-Wallis: 88,424; p

<0,001) e diâmetro de caule (Kruskal-Wallis: 73,076; $p < 0,001$) em comparação com os outros tratamentos seguindo o padrão observado para as plântulas de sementes antes de serem enterradas. Por outro lado, para tamanho de raiz (Kruskal-Wallis: 40,536; $p < 0,001$) e de folha (Kruskal-Wallis: 100,099; $p < 0,001$), os tratamentos A1 e A2 apresentaram maiores valores para esses parâmetros em relação ao tratamento A3 (Figura 11; Tabela 3).

2.3.8 Comparação entre os tratamentos antes e depois do enterrio para biometria de sementes e plântulas de *C. leptophloeos*

Ao comparar as sementes antes e após serem enterradas por três meses, apenas o comprimento do caule (Kruskal-Wallis: 8,046; $p < 0,01$) e comprimento de folha (Kruskal-Wallis: 8,623; $p < 0,01$) apresentaram diferenças significativas entre os períodos apresentando maiores valores depois do enterrio das sementes (Figura 12). Para os parâmetros diâmetro do caule (Kruskal-Wallis: 0,237; $p > 0,05$) e comprimento da raiz (Kruskal-Wallis: 0,756; $p > 0,05$), não houve diferenças significativas entre as plântulas das sementes antes e após o enterrio (Figura 12).

2.4 Discussão

2.4.1 Aspectos da germinação de *C. leptophloeos*

A primeira hipótese de que sementes de *C. leptophloeos* coletadas diretamente do chão e armazenadas sob o solo embaixo de uma matriz no período de três meses apresentam maior porcentagem de germinação em relação aos demais tratamentos foi confirmada no presente trabalho.

Os aspectos relacionados à curva de embebição em sementes de *C. leptophloeos* evidenciam que as sementes de *C. leptophloeos* para os três tratamentos (A1, A2 e A3) apresentaram grau de umidade inicial de 7,6%. Esse grau de umidade inicial está de acordo com os achados para sementes de *Libidibia ferrea* com 8,48% (Matos; Ataíde; Borges, 2015); *Mimosacaesalpinifolia* com 9,2% (Medeiros *et al.*, 2020); *Poincianella pyramidalis* com 9,46%; *Schinopsis brasiliensis* com 9%; e *Sideroxylon obtusifolium* com 8,07 a 6,14%, dependendo do lote (Santos; Dantas, 2016); e 6,9% em *Dimorphandra gardneriana* (Santos-Moura *et al.*, 2019).

No presente trabalho, observou-se o padrão trifásico para sementes de *C. leptophloeos*. Taizet *al.* (2017) evidenciam que o processo de embebição é trifásico, ou seja, apresentam três fases distintas: na Fase 1, há uma rápida absorção de água pela semente seca; na Fase 2, há um declínio na absorção de água permanecendo constante, reinício dos processos de transcrição e tradução, expansão do embrião e emergência da radícula; por fim, na Fase 3, há um reinício da absorção de água pela redução do potencial mátrico à medida que a plântula cresce. Algumas espécies presentes na Caatinga como a *Mimosa caesalpinifolia*, *Senna spectabilis*, *Anadenanthera peregrina* e *Senna multijuganão* apresentam o padrão trifásico e apresentam ou não alguma dormência (Pereira *et al.*, 2022).

Com relação aos aspectos germinativos de *C. leptophloeos*, Affonso, Siqueira Filho e Meiado (2014) evidenciaram que sementes dessa espécie podem possuir alguma dormência e defenderam que um período de pós-maturação de sementes em campo enterradas por três meses é uma forma bem-sucedida para produção de mudas, visto que há uma baixa germinação natural da espécie e sua germinação declina drasticamente após 12 meses de armazenamento, seja em condições naturais ou artificiais.

As sementes da espécie *C. leptophloeos* possuem uma taxa de germinação baixa em condições de armazenamento enterradas ou coletadas diretamente do solo, como foi observado por Affonso, Siqueira Filho e Meiado (2014) com a taxa de germinação em 5% em média; por outro lado, quando mantidas em câmara fria, essa taxa sobe para 15% aproximadamente. De forma similar, as sementes de *C. leptophloeos* no presente estudo mantiveram essa baixa taxa de germinação entre 5 e 8%. Contudo, sementes coletadas diretamente do solo apresentaram uma maior taxa de germinação se comparado com o estudo acima, apresentando uma taxa de germinação em 15% antes de serem enterradas e 39% após serem enterradas. Além disso, as sementes recém-coletadas antes do enterrio apresentaram uma germinação lenta e irregular. Isso reforça a importância do enterrio para manutenção da viabilidade e aumento da taxa de germinação dessas sementes.

Dessa forma, esse período de pós-maturação pode estar relacionado a bancos de sementes transitórias, sendo mais comuns em ecossistemas semiáridos como a Caatinga, visto que, nesses locais, a maioria das espécies produz e dispersa sementes que permanecem viáveis no solo até a estação chuvosa subsequente, quando estas encontram condições favoráveis para a germinação e estabelecimento das plântulas (Meiado, 2012).

Para outras espécies vegetais, sementes colhidas diretamente do chão também possuem uma maior probabilidade de germinação se comparadas com outras formas de coleta. A germinação de sementes de *Aspidosperma parvifolium* colhidas no chão, logo após a queda dos

frutos abertos, apresentam germinação mais elevada, quando comparadas a coletas de frutos sem fissura colhidas diretamente na árvore, possivelmente, por não se encontrarem ainda no ponto de maturidade fisiológica (Guollo; Felippi; Possenti, 2016).

2.4.2 Biometria de sementes e plântulas de *C. leptophloeos*

A segunda hipótese do trabalho seria que sementes de *C. leptophloeos* coletadas diretamente do chão e armazenadas sob o solo embaixo de uma matriz no período de três meses apresentam um maior desenvolvimento das plântulas. Essa hipótese também foi confirmada.

A biometria de sementes de *C. leptophloeos* observada no presente estudo apresentaram diferenças em relação aos tratamentos. Para o tratamento A1: sementes coletadas diretamente do fruto foram maiores em comprimento, largura e espessura em relação aos outros tratamentos. Os comprimentos observados estão de acordo com o que foi encontrado por Patrício e Trovão (2019), sendo a média para o comprimento, largura e espessura, respectivamente, 9,5, 6,45 e 4,5 mm.

Nesse contexto, no que tange aos atributos biométricos, as variações nas dimensões podem ter sido promovidas por fatores ambientais durante o florescimento e o desenvolvimento, como também pode representar um indício de alta variabilidade genética populacional. Isso sugere a atuação de fatores ambientais, como água e luz durante o florescimento e o desenvolvimento dos frutos, e a alta variabilidade genética populacional (El-Keblawy; Shabana; Navarro, 2018).

O tamanho das sementes pode não influenciar na porcentagem de germinação, mas pode sofrer alterações fisiológicas aumentando o seu vigor durante a germinação, por exemplo, as sementes de menor tamanho podem apresentar maior eficiência na germinação a condições de estresse em ambientes hostis, a qual pode ser vista como uma estratégia de sobrevivência e estabelecimento em condições adversas (Gomes; Gomes; Dantas, 2023). Isso reforça o que foi encontrado para *C. leptophloeos* com as sementes de menor tamanho, largura e espessura médias apresentarem maiores taxas germinativas em relação às sementes maiores.

Outro ponto a ser considerado é que, com o aumento no tamanho da semente, pode haver uma dificuldade na obtenção da água no início do processo de germinação em solos secos; além disso, a influência de fatores como forrageamento por animais, dispersão e balanço higroscópico podem reduzir as chances de sobrevivência em sementes de grande porte (Malavasi; Malavasi, 2024).

O vigor das sementes e o desenvolvimento e estabelecimento das plântulas pode estar relacionado com sementes de tamanho maiores, como também as influências ambientais podem estar atuando sobre o desenvolvimento da semente (Domic; Capriles; Camilo, 2020). Dessa forma, informações a respeito das características biométricas das sementes, tais como espessura, largura e comprimento, podem auxiliar na tomada de decisões referentes ao processo de armazenamento, como também no cultivo de mudas (Barroso *et al.*, 2016).

Para Carvalho e Nakagawa (2012), sementes com maiores dimensões são mais bem nutridas durante o seu desenvolvimento, possuindo embrião bem formado e com maior quantidade de substâncias de reserva e são, provavelmente, as mais vigorosas. Observações similares foram feitas por Bispo *et al.* (2017) para *Anandenantheracolumbrina* ao associarem maior tamanho de semente com maior vigor.

Acerca dos parâmetros biométricos relativos às plântulas, é relevante o entendimento acerca da morfologia de plântulas, a qual pode auxiliar na identificação prévia de espécies (Oliveira; Iwazaki; Oliveira, 2014), como também para reconhecimento do estabelecimento das plantas em condições naturais, bem como para a produção de mudas (Abud *et al.*, 2010), além de informações quanto à taxonomia por meio da análise das estruturas das plântulas (Barolatto; Esqueça; Goldberg, 2005). De acordo com os achados no presente trabalho, alguns parâmetros de crescimento das plântulas não estão diretamente associados com o tamanho das sementes, ou seja, sementes menores de *C. leptophloeos* apresentam maiores plântulas.

Zanuncio, Stefanello e Lima (2020), ao avaliarem as dinâmicas de germinação e a produção de mudas de *Cordia trichotoma*, associaram maiores diâmetros de sementes a uma maior germinação, porcentagem de emergência e tamanho de plantas. Observa-se que, para *C. leptophloeos*, uma maior semente não está associada a um maior vigor e tamanho de plântulas.

A avaliação de sementes antes e após serem enterradas por três meses reforçam a importância desse método para aumentar o tamanho e consequentemente a viabilidade de plântulas, principalmente dos parâmetros tamanho de caule e de folha contribuindo, assim, para a maturação do embrião e quebra de mecanismos de bloqueios para a germinação (Affonso; Siqueira Filho; Meiado, 2014). Estudos de caracterização morfológica e biométrica da unidade de dispersão, germinação e de plântulas durante o crescimento e desenvolvimento inicial podem contribuir na compreensão do ciclo biológico, bem como no manejo e preservação das espécies de interesse, principalmente em trabalhos com conservação e recuperação de áreas degradadas para restabelecimento e manutenção de importantes serviços ecossistêmicos. Ainda, as metodologias para a condução de testes de germinação são imprescindíveis na sobrevivência e crescimento de plântulas (Brasil, 2009, 2013).

2.5 Conclusão

Os resultados podem auxiliar na elaboração de um planejamento eficaz na coleta das sementes de *C. leptophloeos* sugerindo que o melhor método de coleta é garantido pelas sementes fora do fruto coletadas diretamente do chão, apresentando maior índice de germinação e desenvolvimento de plântulas.

Para um bom resultado, é necessário que as sementes permaneçam enterradas por três meses, antes de serem postas para germinar, passando por um período de pós-maturação o que resulta em um maior tamanho e consequentemente vigor das plântulas. O presente trabalho apoia a ideia de que o conhecimento sobre produção e tecnologia de sementes florestais é imprescindível no manejo, conservação, melhoramento genético e no sucesso da produção de mudas da espécie de *C. leptophloeos*.

Referências

ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. de G. E.; GALLÃO, M. I.; INNECCO, R. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 259-265, 2010.

AFFONSO, I. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; MEIADO, M. V. A permanência das sementes de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) no solo da Caatinga favorece sua germinação?. **Informativo Abrates**, v. 24, n. 3, p. 35-38, 2014.

AMORIM NETO, M. da S. **Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989.

ÁRVORES DO BIOMA CERRADO. *Commiphoraleptophloeos*. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/?s=commiphora+leptophloeos>. Acesso em: 17 fev. 2024.

BAROLATO, C.; ESQUEÇA, P. M.; GOLDBERG, D. Massa de sementes, tamanho de mudas e estabelecimento de mudas em árvores neotropicais. **Revista de Ecologia**, v. 93, p. 1156-1166, 2005.

BARROSO, R. F.; SILVA, F. de A.; NOBREGA, J. S. SILVA, L. J. da S. e; NOVAES, D. B.; FERREIRA, V. S. Biométrie de frutos e sementes de *Luetzelburgiaauriculata* (Allemão) Ducke. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 5, p. 155-160, 2016.

BISPO, J. de S.; COSTA, D. C. C. da; GOMES, S. E. V.; OLIVEIRA, G. M. de; MATIAS, J. R.; RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F. Size and vigor of *Anadenanthera colubrina* (Vell.)

Brenan seeds harvested in Caatinga areas. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 363-373, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análises de sementes de espécies florestais**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

CAI, A.; WANG, J.; WANG, Y.; MACLACHLAN, I. Spatial optimizations of multiple plant species for ecological restoration of the mountainous areas of North China. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, e302, 2019.

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

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA – Codevasf. **Projeto Maniçoba**. 2023. Disponível em: www.codevasf.gov.br. Acesso em: 10 set. 2023.

DANTAS, B. F.; MATIAS, J. R.; MENDES, R. B.; RIBERO, R. C. As sementes da Caatinga são...: um levantamento das características das sementes da Caatinga. **Informativo Abrates**, Petrolina, v. 24, n. 3, p. 18-23, 2014.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, R. C.; OLIVEIRA, G. M. de; SILVA, F. F. S. da; ARAÚJO, G. G. L. de. Biosaline production of seedlings of native species from the Caatinga dry forest. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1551-1567, 2019.

DOMIC, A. I.; CAPRILES, J. M.; CAMILO, G. R. Evaluating the fitness effects of seed size and maternal tree size on *Polylepis tomentella* (Rosaceae) seed germination and seedling performance. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 36, n. 3, p. 115-122, 2020.

EL-KEBLAWY, A.; SHABANA, H. A.; NAVARRO, T. Seed mass and germination traits relationships among different plant growth forms with aerial seed bank in the sub-tropical arid Arabian deserts. **Plant Ecology & Diversity**, Inglaterra, v. 11, n. 3, p. 393-404, 2018.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P. de. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 174, e104079, 2020.

GOMES, S. E. V.; GOMES, R. A.; DANTAS, B. F. Climate and seed size of a dry forest species: influence on seed production, physiological quality, and tolerance to abiotic stresses. **Journal of Seed Science**, Viçosa, v. 45, e202345013, 2023.

GUOLLO, K.; FELIPPI, M.; POSSENTI, J. C. Germinação de sementes de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. em função de diferentes formas de coleta. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 979-984, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapas da produção agropecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

- LAND, P.; MINOARIVELO, H. O.; BRÄNNSTRÖM, Å.; HUI, C.; DIECKMANN, U. Complexity and stability of ecological networks: a review of the theory. **Population ecology**, v. 60, n. 4, p. 319-345, 2018
- LOZANO-ISLA, F.; BENITES-ALFARO, O. E.; POMPELLI, M. F. GerminaR: An R package for germination analysis with the interactive web application “GerminaQuant for R”. **Ecological Research**, Nishihanaikecho, v. 34, p. 339-346, 2019.
- MACEDO, C. R. da C.; AQUINO, I. de S.; BORGES, P. de F.; BARBOSA, A. da S.; MEDEIROS, G. R. de. Nesting behavior of stingless bees. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, e58736, 2020.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MAHMOODI, S.; AHMADI, K.; HEYDARI, M.; KARAMI, O.; ESMAILZADEH, O.; HEUNG, B. Elevational shift of endangered European yew under climate change in Hyrcanian mountain forests: rethinking conservation-restoration strategies and management. **Forest Ecology and Management**, v. 529, e120693, 2023.
- MAIA, J. M.; SOUSA, V. F. de O.; LIRA, E. H. A. de.; LUCENA A. M. A. de. Motivações socioeconômicas para a conservação e exploração sustentável do bioma Caatinga. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 41, p. 295-310, 2017.
- MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. de M. Influência do tamanho e do peso da semente na germinação e no estabelecimento de espécies de diferentes estágios da sucessão vegetal. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 211-215, 2024.
- MATOS, A. C. B.; ATAÍDE, G. da M.; BORGES, E. E. de L. e. Physiological, physical, and morpho-anatomical changes in *Libidibia ferrea* ((Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz) seeds after overcoming dormancy. **Journal of Seed Science**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 26–32. 2015.
- MEDEIROS, H. L. de S.; BENEDITO, C. P.; DANTAS, N. B. de L.; COUTO JÚNIOR, J. R. S. de; RAMALHO, L. B. Dormancy overcoming and preconditioning in *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 3, p. 720–7, 2020.
- MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. **Informativo ABRATES**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 20-23, 2012.
- MELLO, A. H.; FEITOSA, N. K. **Dinâmicas da ocupação territorial na Amazônia: Reflexões sobre os impactos socioambientais pós-pandemia decorrentes do desmatamento**. Unifesspa: Painel Reflexão em tempo de crise, v. 15, 2020
- OLIVEIRA, J. H. G. de; IWAZAKI, M. C.; OLIVEIRA, D. M. T. Morfologia das plântulas, anatomia e venação dos cotilédones e eófilos de três espécies de *Mimosa* (Fabaceae, Mimosoideae). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 3, p. 777-789, 2014.

PATRÍCIO, M. da C.; TROVÃO, D. M. de B. M. Seed biometry: another functional trait in caatinga. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 42, e51183, 2020.

PEREIRA, W. V. S.; JOSÉ, A. C.; TONETTI, O. A. O.; MELO, L. A. de; FARIA, J. M. R. Imbibition curve in forest tree seeds and the triphasic pattern: theory versus practice. **South African Journal of Botany**, África do Sul, v. 144, p. 105-114, 2022.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da (ed.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: UFC, 2003. p. 3-74.

ROCHA, W. J. S. F.; VASCONCELOS, R. N.; COSTA, D. P.; DUVERGER, S. G.; LOBÃO, J. S. B.; SOUZA, D. T. M.; HERRMANN, S. M.; SANTOS, N. A.; ROCHA, R. O. F.; FERREIRA-FERREIRA, J.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA, L. DA S.; CORDEIRO, C. L.; AGUIAR, W. M. Towards uncovering three decades of fluc in the Brazilian drylands: caatinga biome dynamics (1985–2019). **Land**, v. 13, n. 8, p. 1-18, 2024.

SANDOVAL-MARTÍNEZ, J.; BADANO, E. I.; GUERRA-COSS, F. A.; CANO, J. A. F.; FLORES, J.; GELVIZ-GELVEZ, S. M.; BARRAGÁN-TORRES, F. Selecting tree species to restore forest under climate change conditions: complementing species distribution models with field experimentation. **Journal of Environmental Management**, v. 329, e117038, 2023.

SANTIAGO, W. R.; GAMA J. S. N.; BENEDITO, C. P.; SOUSA, E. de M.; TORRES, S. B. Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de *Physalis angulata* L. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 36, n. 4, p. 980-987, 2023.

SANTOS-MOURA, S. da S.; SILVA, R. dos S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P., ARAÚJO, L. D. A. de; ALVES, M. M.; ARAÚJO, P. C. Morphology of seeds, seedlings, and young plants of *Dimorphandra Gardneriana* Tul. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 3, p. 1063-1078, 2019.

SILVA, F. F. S. da; DANTAS, B. F. Quantification of storage proteins during seed imbibition of native species from the Brazilian caatinga vegetation. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 4, p. 1733-1744, 2016.

SILVA, V. E. P. da; BARROS, Q. S.; OLIVEIRA, I. C. A. de; PINHEIRO, R. de M.; FERREIRA, E. J. L. Desmatamento na Amazônia Legal: uma análise espaço temporal, utilizando agropecuária como vetor de supressão. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 6, n. 2, p. 706-718, 2024.

SHIMIZU, G.; MARUBAYASHI, R.; GONCALVES, L. **AgroR**: Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences. R package version 1.3.4. 2023.

SILVA, L. M. da; SILVA, M. A. D. da; FERRAZ, G. X. L.; SILVA, L. R. da; BATISTA, E. V. Morfometria de sementes de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) LP Queiroz var. *leiostachya* (L.) Wild., coletadas em diferentes anos. In: BATISTA, J. K. (org). **Pesquisas e inovações em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024. p. 87-95.
SOUZA, F. T., de O.; AQUINO, I. de S.; BARBOSA, A. da S.; BORGES, P. de F. Nidificação de abelha *Xylocopa* spp. no seridó oriental da Paraíba, Brasil. **Research Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 8, e8210817087, 2021.

ZANUNCIO, V. S. S.; STEFANELLO, T. H.; LIMA, L. B. de. Germinating dynamics and seedling production of *Cordia trichotoma* (VELL.) Arrabida Ex Steudel. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 68757-68770, 2020.

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

Tabela 1 - O número de sementes germinadas, velocidade e porcentagem para os tratamentos: A1 sementes do fruto; A2 sementes do chão e A3 sementes armazenadas para os tempos antes e depois de serem enterradas.

Parâmetro	ANOVA		
	Tratamentos	Tempo	Tratamentos*Tempo
GRS	F: 140.93; p < 0.0001***	F: 63.27; p < 0.001***	F: 34.41; p < 0.001***
GSP	F: 0.15; p > 0.05 ^{ns}	F: 16.68; p < 0.001***	F: 0.19; p > 0.05
GRP	F: 140.93; p < 0.0001***	F: 63.27; p < 0.001***	F: 34.41; p < 0.001***

Número de sementes germinadas (GRS); Velocidade de germinação (GSP); Porcentagem de sementes germinadas (GRP). p < 0.05; * p < 0.01; ** p < 0.001***; ns: não significativo.

Tabela 2 - Biometria das sementes de *C. leptophloeos*. Para os métodos de coletas A1: sementes do fruto; A2: sementes do chão e A3: sementes armazenadas. Para sementes antes e depois de serem enterradas.

Parâmetros	Tratamentos			Kruskal-Wallis	CV (%)
Sementes antes	A1	A2	A3		
Comprimento	10.21a	8.92b	8.56b	21.291; p<0.0001	7.65
Largura	4.97a	4.47b	4.65ab	8.329; p<0.001	9.39
Espessura	7.29a	6.38b	6.46b	14.839; p<0,001	7.96
Sementes depois	A1	A2	A3		
Comprimento	9.79a	9.24b	8.56c	23.13; p<0.0001	9.17
Largura	4.96a	4.46b	4.56b	23.86; p<0.001	9.59
Espessura	7.12a	6.38b	6.46b	29.771; p<0.001	8.47

Tabela 3- Plântulas de *C. leptophloeos*, após 10 dias de germinação. TC: Comprimento do caule; DC: Diâmetro do caule; TF: Comprimento da folha; TR: Comprimento da raiz. Para os métodos de coletas A1: sementes do fruto; A2: sementes do chão e A3: sementes armazenadas. Antes e depois de serem enterradas.

Variáveis	Tratamentos			Kruskal-wallis	CV (%)
Plântulas Antes	A1	A2	A3		
TC	4.38B	5.19A	4.39B	31.196; P<0.0001	30.89
DC	1.50B	1.57A	1.45B	26.169; P<0.0001	12.38
TF	1.85A	1.93A	1.84A	1.24; P> 0.05	22.37
TR	5.45A	5.72A	5.56A	2.116; P>0.05	22.6
Plântulas Depois	A1	A2	A3	Kruskal-Wallis	CV (%)
TC	4.63B	5.43A	4.40B	88.42; P<0.0001	29.35
DC	1.49B	1.57A	1.4C	73.076; P<0.0001	13.78
TF	1.88A	1.93A	1.67B	40.536; P> 0.05	22.83
TR	5.78B	6.01A	4.58C	100.099; P>0.05	21.95

Captionsof figures

Fig.1 Mapa da localização das matrizes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) utilizadas para coletas de sementes amostradas no presente estudo.

Fig.2 Representação das sementes de *C. leptophloeos* para os métodos de coletas. A: sementes do fruto; B: sementes do chão e C: sementes armazenadas. 2 A: caraterísticas das sementes; 2B: enterrio das sementes.

Fig.3 Curva de embebição em sementes de *C. leptophloeos* (A) para o tratamento de sementes antes de enterrar e (B) sementes após serem enterradas. FI: Fase I e FII: Fase II.

Fig.4 Número de sementes de *C. leptophloeos* germinadas para os métodos de coletas A1 sementes do fruto; A2 sementes do chão e A3 sementes armazenadas para os tempos antes e depois de serem enterradas. (A) diferenças entre métodos de coletas e o tempo antes e depois do enterrio; (B) diferenças entre os métodos de coletas; (C) diferenças entre os tempos.

Fig. 5 Acima: Velocidade de germinação (%) de sementes de *C. leptophloeos* germinadas para os métodos de coletas A1 sementes do fruto; A2 sementes do chão e A3 sementes armazenadas para os tempos antes e depois de serem enterradas. Abaixo: diferenças entre os tempos antes e depois de serem enterradas.

Fig. 6 Porcentagem de germinação em sementes de *C. leptophloeos* para os métodos de coletas A1: sementes do fruto; A2: sementes do chão e A3: sementes armazenadas para os tempos antes e depois de serem enterradas.

Fig. 7 Porcentagem de germinação e tempos em (dias) em sementes de *C. leptophloeos* que passaram pelos tratamentos antes e depois do enterrio. A1: sementes do fruto; A2: sementes do chão e A3: sementes armazenadas para os tempos antes e depois de serem enterradas.

Fig. 8 Tamanho das sementes de *C. leptophloeos* para os métodos de coletas A1 sementes do fruto; A2 sementes do chão e A3 sementes armazenadas para os tratamentos antes de serem enterradas.

Fig. 9 Medidas das sementes de *C. leptophloeos* para os métodos de coletas A1 sementes do fruto; A2 sementes do chão e A3 sementes armazenadas para o tratamento após serem enterradas.

Fig. 10 Medidas das plântulas em sementes de *C. leptophloeos* para os métodos de coletas A1 sementes do fruto; A2 sementes do chão e A3 sementes armazenadas para os tratamentos antes de serem enterradas.

Fig. 11 Variáveis de crescimento das plântulas de sementes de *C. leptophloeos* após dez dias de germinação. Tamanho do caule; diâmetro do caule; tamanho da folha; tamanho da raiz. Para os métodos de coletas A1: sementes do fruto; A2: sementes do chão e A3: sementes armazenadas. Ambos os tratamentos com sementes depois de serem enterradas.

Fig. 12 Variáveis de crescimento das plântulas de sementes de *C. leptophloeos* após dez dias de germinação. Tamanho do caule; diâmetro do caule; tamanho da folha; tamanho da raiz. Para os métodos de coletas A1: sementes do fruto; A2: sementes do chão e A3: sementes armazenadas. Ambos os tratamentos com sementes antes e depois de serem enterradas.

Figures

Fig.1

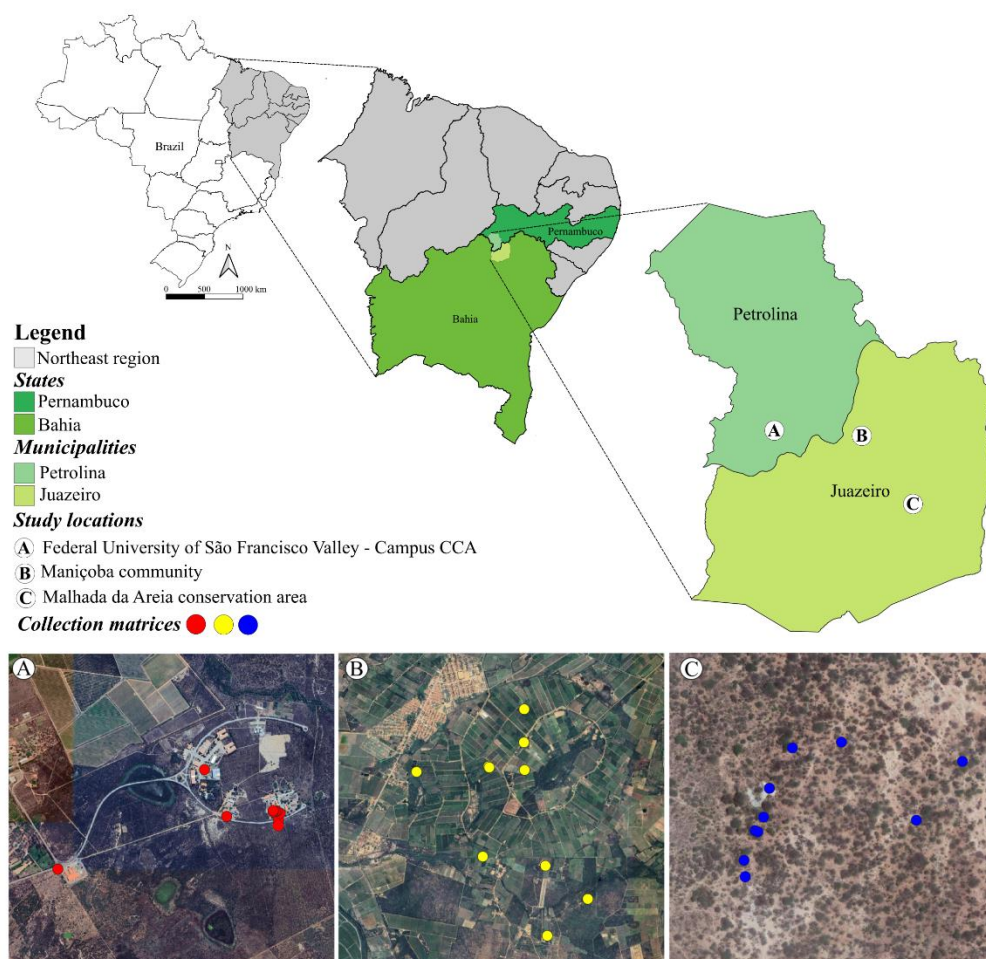


Fig. 2

Fig. 3

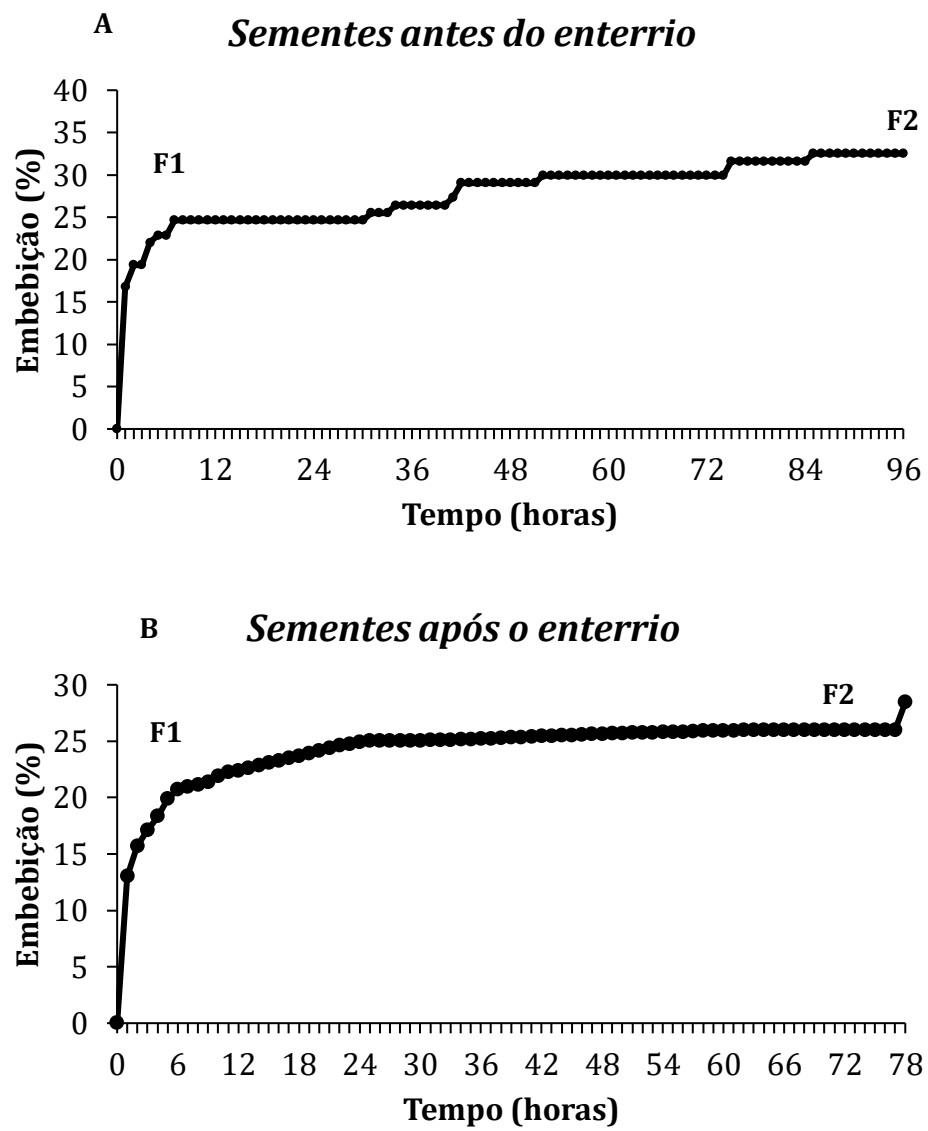


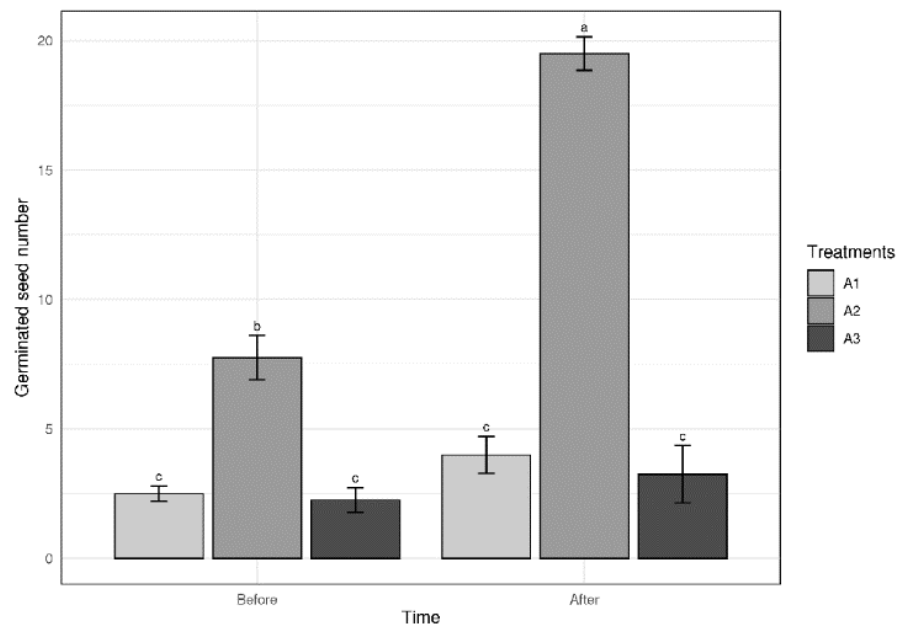
Fig. 4

Fig. 5

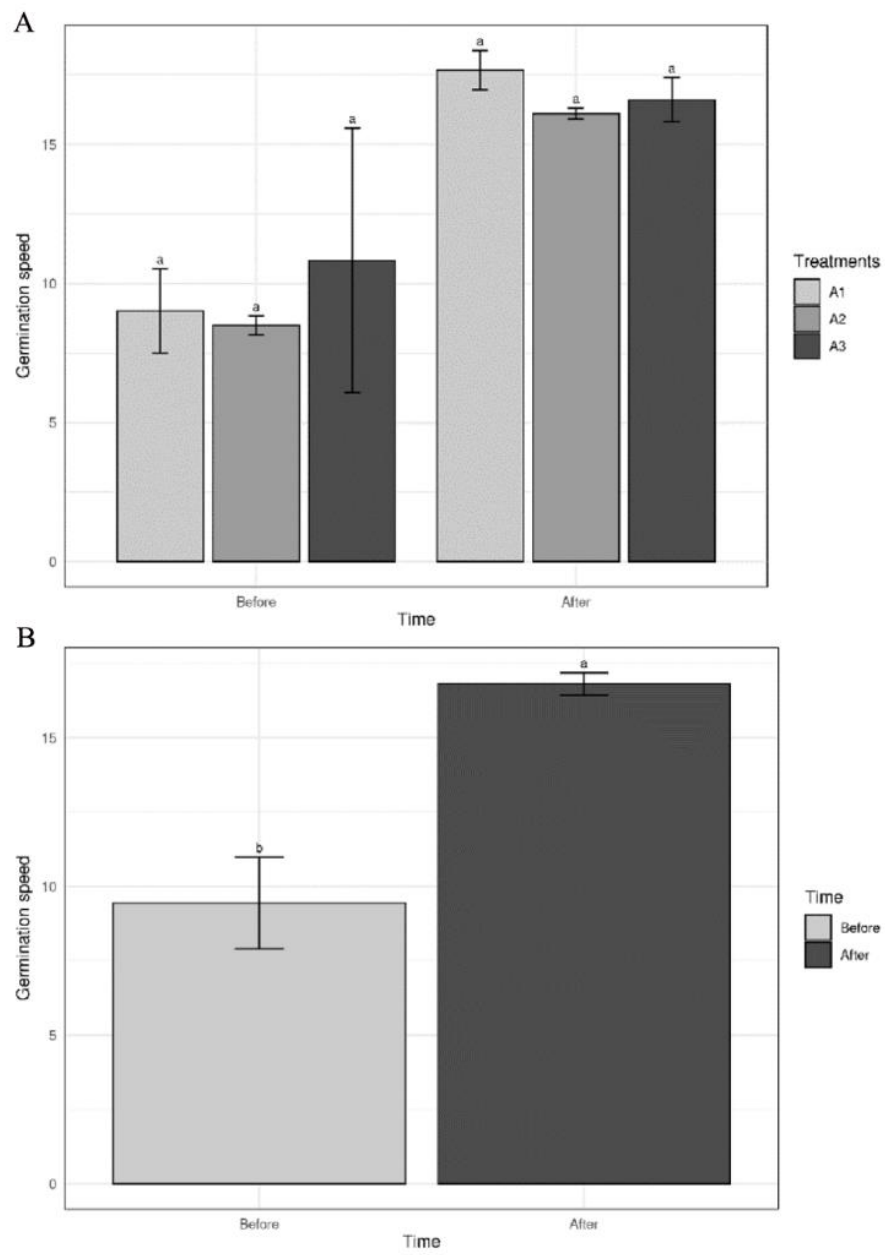


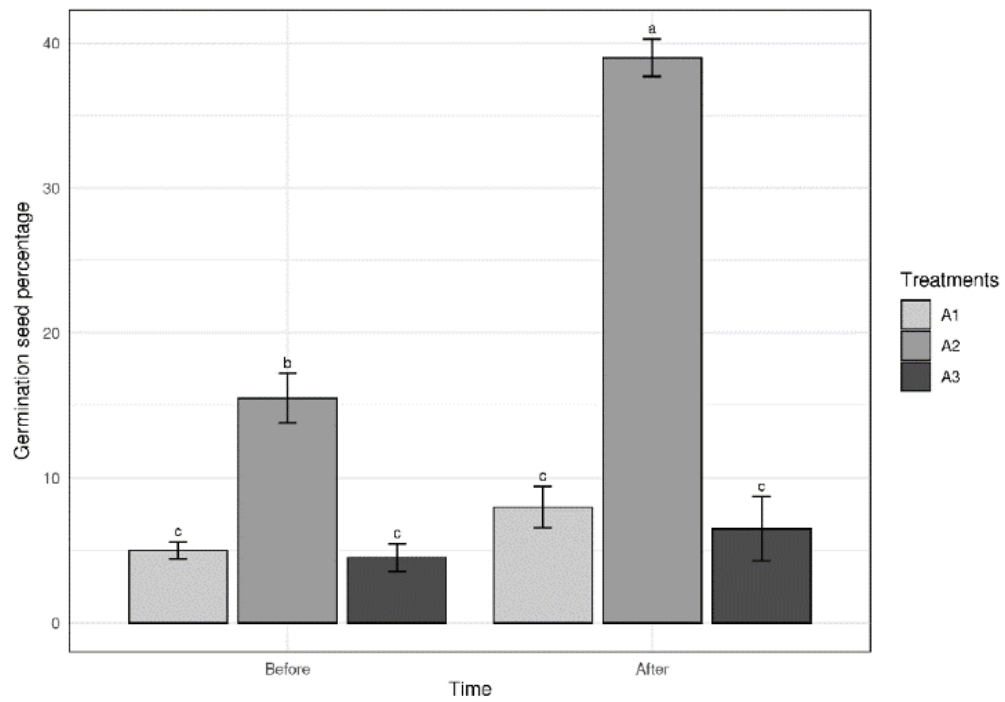
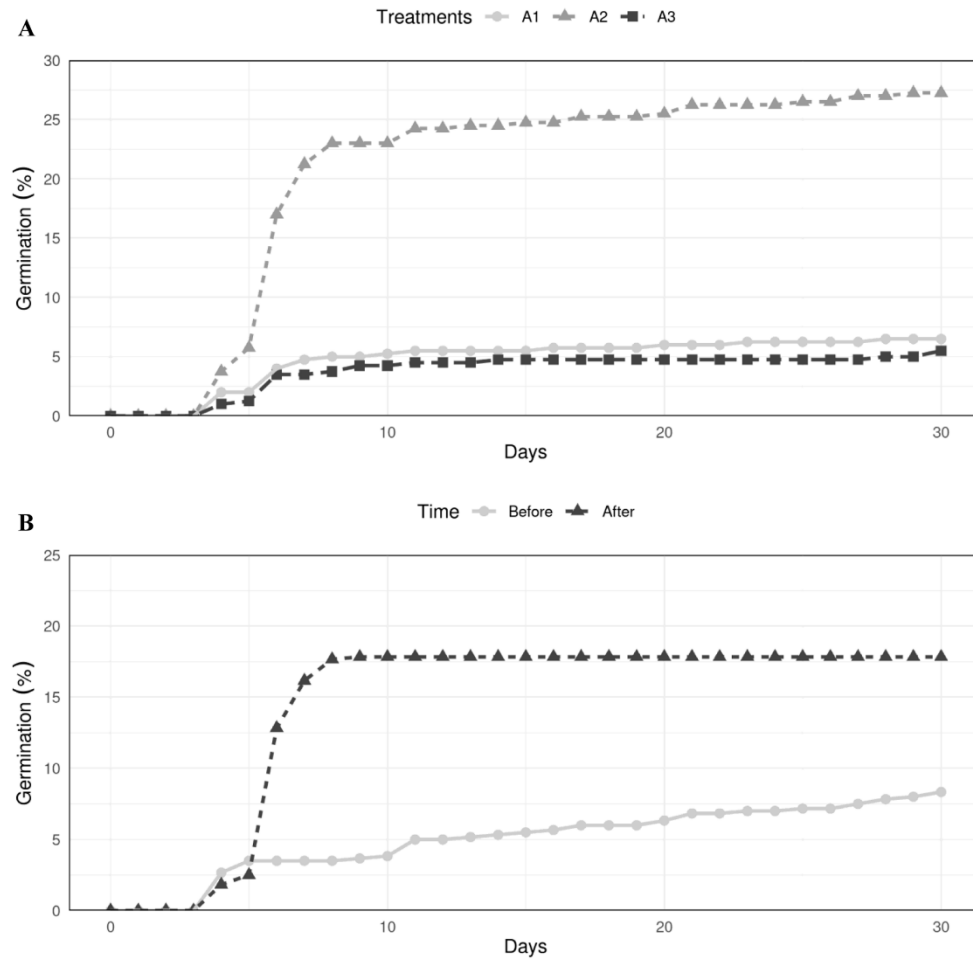
Fig. 6**Fig. 7**

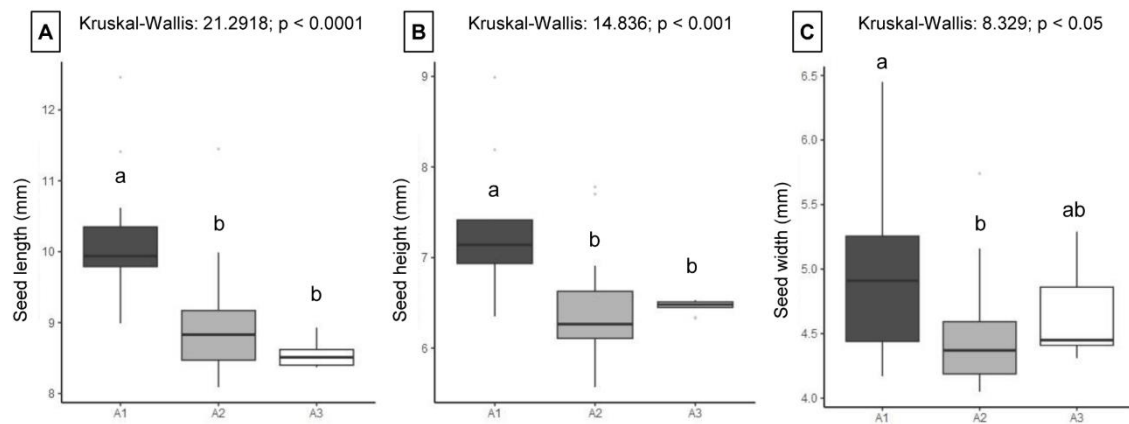
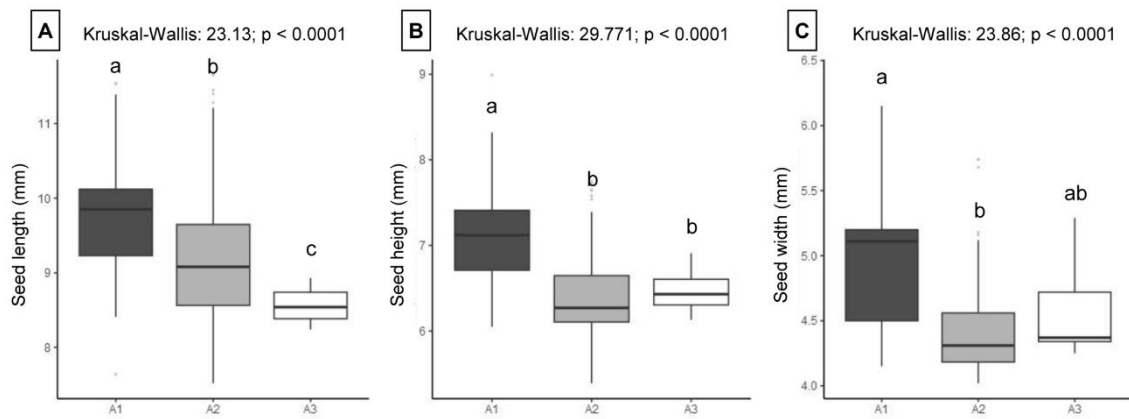
Fig. 8**Fig. 9**

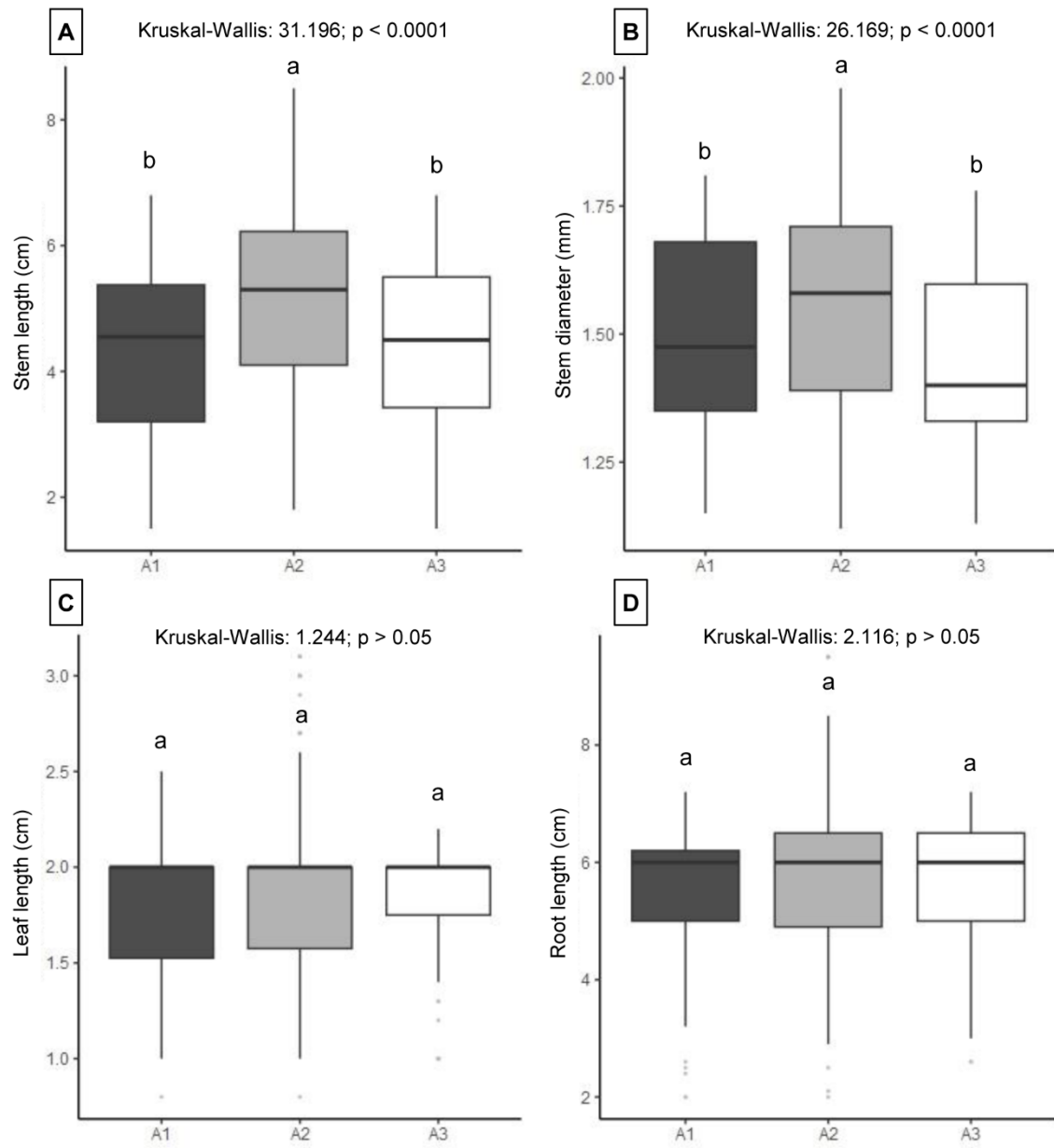
Fig. 10

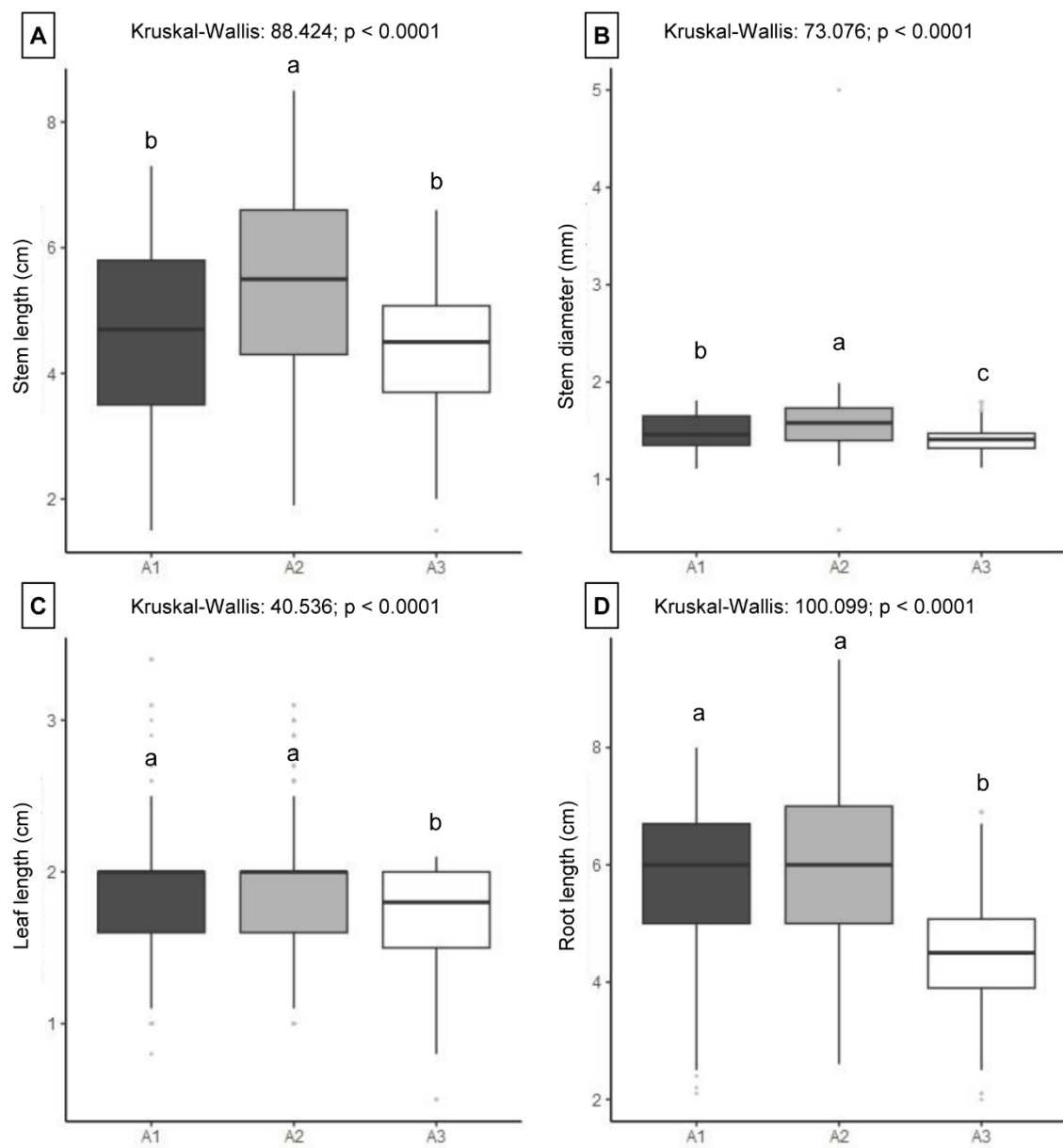
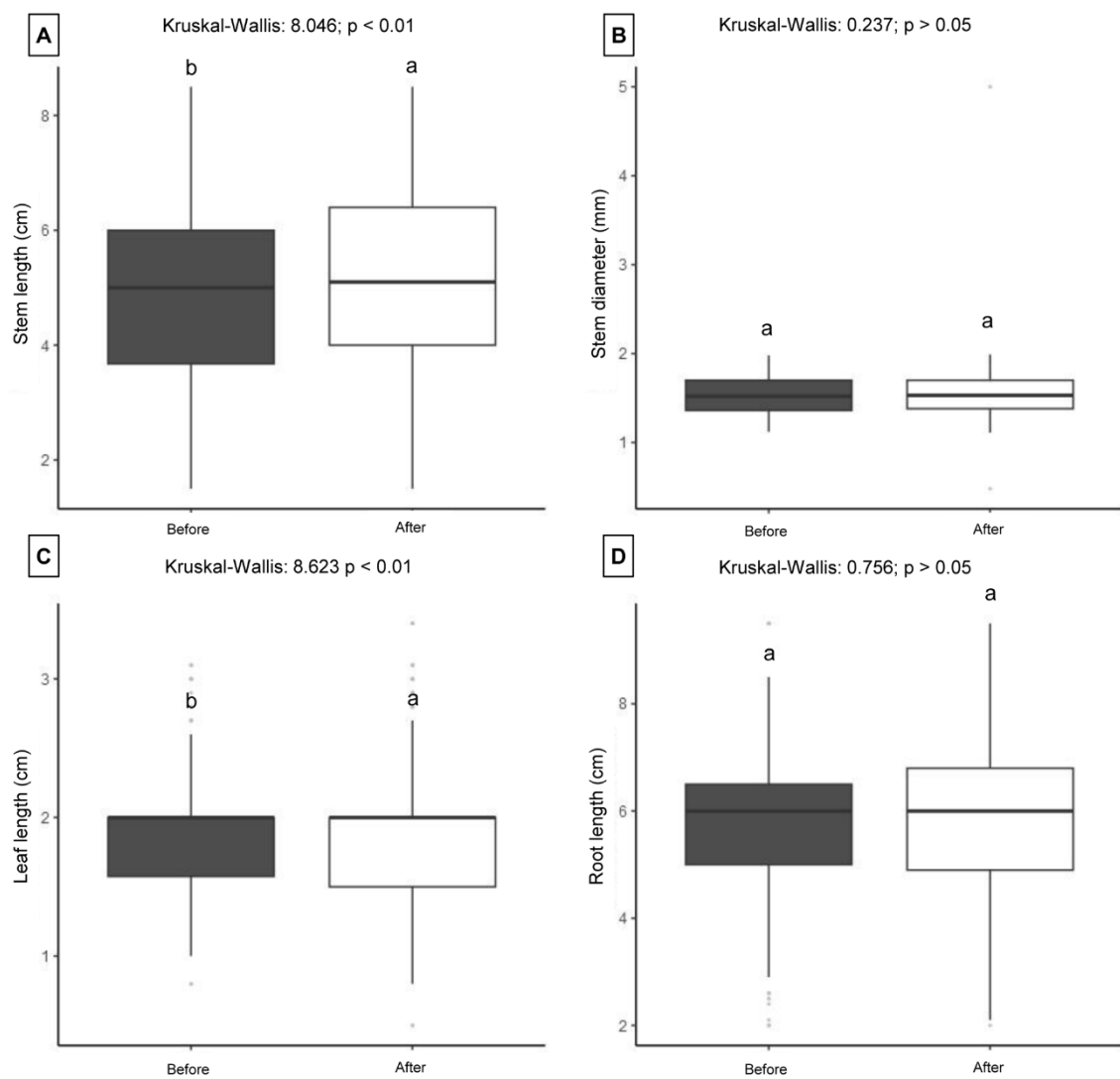
Fig. 11

Fig. 12

CAPÍTULO III

Hidratação descontínua de sementes e ciclos de suspensão de rega em mudas de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) na tolerância à seca: uma contribuição na restauração de áreas de sequeiro

RESUMO

Espécies nativas que possuem memória hídrica se beneficiam da hidratação descontínua durante o processo de germinação e adquirem tolerância a estresses ambientais. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da hidratação e desidratação (ciclos HD) em sementes e ciclos de rega (CR) em plantas jovens de *C. leptophloeos* na tolerância à seca bem como a sobrevivência dessas plantas em área de sequeiro. Além disso, determinar quais parâmetros de crescimento são mais afetados pelo tempo, número de ciclos de HD, ciclo de regas e estresse severo. Verificou-se que os ciclos e os tempos influenciam na germinação, a germinação das sementes foi influenciada pelo tempo de embebição e pelos ciclos HD, as sementes que passaram pelo ciclo 2 do tempo (Y) apresentaram maior porcentagem de germinação e estabilidade no índice de sobrevivência quando comparadas com as demais. O estabelecimento das plântulas aos oito dias após a germinação foi influenciado pelos tempos e os ciclos, havendo interação significativa entre o tempo e o ciclo apenas no parâmetro de altura para os parâmetros de crescimento ($P < 0,05$). Para o crescimento de plantas em áreas de sequeiro do tipo Caatinga, o comprimento do caule entre as plantas de sementes que passaram por ciclos de HD e CR e as não tratadas, as plantas não tratadas pertencentes ao grupo de controle 2 produziram maior comprimento de caule desde o tempo no viveiro (180 dias) e o tempo em campo (um ano) em comparação com as plantas de sementes tratadas, principalmente em dias de chuva. Os ciclos de HD, os quais ocorrem naturalmente em ecossistemas áridos e semiáridos, não alteram a germinabilidade de *C. leptophloeos*, mas reduzem seu tempo de germinação. Além disso, os ciclos produzem o fenômeno da memória hídrica de sementes. A produção de plântulas menores mais vigorosas como resultado desse fenômeno pode levar a implicações ecológicas, apresentando vantagens competitivas em relação às plântulas de sementes não tratadas. Os ciclos de HD também podem ser aplicados na produção de plântulas mais vigorosas de *C. leptophloeos* para o uso em ações de recuperação de áreas degradadas na Caatinga.

Palavras-chave: Germinação; Umburana-de-Cambão; Semente; Tolerância à dessecação.

3.1 Introdução

O Brasil apresenta ecossistemas diferentes, composto por uma vasta flora, sendo a Caatinga bioma exclusivamente brasileiro ocupando 9,9% do território nacional (Brasil, 2017; Queiroz *et al.*, 2017). Dentre as espécies com ocorrência nessa floresta tropical seca, encontra-se a *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*), conhecida como imburana-de-espinho, a qual é usada tanto para fins madeireiros como medicinais. Essa espécie apresenta dificuldades de regeneração natural devido à baixa formação de bancos de sementes e à rápida perda de viabilidade após armazenamento (Affonso; Siqueira Filho; Meiado, 2014).

Para germinarem e se estabelecerem, as sementes dependem de um período mínimo de quatro a seis meses de chuvas contínuas (Silva *et al.*, 2018; Almeida, 2023). O clima semiárido da Caatinga, caracterizado por altas temperaturas, chuvas irregulares e longos períodos de seca, limita o processo germinativo e o sucesso do reflorestamento (Mesquita; Dantas; Caibro, 2018). As chuvas irregulares podem ocasionar a escassez de água no solo levando as sementes a adotarem estratégias, como uma germinação sincronizada à estação chuvosa e a ativação de mecanismos fisiológicos de sobrevivência. Uma dessas estratégias é a “memória hídrica”, que torna a semente capaz de adquirir eficiente resposta ao estresse hídrico após hidratação prévia (Meiado *et al.*, 2012).

A germinação em ambientes áridos pode ocorrer após ciclos de hidratação e desidratação (HD), conferindo maior tolerância à dessecação e ativando genes de resposta ao estresse e, com isso, auxiliando a planta na sobrevivência em regiões como a Caatinga (Dantas *et al.*, 2008; Lima; Meiado, 2018). Nesse sentido, todas essas operações são influenciadas pelo processo de embebição, que depende da morfologia da semente e da composição do endosperma, influenciando diretamente na capacidade de embebição que, por sua vez, permite que as sementes passem por um processo trifásico: absorção rápida de água (fase I), reativação do metabolismo (fase II) e alongação do eixo embrionário (fase III) (Castro; Bradford; Hilhorst, 2004; Cardoso, 2008; Rajjouet *et al.*, 2012; Taizet *et al.*, 2017).

A água apresenta-se bastante limitada nas regiões áridas e semiáridas devido ao baixo índice de chuvas, assim, conhecer os mecanismos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos em resposta ao déficit hídrico torna-se necessário para entender a influência da falta de água no metabolismo dos vegetais, bem como mecanismos de tolerância aos impactos da seca nas plantas (Atkin; Macherel, 2009).

As plantas desenvolvem mecanismos para se adaptar e/ou superar o déficit hídrico ao longo do tempo, permitindo-as perceber o início do estresse e regular tanto sua fisiologia quanto sua morfologia (Oliveira; Alencar; Gomes-Filho, 2013). O estresse de maneira geral é considerado como uma pressão excessiva de um ou mais fatores, bióticos ou abióticos, que possam inibir o funcionamento normal de um sistema (Levitt, 1980; Niu *et al.*, 1995; Larcher, 2006).

Dentre os efeitos causados pelo estresse hídrico, estão as mudanças anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares das plantas. A intensidade dos efeitos varia de planta para planta e do grau de duração do estresse em que as plantas foram submetidas (Maldonado *et al.*, 2007).

O déficit hídrico afeta diretamente a fisiologia vegetal, desencadeando alterações nos processos bioquímicos e estruturais. Durante a escassez de água, há fechamento estomático, redução da transpiração, inibição do crescimento das raízes laterais e desenvolvimento de raízes mais profundas, além da diminuição da área foliar (Xionget *al.*, 2006). Esses mecanismos visam conservar água e garantir a sobrevivência em ambientes hostis (Lima; Meiado, 2018).

Os ciclos de Hidratação desidratação (HD) atuam como um fator de memória fisiológica, permitindo que sementes e plântulas respondam de maneira mais eficiente a novos eventos de estresse (Garai; Sopory, 2023). Espécies como *Helianthus annuus* L. (Asteraceae), *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae), *Tecomastans* (L.) JussexKunth (Bignoniaceae) demonstraram melhora significativa em germinação e vigor após exposição a ciclos de HD, confirmando o potencial da técnica para projetos de conservação e reflorestamento em regiões semiáridas (Kaya *et al.*, 2006; Alvarado-López *et al.*, 2014; Pedrero-López *et al.*, 2016).

Além disso, a memória hídrica pode ser conectada nos estágios iniciais na sua atuação no ciclo de vida da planta influenciando na formação de sementes e no processo de germinação de forma autônoma (Hora *et al.*, 2023). Nesse sentido, as plantas possuem memórias de breve e longo tempo e, dessa forma, podem recordar diante sua exibição repetida a condições abióticas (Garai; Sopory, 2023).

Em suma, compreender os mecanismos fisiológicos, morfológicos e moleculares associados ao déficit hídrico é fundamental para o manejo e a conservação da flora da Caatinga. Estratégias como o uso de sementes com memória hídrica e a compreensão dos ciclos de embebição oferecem alternativas promissoras para a restauração ecológica desse bioma ameaçado. O referido trabalho testou as seguintes hipóteses:

- Ciclos de HD favorece a germinação de sementes de *C. leptophloeos*;
- Os parâmetros de crescimento inicial em *C. leptophloeos* vão melhorar com os ciclos de HD;
- Ciclos de rega vão produzir mudas tolerantes e mais desenvolvidas;
- As plantas de *C. leptophloeos* em campo vão sobreviver a um período intenso de seca após passar por ciclos de HD, ciclo de rega e estresse severo.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da hidratação e desidratação (ciclos HD) em sementes e ciclos de rega em plantas jovens de *C. leptophloeos* na tolerância à seca bem como a sobrevivência dessas plantas em área de sequeiro. Além disso, determinar quais

parâmetros de crescimento são mais afetados pelo tempo, número de ciclos de HD, ciclo de regas e estresse severo.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local de realização do estudo e obtenção das sementes

Foram utilizadas 30 matrizes de *C. leptophloeos* para coletas das sementes em três diferentes áreas do semiárido, sendo dez matrizes para cada região com espaçamento entre dez a 30 metros entre plantas. A localidade de coleta foi na Universidade Federal do Vale do São Francisco (Campus Ciências Agrárias), situada no município de Petrolina-Pernambuco (09°16'10" S, 40°33'43" W), inserida na região do Vale do Submédio São Francisco (Figura 1). As sementes foram coletadas nas comunidades de Manicoba (Juazeiro-Bahia - 09°19'44"S; 40°17'49"W), caracterizada por áreas agrícolas irrigadas intensamente gerenciadas com cerca de 4.268 ha, ocupada por 234 lotes com 1.889 ha e 80 lotes de empresas com 2.379 ha (Codevasf, 2023). A comunidade de Malhada da Areia (Juazeiro-Bahia - 09°26'36"S; 40°30'20"W), caracterizada como uma comunidade rural de agricultura familiar e criação de caprinos, possui uma vasta área de Caatinga com 4.080.000 m² sendo uma parte cercada com 490.000 m² para fins de pesquisa (área de conservação de Caatinga pertencente ao IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada). A região está inserida no bioma Caatinga, tendo uma vegetação característica do domínio fitogeográfico floresta seca tipo xerófila em Juazeiro-Bahia.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Bswb, que corresponde à região semiárida muito quente, com temperatura mínima de 18,8 °C, média 26,2 °C e máxima de 32,4 °C, com índice pluviométrico anual de 490,7 mm, com chuvas concentradas de novembro a abril e o período seco entre maio e outubro com vegetação típica de Caatinga (Amorim Neto, 1989).

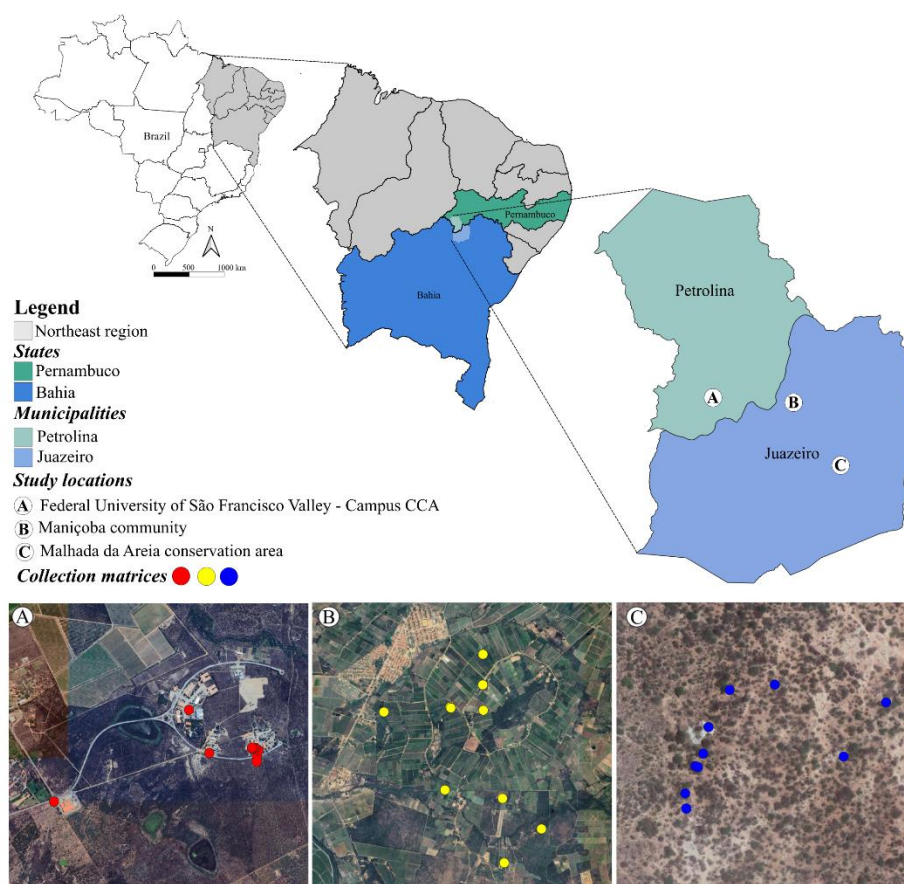


Figura 1 -Localização das matrizes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) utilizadas para coletas de sementes no presente estudo.

3.2.2 Coleta das sementes

As coletas das sementes foram realizadas no solo, sendo consideradas para este estudo apenas as recém-dispersas, sendo contabilizadas $n=400$ que foram acondicionadas em sacos de papel. Elas foram enterradas a 5 cm de profundidade embaixo da matriz parental de *C. leptophloeos* por um período de três meses (Affonso; Siqueira Filho; Meiado, 2014) e em seguida foram desenterradas para serem utilizadas nos testes de hidratação descontínua. O experimento foi conduzido no laboratório de Olericultura e casa de vegetação da Universidade Estadual da Bahia - UNEB na cidade de Juazeiro - BA.

A determinação do teor de água das sementes de *C. leptophloeos* foi realizada pelo método padrão de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (Brasil, 2009), utilizando-se amostras de 5g de sementes da espécie em estudo, em quatro repetições. As sementes foram acondicionadas em cápsulas de alumínio de 5,0 cm de diâmetro e previamente pesadas. Logo após, realizou-se nova pesagem para a obtenção do peso inicial das sementes, que posteriormente foram postas

para secar em estufa. Após 24 horas, as cápsulas com as subamostras de sementes foram retiradas e colocadas em dessecador por aproximadamente dez minutos e pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,001g para calcular a porcentagem do grau de umidade.

3.2.3 Resgate de plântulas na Caatinga

O resgate dos indivíduos de *C. leptophloeos* foi a partir da retirada de plântulas nativas propagadas em áreas de Caatinga e próximas as matrizes com altura entre 10 a 20 cm com folhas e folíolos estabelecidos. Após a retirada das plântulas, estas foram levadas para o viveiro plantadas em sacos plásticos com substratos e regadas a cada três dias para um melhor desenvolvimento permanecendo por 180 dias em viveiro até serem plantadas em campo. As plântulas foram resgatadas na mesma época da formação das plântulas do experimento em laboratório.

3.2.4 Curva de embebição e determinação dos tempos de hidratação e desidratação

Para determinar a curva de embebição, foram pesadas quatro repetições de 25 sementes de *C. leptophloeos* em balança analítica para obtenção do peso inicial das sementes (as sementes não foram lavadas para não alterar o peso inicial). Posteriormente, cada repetição foi colocada em rolos de papel germitest com duas camadas de papel umedecidas com 15 mL de água destilada, uma camada de papel germitest para cobrir as sementes onde cada rolo representará uma repetição, postas em BOD 25 °C e pesadas a cada uma hora durante as 12 primeiras horas; após as 12 horas, a pesagem foi feita a cada quatro horas até completar o processo de germinação com a protrusão da radícula. O tempo obtido para estabilização do peso fresco marcou as fases da embebição que foram utilizadas na aplicação dos tratamentos. Pela caracterização da curva de embebição das sementes (Figura 3), foram demarcados três tempos, X=3h, Y=24h e Z=60h, correspondentes a ½ da fase I, ¼ da fase II e ¾ da fase II do processo de embebição, respectivamente. Estes tempos foram utilizados como marcadores para a imposição dos tratamentos de interrupção do fornecimento de água e posterior secagem.

As sementes misturadas e oriundas de várias plantas de *C. leptophloeos* n=900 foram submetidas a três tempos X=3h (n=300), Y=24h (n=300) e Z=60h (n=300) e cada tempo passou por quatro ciclos de hidratação e desidratação ou hidratação descontínua (HD), sendo os ciclos: 0 (n=75), 1 (n=75), 2 (n=75) e 3 (n=75) com três repetições de 25 sementes em cada ciclo (Figura 2). A fase de hidratação das sementes foi realizada em papel germitest, mantidas em

condições de laboratório em BOD, sob temperatura ambiente (média 25°C). Para a fase de desidratação, as sementes foram mantidas em estufa de secagem a 40°C, obedecendo a quantidade de horas estabelecidas para cada tempo X=3h, Y=24h e Z=60h.

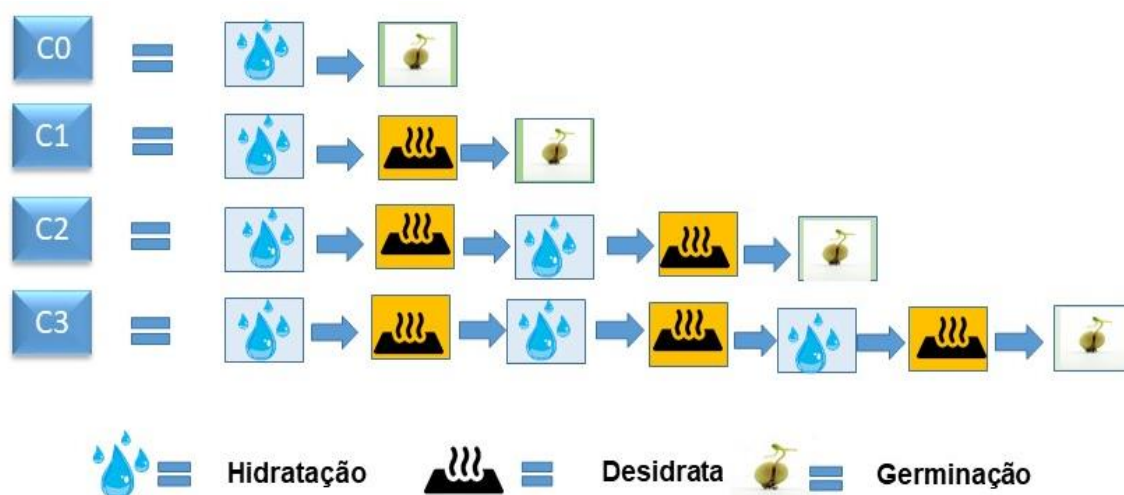


Figura 2 - Esquema dos ciclos de hidratação em sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram pelos ciclos de Hidratação descontínua (ciclo 0,1,2 e 3) e pelos tempos X, Y e Z.

Avaliaram-se os parâmetros germinativos e crescimento das plântulas aos 8, 30, 60, 90, 120, 150, 180 dias. As plântulas após oito dias foram postas em copos descartáveis 200 ml com substrato para a fase de aclimação em viveiro com tela 80% sombreada e regadas diariamente por 60 dias. Em seguida, aos 90 dias, as plantas sobreviventes foram postas em sacos plásticos para mudas com substrato e regadas a cada três dias. O tamanho do caule, o diâmetro do caule, o número de folhas, o tamanho das folhas e o tamanho da raiz até oito dias dessas plantas foram medidos mensalmente por 180 dias.

3.2.5 Ciclo de rega em plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae)

O ciclo de rega corresponde a um dia de hidratação e 18 dias sem hidratação (18 dias foi o tempo que as folhas iniciaram a cor amarela) por três vezes seguidas por 57 dias. As plantas n= 10 para cada subgrupo foram medidas (comprimento do caule, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento das folhas) antes e após o ciclo de rega.

Após 180 dias de germinadas, foram selecionadas as plantas de *C. leptophloeos* que apresentaram maior tamanho de caule, folhas e raízes cujas sementes passaram por ciclos de hidratação e desidratação (HD) dentro do melhor tempo que foi o (Y) e as que passaram por dois ciclos foram posicionadas no grupo 1 (com ciclos de HD).

Para o grupo 2 (sem ciclo HD), entraram as plantas de *C. leptophloeos* cujas sementes não passaram por ciclos de HD.

- GRUPO 1- Plantas n=10 originadas de sementes que passaram pelo ciclo de HD, considerando melhor tempo (Y) dentro do ciclo 2, foram divididas em 2 subgrupos:
 - 1-a) Rega diária nas plantas n=5 de sementes com ciclo HD (RDHD);
 - 1-b) Rega a cada 18 dias nas plantas n=5 de sementes com ciclo HD (R18HD).
- GRUPO 2- Plantas n=10 originadas de sementes que não passaram por ciclos de HD:
 - 2- a) Rega diária em plantas n=5 de sementes sem ciclo HD (RD) (controle);
 - 2- b) Rega a cada 18 dias em plantas n=5 de sementes sem ciclo HD (R18).

3.2.6 Estresse severo em plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae)

Logo após os tratamentos dos ciclos de rega, as plantas n=20 entraram em estresse hídrico severo por 30 dias seguidos (durante a estação seca para não correrem o risco de serem molhadas pela chuva), as plantas foram medidas (comprimento do caule), número de folhas, comprimento das folhas) antes e após o estresse hídrico severo. Após o estresse severo as plantas foram regadas semanalmente e medidas após 30 dias correspondendo a fase de recuperação. As plantas mais resistentes e em maior número de sobreviventes para todos os tratamentos foram plantadas no campo em áreas de sequeiro de Caatinga na estação seca.

3.2.7 Cultivo das plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em áreas de sequeiro em Caatinga

O cultivo das plantas foi realizado na área de experimentação da Universidade Federal do Vale do São Francisco no Campus de Ciências Agrárias, onde se fez um ensaio em campo de abril de 2024 a abril de 2025. As mudas foram plantadas em covas 30x30 com oito litros de água, sendo quatro litros colocados na cova antes do seu plantio e mais quatro litros colocados na coroa da cova após o plantio da muda, utilizando o espaçamento de 3m entre linhas, entre plantas o espaço foi de 5 m. No experimento, montou-se uma área contendo 30 plantas de *C. leptophloeos* derivadas dos tratamentos anteriores. Foram organizados seis blocos contendo cinco plantas (sem rega durante o período seco) para cada bloco da seguinte forma:

Bloco 1: plantas cujas sementes passaram por ciclos de HD e as mesmas plantas passaram por ciclo de rega;

Bloco 2: plantas cujas sementes passaram por ciclos de HD e as mesmas plantas não passaram por ciclo de rega;

Bloco 3: plantas cujas sementes não passaram por ciclos de HD e as mesmas plantas passaram por ciclo de rega;

Bloco 4: controle do tratamento ciclo de rega: plantas sem HD e sem ciclos de regas, mas que sofreram estresse severo;

Bloco 5: Plântulas de *C. leptophloeos* resgatadas em áreas de Caatinga e sofreram hidratação descontinua e estresse severo de forma natural;

Bloco 6: Controle do controle: Plantas que não foram submetidas a nenhum tipo de tratamento.

Medidas de crescimento - A altura da planta foi obtida com auxílio de uma trena a partir da base da planta rente ao solo até a inserção da gema apical. O diâmetro do caule foi medido na base da planta ao nível do solo com um paquímetro digital. Mensurou-se a quantidade folhas, comprimento e largura.

3.2.8 Análise estatística

Para as plântulas, adotou-se o esquema em fatorial 3x3 (três tempos de embebição x ciclos de HD). A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram verificadas através dos testes Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente, e submetidos à análise de variância fatorial com três fatores (nível de significância 5%), utilizando-se o software livre R versão 3.6.1.

Foram testadas a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias dos dados de comprimento do caule, diâmetro do caule, número de folhas, tamanho e largura de folhas. Como os pressupostos para a realização da ANOVA foram obedecidos, optou-se pela comparação das médias dos parâmetros avaliados pelo método de Tukey à 5% de probabilidade em fatorial duplo, tempo e ciclo utilizando o pacote AgroR (Shimizu; Marubayashi; Gonçalves, 2023). Como os pressupostos para a realização da ANOVA não foram obedecidos, optou-se pela comparação das médias dos parâmetros avaliados pelo método não-paramétrico de Kruskal-Wallis com correções de Bonferroni utilizando o pacote AgroR (Shimizu; Marubayashi; Gonçalves, 2023). Para a confecção dos gráficos de porcentagem de germinação das sementes, utilizou-se o pacote ggpubr (Kassambara, 2023).

A análise de PCA foi utilizada para visualizar as diferenças entre os tratamentos pela redução das variáveis em dois componentes principais sendo realizada pelo pacote vegan (Oksanen *et al.*, 2022). No gráfico de tendência de crescimento, foram usados os pacotes ggplot2

(Wickham *et al.*, 2016), tidyr (Wickham *et al.*, 2024), dplyr (Wickham *et al.*, 2023), lubridate (Grolemund; Wickham, 2011) e scales (Wickham; Pedersen; Seidel, 2025).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Teor de água e Curva de Embebição

As sementes de *C. leptophloeos* apresentaram grau de umidade inicial de 7,1%, a água é fator que exerce determinante influência no processo de germinação de sementes. A reidratação dos tecidos resulta da absorção de água pelas sementes com intensificação da respiração e demais atividades metabólicas, que fornecem energia e nutrientes para a retomada do crescimento do eixo embrionário (Sarmiento *et al.*, 2015).

A tolerância à dessecação geralmente é descrita como um limite de teor de água para a sobrevivência da semente. As sementes com teor de água em torno de 5% são ortodoxas e toleram desidratação a baixos graus de umidade (Dambroset *et al.*, 2024). Dessa forma, essas sementes conseguem sobreviver a estresses ambientais (Castro; Bradford.; Hilhors, 2004). Comparando com sementes do tipo recalcitrantes, essas possuem elevado teor de água entre 15% a 50% ao se desprenderem da planta-mãe perdem a viabilidade em baixo nível de umidade com cerca de 12% (Barbedo; Centeno; Ribeiro, 2013). Existem também as sementes conhecidas como intermediárias, as quais toleram a desidratação até teores de água entre 7% e 12% de umidade (Ellis; Hong; Roberts, 1990).

Para curva de embebição das sementes, observou-se que em FI: (fase I) onde há maior entrada de água e a absorção se estendeu até seis horas. Já a F2: (fase II-estacionária) iniciou após seis horas de embebição e foi finalizada em 78 horas com a germinação das sementes. A curva de embebição de sementes de *C. leptophloeos* depois do enterrio está representada na (Figura 3).

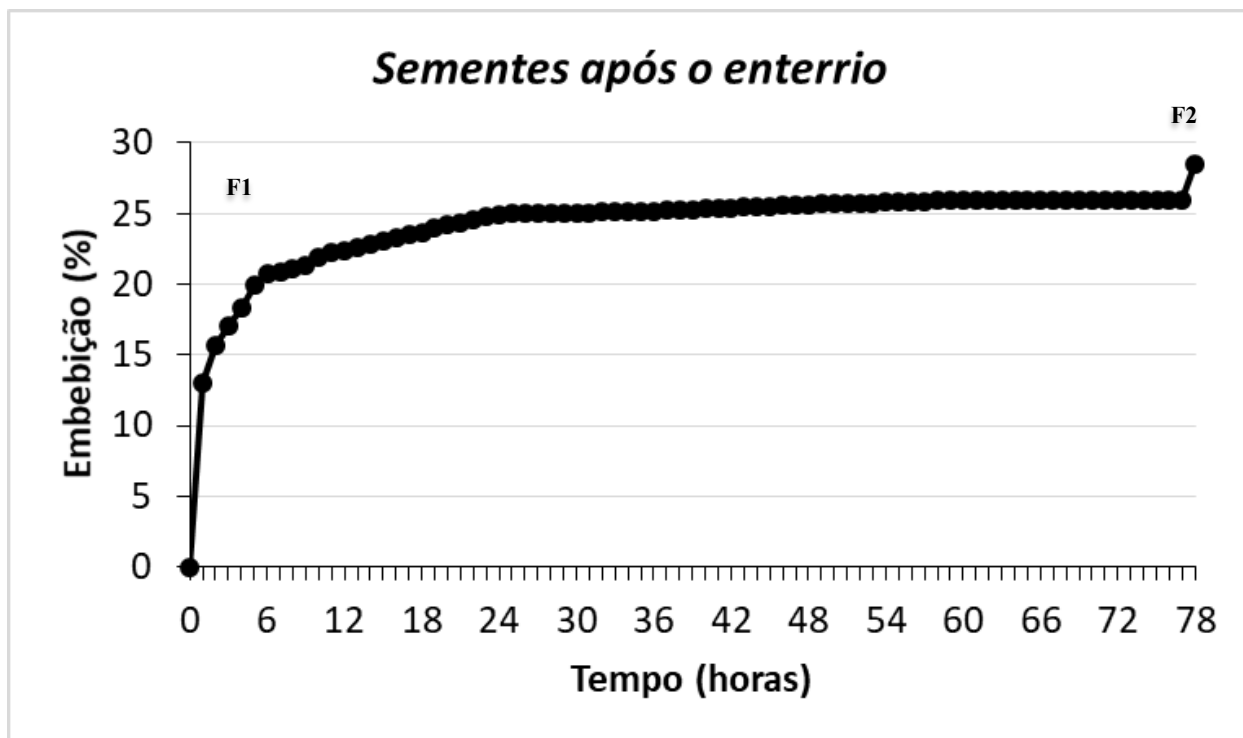


Figura 3 -Curva de embebição em sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) FI: Fase I e FII: Fase II.

Diante do exposto, observa-se que a primeira fase se dá nas primeiras horas do processo da embebição demonstrando uma rápida absorção de água pelas sementes como também observado em sementes de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae) (Preston *et al.*, 2009). É relevante entender que a segunda fase ocorre uma limitação na velocidade de absorção, sendo caracterizada por uma estabilização do conteúdo de água da semente, também visto em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (Fabaceae) (Dantas *et al.*, 2008), na qual pode estar relacionado à protrusão radicular que, por sua vez, encerra a fase II dentro do processo de embebição (Carvalho; Nakagawa 2012). A partir da protrusão radicular inicia a fase III com o crescimento do eixo embrionário (Castro; Bradford; Hilhorst, 2004; Cardoso, 2008; Rajjouet *et al.*, 2012; Taizet *et al.*, 2017).

3.3.2 Porcentagem de germinação em sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) para os tempos e ciclos de hidratação e desidratação

Quando se considera a porcentagem de germinação dentro de cada ciclo, não houve diferenças significativas para esses parâmetros (Figura 4). Por outro lado, ao se considerar as diferenças entre os tempos, observou-se que os tempos X e Y apresentaram maior taxa de germinação se comparado com o tempo Z (Kruskal-Wallis: 28,62; $p < 0,001$) (Figura 4).

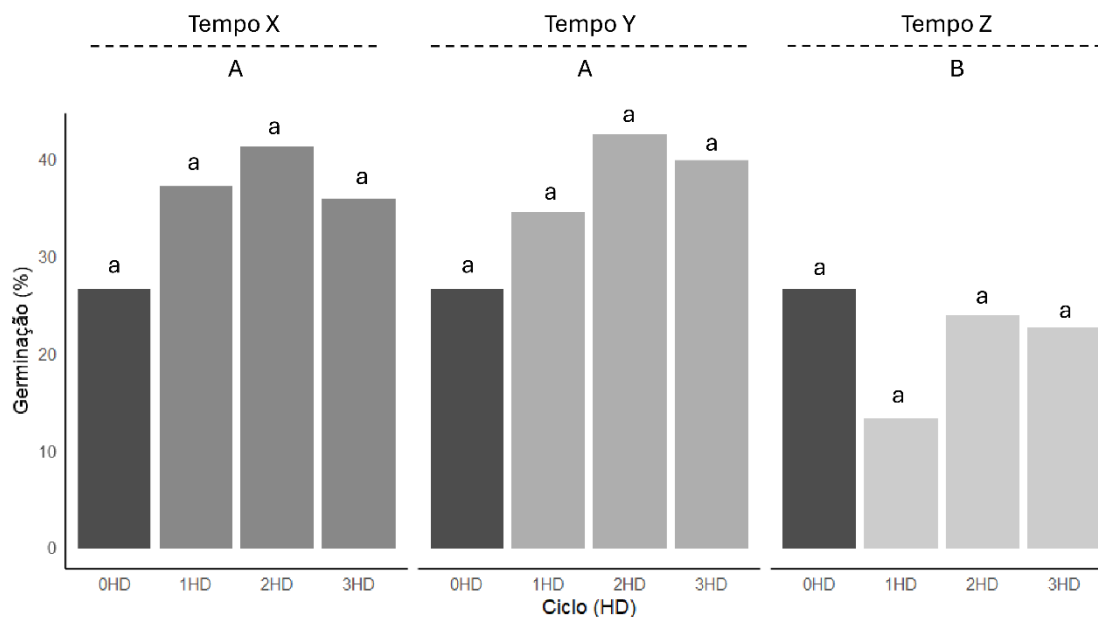


Figura 4 - Porcentagem de germinação das sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) que passaram pelos ciclos de Hidratação descontínua nos tempos X 3h, Y 24h e Z 60h. e (ciclo 0,1,2 e 3).

As respostas relatadas para as variáveis germinativas avaliadas para as sementes de *C. leptophloeos* que passaram pela hidratação descontínua até o tempo Y corroboram com o que foi dito para outras espécies não cultivadas submetidas à hidratação durante a Fase II da curva de embebição como em *Calligonum* sp., a *Calligonum junceum* e *Calligonum leucocladum* (Ren; Tao, 2003), *Tecomastans* (Alvarado-López *et al.*, 2014), *Senna spectabilis* var. *excelsa* (Lima *et al.*, 2018), *Enterolobium cyclocarpum* (Peraza-Villarreal *et al.*, 2018) e na emergência de plântulas de *Handroanthus chrysotrichus* (Hora; Santos; Meiado, 2018).

A redução da germinação aqui verificada, quando as sementes foram submetidas aos ciclos de hidratação descontínua no tempo Z, pode ter ocorrido devido às alterações no metabolismo, o que explica a manutenção da tolerância à dessecação nesse estágio para algumas espécies (Castro; Hilhorst, 2004; Bewley *et al.*, 2013). A periodicidade dos ciclos pelos quais as sementes passam, a depender da fase na qual ocorre a hidratação, funciona como um *priming* natural e influencia positivamente na germinabilidade das sementes, como é caso de espécies em que os ciclos favorecem e adiantam a germinação, como nas espécies aqui já citadas *Calligonum junceum* e *C. leucocladum*, *Senna spectabilis* var. *excelsa*, *Handroanthus chrysotrichus*. O presente estudo mostrou que, para *C. leptophloeos*, o tempo de embebição que as sementes atingem antes da desidratação cíclica é crucial para ativação do seu metabolismo de reparo contra os danos da dessecação, sendo assim, adquire uma tolerância na qual as

sementes se tornam capazes de recuperar funções vitais como: germinação, vigor e longevidade após um evento de desidratação que pode variar de acordo com as características de cada espécie (Oliver *et al.*, 2020).

A embebição por 24 horas (tempo Y) passando por dois ciclos favorece um maior ajustamento e regulação do metabolismo no preparo das sementes contra a dessecação, dessa forma, a hidratação descontínua estimula mudanças no embrião, as quais a semente “memoriza” durante os períodos de secagem e, quando são expostas novamente a condições de umidade, se promove uma germinação mais rápida (Dubrovsky, 1996; Lima; Meiado, 2018).

3.3.3 Sobrevivência das plantas de sementes que passaram por hidratação e desidratação

Houve diferenças na taxa de sobrevivência das plantas de *C. leptophloeos* avaliadas ($p < 0,001$), indicando diferentes potenciais de adaptação e índices de sobrevivência para cada tempo (X3h, Y24h e Z60h) dentro de cada ciclo de HD no ambiente onde foram desenvolvidas. O tempo (Y24h) dentro do ciclo 2HD proporcionou estabilidade no índice de germinação de 39,1%, sobreviventes finais 20,4% e com menor taxa de mortalidade 79,5% se comparado aos demais tempos (Tabela 1).

A simulação em laboratório dos ciclos de HD é uma importante ferramenta para os estudos de mecanismos de tolerância à dessecação. Os resultados indicam maiores prejuízos às sementes que passaram por hidratação seguida por desidratação durante o tempo (X3h) da embebição, o que se intensifica com o número de ciclos. Por outro lado, sementes que foram embebidas até o tempo (Y24h) apresentaram maior tolerância à dessecação em relação ao tempo (X3h). Tal constatação foi evidenciada pela baixa taxa de mortalidade das plântulas após os ciclos de HD no tempo (Y24h), provavelmente devido ao um maior tempo para ajustes metabólicos.

Tabela 1- Porcentagem de germinação, índice de sobrevivência e mortalidade entre as plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) oriundas de sementes que passaram pelos ciclos de Hidratação e desidratação nos tempos X 3h, Y 24h e Z 60h e (ciclo 0, 1, 2 e 3).

% germinação inicial					
Tempos	0 HD	1 HD	2 HD	3 HD	
	26,6 a	28,4 a	36 a	32,9 a	Kruskal-Wallis: 4,66; p > 0,05
Ciclos	Controle	X 3h	Y 24h	Z 60h	
	26,6 b	38,2 a	39,1 a	20 b	Kruskal-Wallis: 28,62; p < 0,001
% de sobrevivência final					
Ciclos	0 HD	1 HD	2 HD	3 HD	
	18,7 a	8 bc	19,1 ab	7,1 c	Kruskal-Wallis: 19,67; p < 0,001
Tempos	Controle	X 3h	Y 24h	Z 60h	
	18,7 a	7,1 b	20,4 a	6,6 b	Kruskal-Wallis: 24,21; p < 0,001
Taxa de mortalidade					
Ciclos	0 HD	1 HD	2 HD	3 HD	
	81,3 c	92 ab	80,9 bc	92,9 a	Kruskal-Wallis: 19,67; p < 0,001
Tempos	Controle	X 3h	Y 24h	Z 60h	
	81,3 b	92,9 a	79,5 b	93,3 a	Kruskal-Wallis: 24,20; p < 0,001

3.3.4 Tamanho das plântulas de sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram pelos ciclos de hidratação e desidratação

O estabelecimento das plântulas aos oito dias após a germinação foi influenciado pelos tempos e os ciclos de HD, havendo interação significativa entre o tempo e o ciclo apenas na variável comprimento do caule. Tanto os ciclos quanto os tempos influenciaram no comprimento do caule, sendo que, no tempo Y24h o caule que passou por dois ciclos as plântulas apresentaram maior comprimento quando comparado com os tempos X3h e Z60h. Com relação à variável comprimento da raiz, independentemente do tempo, os ciclos 1 HD e 2 HD apresentaram maiores médias se comparados aos demais ciclos. Para o tempo (Y24h), a raiz apresentou maior tamanho para o ciclo 1 HD. Para o diâmetro do caule, o tempo (X3h) do ciclo 2 DH apresentou a maior média comparando aos demais tratamentos. Para o número de folhas, as maiores médias ocorreram nos tempos (Y24h) dentro dos ciclos 1 e 2 e (Z60h) no ciclo 1. O ciclo zero não apresentou diferenças significativas entre os tempos (X3h, Y24h e Z60h - Figura 5).

A disponibilidade hídrica descontínua durante o processo de embebição da semente produz o fenômeno da memória hídrica de sementes, onde plântulas originadas de sementes

que foram submetidas a ciclos de HD apresentam maior vigor em comparação com plântulas originadas de sementes que apresentaram hidratação contínua durante o processo de embebição (Santos; Santos Júnior; Silva, 2024). Assim, a memória hídrica de sementes em *C. leptophloeos* apresenta importantes implicações ecológicas para a espécie e para o ecossistema. Esse fenômeno pode promover vantagens competitivas para essas plântulas em relação às plântulas da mesma espécie que foram produzidas a partir de sementes que não passaram pelos ciclos de HD (Silva *et al.*, 2025).

Essas vantagens estão relacionadas com o melhor uso da disponibilidade de recursos necessários para o desenvolvimento, sendo um importante mecanismo para espécies de ecossistemas áridos e semiáridos resistirem a condições adversas enquanto competem por recursos limitados (López-Urrutia *et al.*, 2014).

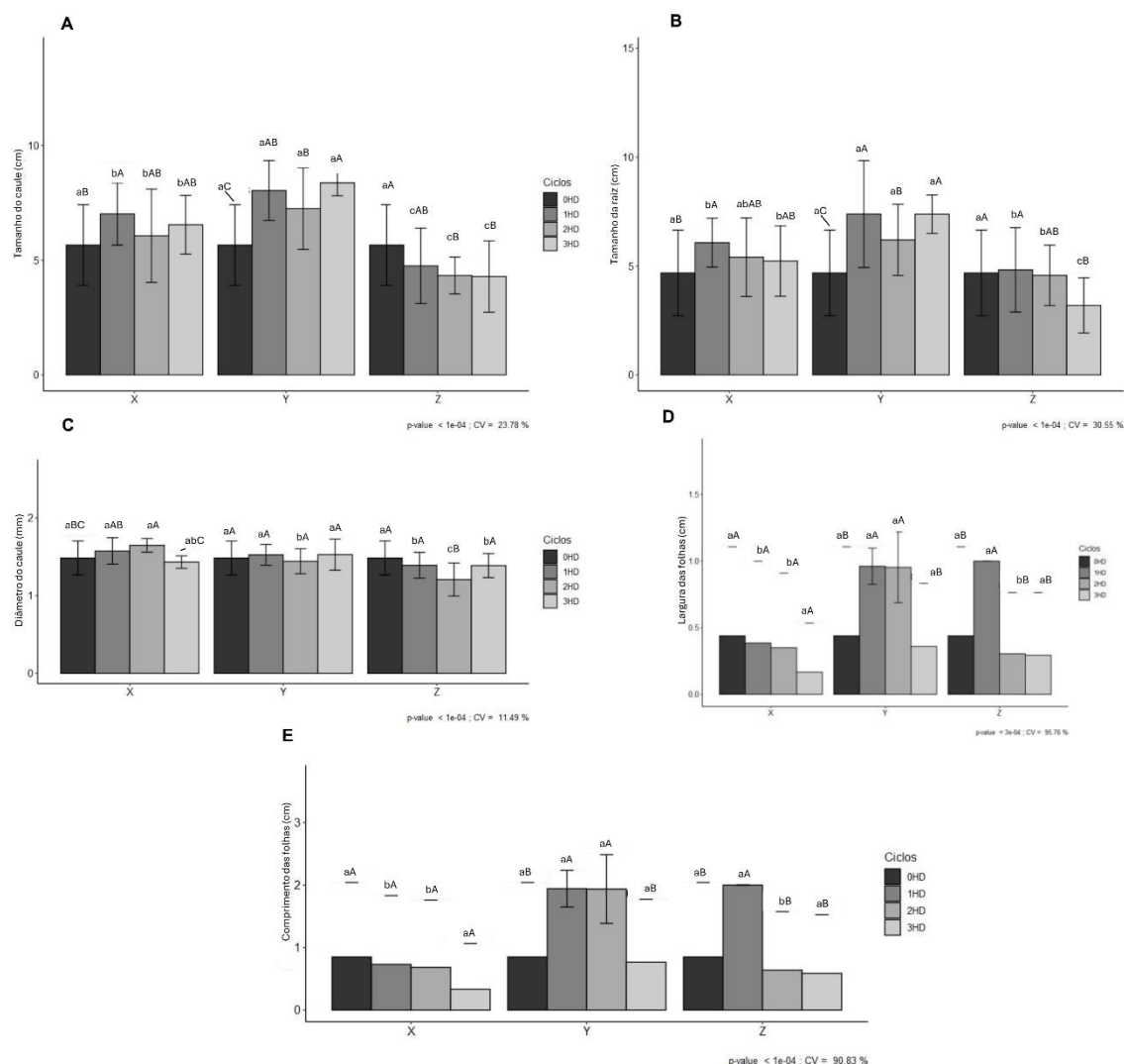


Figura 5 -Tamanho das plântulas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) aos (oito dias) de sementes que passaram pelos ciclos de hidratação e desidratação nos tempos X 3h, Y 24h

e Z 60h. e (ciclos 0,1,2 e 3). (A: comprimento do caule, B: comprimento da raiz, C: Diâmetro do caule, D: Largura das folhas, E: Comprimento das folhas.

* As letras minúsculas são as comparações são entre os ciclos (0,1,2,3) e as letras maiúsculas as comparações são dentro dos tempos (X3h, Y 24h e Z60h).

3.3.5 Tamanho do Caule de plantas das sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram por Hidratação e desidratação em viveiro

Para o crescimento do caule das plantas de *C. leptophloeos* dentro de cada tempo e cada ciclo nos períodos de 30 e 60 dias, as plantas apresentaram maior comprimento de caule para o tempo (Y24h) dentro dos ciclos 3 HD 9,53 e. 3 HD 9,22. Aos 90, 120, 150 e 180 dias os resultados apontaram o maior comprimento do caule para o tempo (X3h) dentro do ciclo 1HD 16,80, 1HD 22,80, 1HD 25,40, 1HD 33,8, respectivamente (Figura 6).

Nossos resultados apontam a importância de acompanhar a germinação das sementes tratadas com ciclos de HD e o crescimento das plântulas por cerca de seis meses, na tentativa de acompanhar os efeitos do desenvolvimento assimétrico das plantas para cada tratamento de HD. Tais efeitos divergem em função do número de ciclos de HD, assim, quanto menor for o número de ciclos de HD na semente, melhor será o estabelecimento das plântulas em condições do déficit hídrico, assim, mesmo que o tamanho seja menos desenvolvido não significa redução de vigor, mas sim uma preparação das plântulas para superar situações de déficit hídrico (Pereira, 2022).

Nossos resultados mostram que a aplicação de três ciclos de HD pode proporcionar uma redução significativa na germinação. Por outro lado, as sementes que passaram por dois ciclos de HD proporcionaram uma produção de mudas mais acentuada para ambientes hostis (Hora; Meiado, 2016).

Uma vez que sementes que foram submetidas à hidratação descontínua no tempo Y 24h e passaram por dois ciclos de HD durante o processo de embebição, estas produziram plântulas mais vigorosas e firmes, porém com menor tamanho em relação aos demais tratamentos. Tais evidências foram encontradas em experimentos com *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae) (Lima *et al.*, 2018), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) (Hora; Santos; Meiado, 2018), *Senna spectabilis* (Costa *et al.*, 2025).

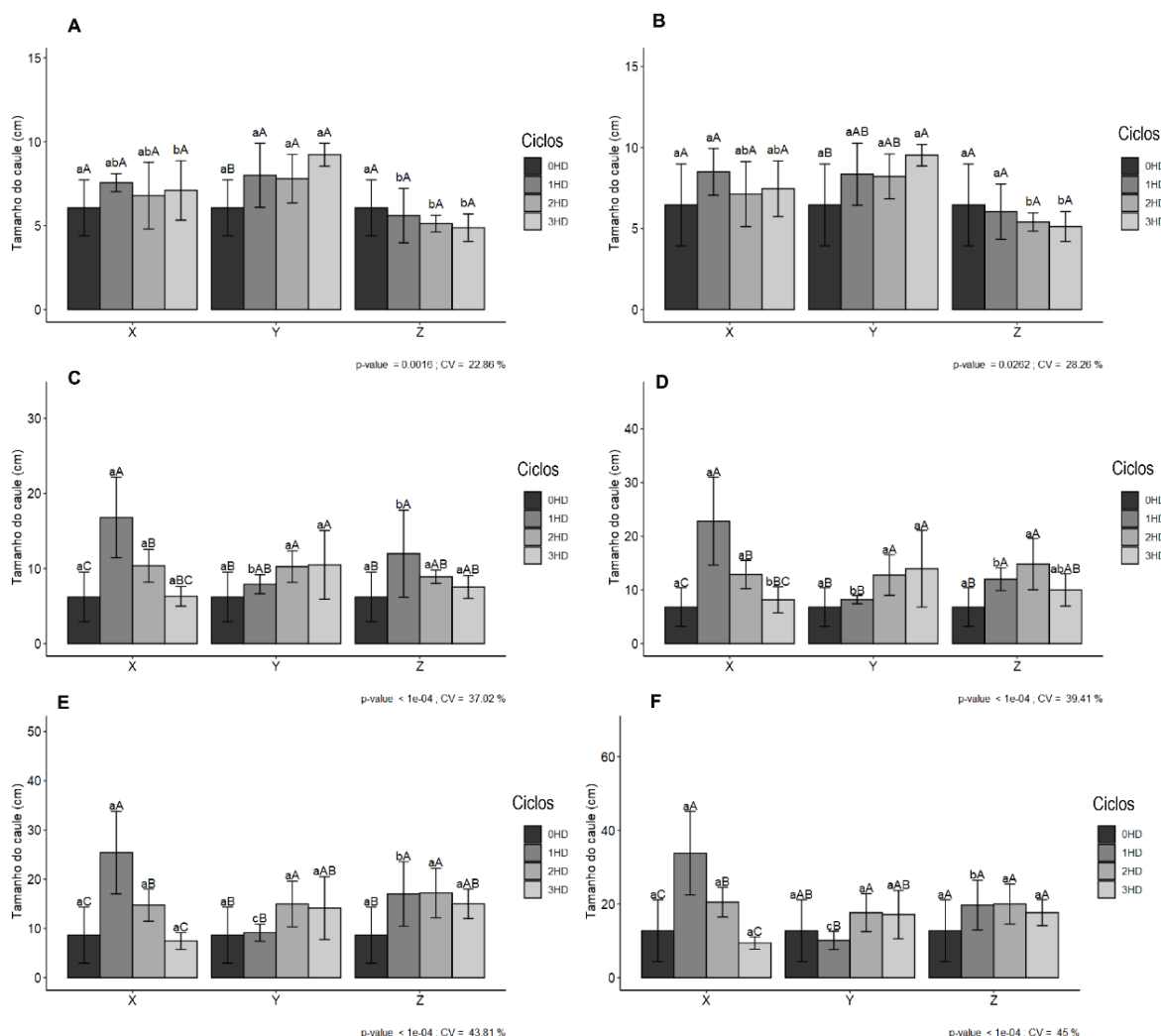


Figura 6 -Comprimento do Caule aos (A 30, B 60, C 90, D 120, E 150, F 180 dias) plantas em viveiro de sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram pelos ciclos de Hidratação e desidratação pelo tempo X 3h, Y 24h e Z60h (ciclo 0,1,2 e 3). Letras minúsculas as comparações são entre os ciclos e as letras maiúsculas as comparações são dentro dos tempos.

A análise de PCA com os dados de crescimento de *C. leptophloeos* (comprimento e diâmetro do caule e número de folhas) aos 180 dias após o transplantio evidenciou que PC1 e PC2 juntos explicam 93,1% da variação total. Dessa variação, as variáveis estão fortemente associadas ao PC1 (82%). Observa-se que há a formação de dois grupos, 1HD e 2 HD, e do outro, o controle 0HD e 3HD (Figura 7). Além disso, observa-se que o agrupamento composto por 0 HD apresenta uma clara separação do grupo composto por 3HD, indicando que o tratamento 0HD apresentou maior similaridade com os tratamentos 1HD e 2Hd. O agrupamento dos tempos X, Y e Z não apresentou forte correlação com os parâmetros de crescimento avaliados, isso é representado pela proximidade dos grupos ao centro da PCA (Figura 8).

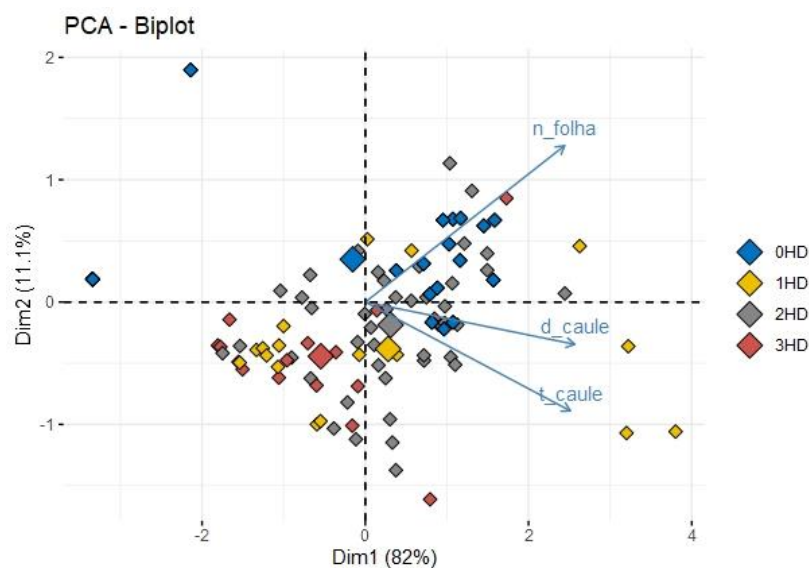


Figura 7- Análise de PCA entre os ciclos de Hidratação e desidratação (ciclo 0,1,2 e 3) com os dados das plantas de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) aos 180 dias em viveiro.

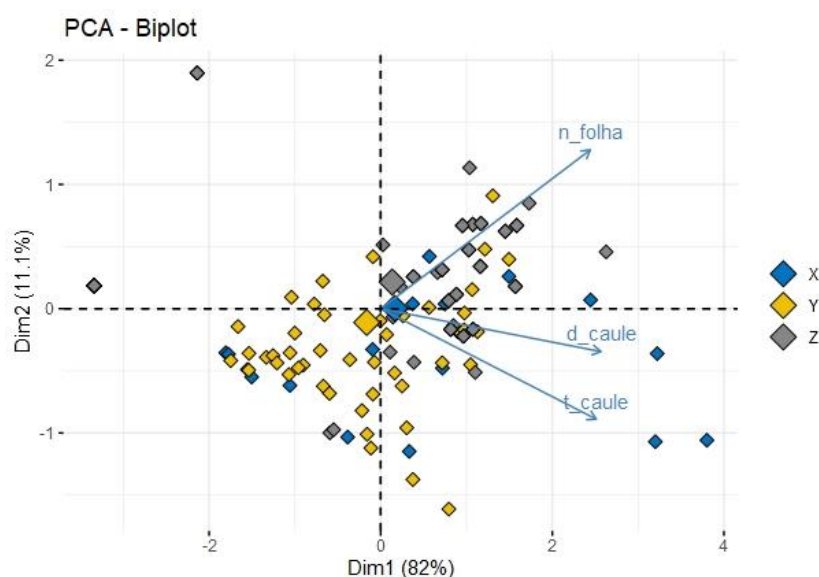


Figura 8 - Análise de PCA entre os tempos de Hidratação e desidratação (X3h, Y 24h, Z 60h) com os dados das plantas de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) aos 180 dias em viveiro.

3.3.6 Crescimento de plantas em viveiro obtidas do tratamento anterior submetidas a ciclo de rega

Para altura das mudas, foram significativos o diâmetro do caule ($P < 0,01$) em plantas que passaram por ciclos de HD e ciclo de rega (Figura 9). Pode-se observar que, em mudas de sementes não expostas a ciclos de HD e plantas sem ciclo de rega, houve um aumento em todos

esses parâmetros. No entanto, a resposta oposta é observada nas mudas que receberam intervenção com os dois (ciclos de HD e ciclo de rega) para comprimento e diâmetro do caule.

Esses resultados sugerem o papel dos ciclos de HD e ciclos de rega na modificação do desempenho das plantas em condições estressantes. Neste caso, as mudas não estão reduzindo seu crescimento ao passarem pelos tratamentos em comparação ao controle, e pode estar havendo uma economia de recursos para prevenção e obtenção de um melhor fitness ao se depararem com um ambiente hostil (Costa *et al.*, 2025).

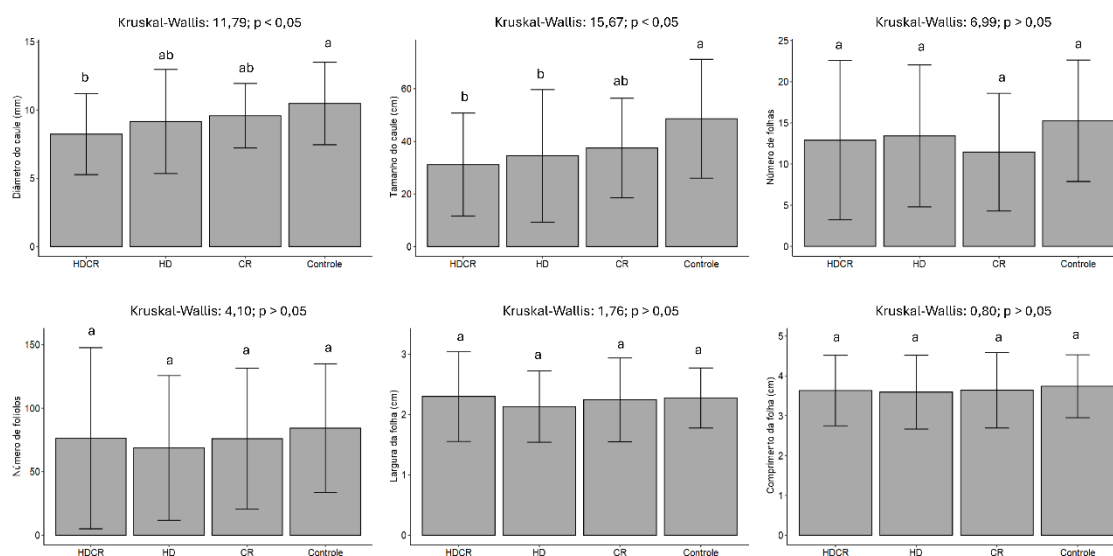


Figura 9 -Variáveis de crescimento em mudas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram por ciclo de rega CR, ciclo de HD, ciclo de hidratação e desidratação mais ciclo de rega HDCR, plantas sem tratamentos: controle.

A análise de PCA evidenciou que não houve correlação entre os fatores quantificados, sendo observada uma similaridade entre eles. Não houve diferenças significativas para as variáveis número de folhas e folíolos e comprimento e largura de folhas. Por outro lado, para o diâmetro e comprimento do caule, o tratamento controle apresentou maiores valores se comparado com os tratamentos que passaram pelo ciclo HD e ciclo de rega (Figura 10).

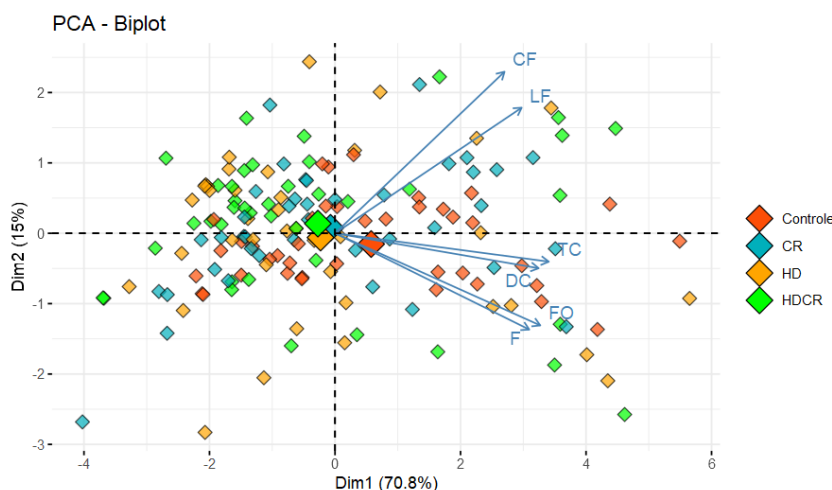


Figura 10 - Análise de PCA entre as variáveis de crescimento em mudas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) que passaram por ciclo de rega CR, ciclo de HD, ciclo de hidratação e desidratação mais ciclo de rega HDCR, plantas sem tratamentos: controle.

3.3.7 Crescimento de plantas em viveiro obtidas do tratamento anterior submetidas a estresse severo

As diferenças foram observadas de forma mais acentuada quando considerado o fator plantas sem tratamento, sendo essas plantas mais associadas as variáveis de crescimento quantificados durante o experimento de estresse severo. Maiores quantificações de comprimento do caule foram observadas no controle e menor média para as plantas que vieram do experimento anterior apenas com o ciclo de rega (CR) (Figura 11 A). Já para o número de folhas, observou-se maior quantidade para as plantas que foram tratadas apenas com ciclo de HD ao entrarem em estresse severo, o menor desempenho foi observado nas plantas que haviam sido tratadas apenas com CR (Figura 11 C)

Observa-se que mudas de sementes tratadas com ciclos de HD estabilizaram seu crescimento sob déficit hídrico em comparação com mudas não tratadas, o que pode ser atribuído a mudanças de comportamento diante o estresse, o que garante a sua sobrevivência (Freitas; Silva, 2024). Nossos resultados mostraram que sementes tratadas produziram mudas menos propensas a sustentar o crescimento sob o estresse severo, mas que também podem continuar a se desenvolver diante uma situação favorável e, dessa forma, mostrando eficiência de tolerância à seca. Essas interrupções na hidratação trazem benefícios ecológicos e desempenham papel vital na dinâmica das plantas em ambientes áridos (Tobe *et al.*, 2001; Walter *et al.*, 2013), alterando as respostas de desenvolvimento das plantas durante secas prolongadas (Freitas; Silva, 2024).

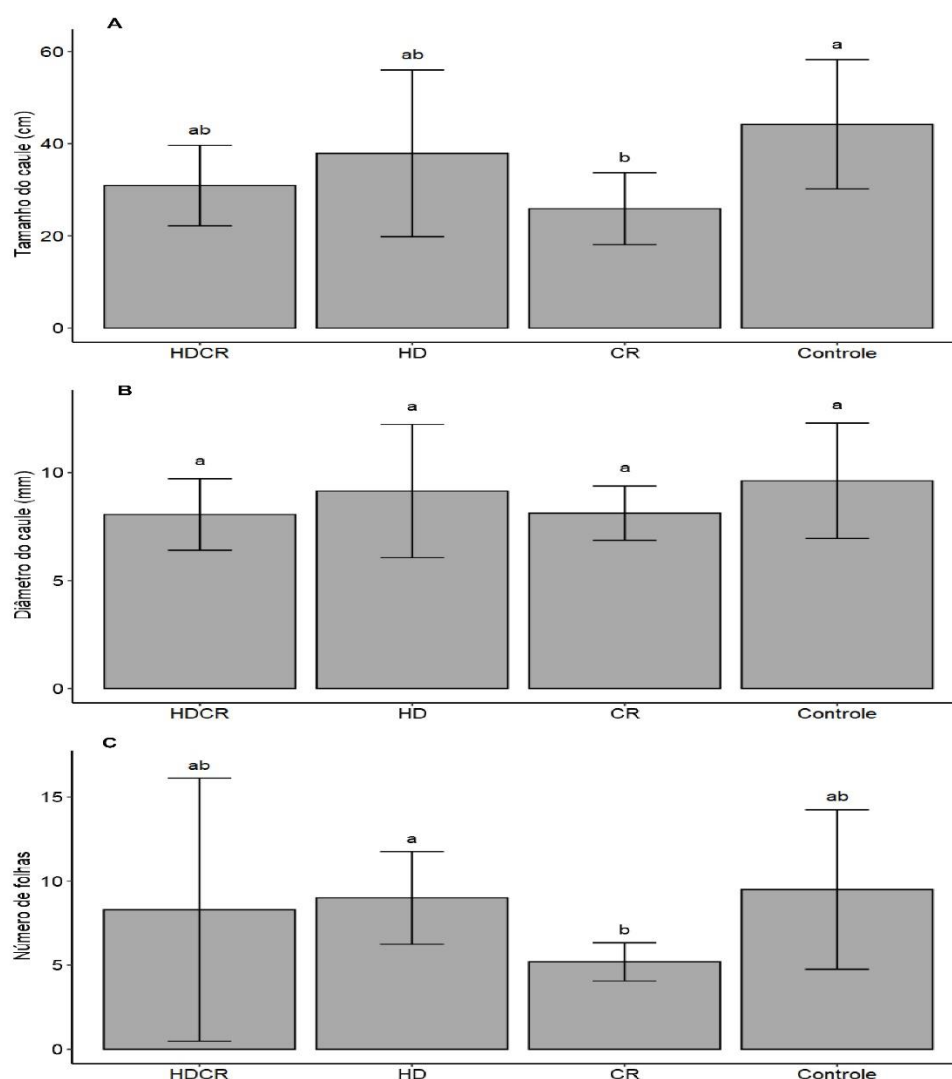


Figura 11 -Variáveis de crescimento em mudas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em viveiro submetidas a estresse severo: ciclo de rega CR, ciclo de HD, ciclo de hidratação e desidratação mais ciclo de rega HDCR, plantas sem tratamentos: controle.

3.3.8 Crescimento de plantas em áreas de sequeiro do tipo Caatinga

Para o comprimento do caule entre as plantas de sementes que passaram por ciclos de HD e CR e as não tratadas, as plantas não tratadas pertencentes ao grupo de controle 2 produziram maior comprimento de caule desde o tempo no viveiro (180 dias) e o tempo em campo (1 ano) em comparação com as plantas de sementes tratadas. As plantas do grupo controle 1 e 2 aumentaram o comprimento do caule em períodos de chuva (Figura 12).

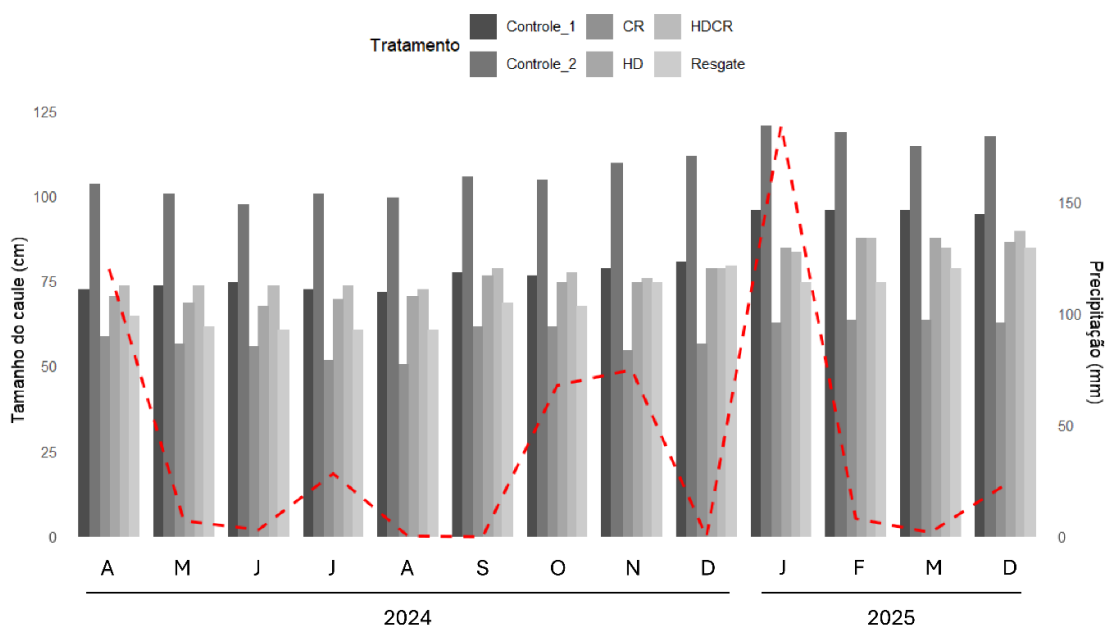


Figura 12 - Tendência de crescimento das plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em área de sequeiro tipo Caatinga em relação ao tamanho do caule e dados de precipitação de abril/2024 a abril/2025. Plantas vindas do experimento anterior. Controle 1(plantas sem HD, CR, com estresse severo); controle 2(plantas que não sofreram nenhum tratamento); CR (só ciclo de rega); HD (só hidratação e desidratação); HDCR (ciclo de rega e hidratação e desidratação); Resgate (plântulas resgatadas na Caatinga).

Ao comparar todos as variáveis de crescimento nas plantas instaladas em área de sequeiro na Caatinga, houve diferenças significativas ($p < 0,01$), as plantas oriundas de sementes tratadas com ciclos de HD e que posteriormente no viveiro passaram por ciclo de rega apresentaram menor tamanho nas variáveis de crescimento avaliadas quando comparadas com as plantas que não receberam tratamentos (Figura 13).

Dessa forma, a busca por espécies florestais nativas que possibilitem o reflorestamento e que melhorem as condições físicas e químicas em áreas desmatadas é fundamental. Assim como a espécie *C. leptophloeos*, ajurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.), espécie da família Fabaceae, também é uma planta resistente à seca, com capacidade de se desenvolver em ambientes semiáridos e degradados (Bezerra *et al.*, 2011; Azevêdo *et al.*, 2012; Roque; Loiola, 2013).

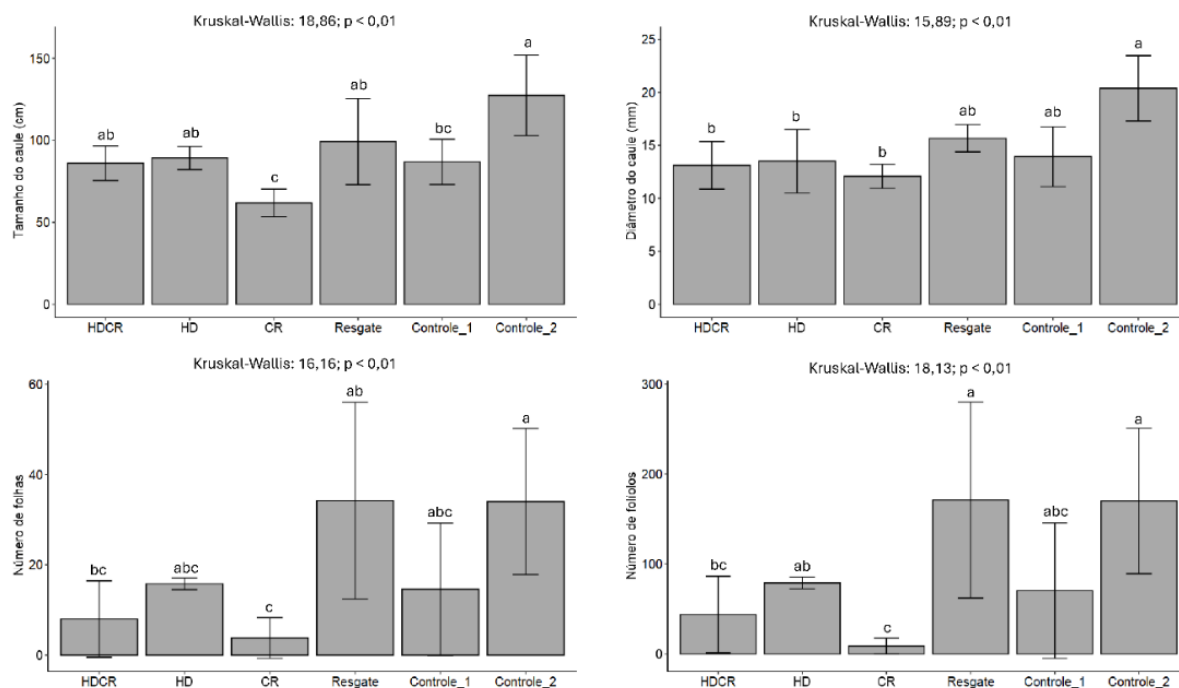


Figura 13 -Variáveis de crescimento de plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em área de sequeiro na Caatinga. Tratamentos: HDCR (com Ciclo HD e Ciclo de Rega); HD (com Ciclo HD); CR (com Ciclo de Rega); Resgate (Resgate de plântulas na Caatinga); Controle_1 (sem Ciclo HD e sem Ciclo de Rega e com estresse severo); Controle_2 (sem aplicação dos tratamentos).

Para as variáveis avaliadas, o comprimento e diâmetro do caule, número de folhas e folíolos apresentaram maiores desenvolvimentos nos tratamentos Controle 2 e Resgate, e foram confirmados pela análise de PCA, com esses dois grupos apresentando correlação positiva com os parâmetros avaliados, perfazendo 95,4% da variação encontrada para os dois eixos (Figura 14).

Talvez o bom desempenho das plantas pertencentes ao grupo de controle 2 esteja relacionado à ausência de tratamentos, onde foram irrigadas semanalmente em viveiro e não sofreram nenhuma forma de estresse severo ao logo de seu desenvolvimento, e com isso foram postas no campo com o tamanho mais aprimorado em relação às plantas que foram tratadas. Dessa forma, essa desconformidade afeta suas respostas ao déficit hídrico.

Nesse sentido, as plantas durante desenvolvimento em estágio inicial e as sementes foram submetidas a ciclos de HD, bem como as mudas passaram por ciclos de rega e estresse severo, podem aumentar a tolerância ao déficit hídrico quando plantadas em campo árido, porque um tamanho menor reduz a área disponível para transpiração, melhorando assim o manejo da água em comparação com mudas maiores (Costa *et al.*, 2025).

A boa performance apresentada nos resultados das plântulas de *C. leptophloeos* resgatadas em áreas de Caatinga pode ter ocorrido por conta das plântulas oriundas

de sementes que passaram de forma natural por ciclos de HD, como também as plântulas por ciclos de rega. O processo de adaptação e desenvolvimento em viveiro pode ter favorecido o crescimento tornando-as plantas mais robustas em relação às plantas que passaram por tratamentos em laboratório e viveiro (Nave, 2005).

O resgate de plântulas diante do sucesso para produção de mudas pode ser indicado em casos atípicos, a exemplo de espécies que apresentem desarmonia na coleta de sementes, germinação e desenvolvimento da plântula. Estas etapas geralmente são complicadas devido à falta de informações básicas como localização das matrizes, ponto de maturação dos frutos, técnica de beneficiamento e armazenamento das sementes (Corvello, 1983; Auer; Graça, 1995; Nave, 2005; Viani, 2005; Brito; Martins, 2007; Viani; Rodrigues, 2007; Fermades *et al.*, 2024).

A baixa quantidade de sementes viáveis associada à baixa germinação das sementes prejudica a obtenção de material vegetal para micropropagação de algumas espécies florestais, com isso, trabalhos realizados com a espécie canela-sassafras (*Ocotea odorifera* (Vellozo) Rohwer) aprimoraram a produção de mudas utilizando a coleta de plântulas germinadas sob matrizes no campo e seu transplante para casa de vegetação (Auer; Graça, 1995).

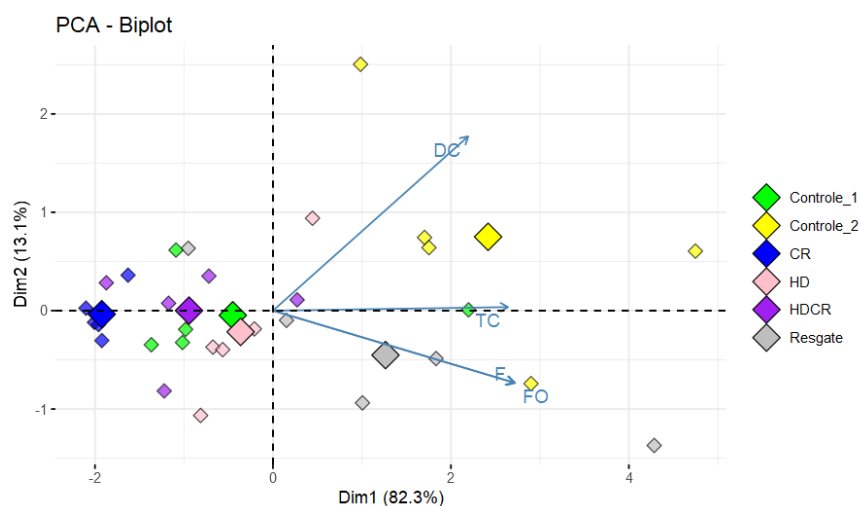


Figura 14 - Análise de PCA para os grupos HDCR (com Ciclo HD e Ciclo de Rega); HD (com Ciclo HD); CR (com Ciclo de Rega); Resgate (Resgate de plântulas na Caatinga); Controle_1 (sem Ciclo HD e sem Ciclo de Rega e com estresse severo); Controle_2 (sem aplicação dos tratamentos), parâmetros de crescimento de plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) instaladas em área de sequeiro na Caatinga.

3.4 Considerações finais

Os ciclos de HD, os quais ocorrem naturalmente em ecossistemas áridos e semiáridos, não alteram a germinabilidade de *C. leptophloeos*, mas reduzem seu tempo de germinação. Além disso, os ciclos produzem o fenômeno da memória hídrica de sementes nessa espécie. A produção de plântulas menores mais vigorosas, destacada pela germinação rápida e uniforme, resultam em plântulas com desenvolvimento homogêneo. Elas apresentam crescimento equilibrado, com estruturas bem formadas refletindo seu potencial para um estabelecimento mais eficiente no campo como resultado desse fenômeno pode levar a implicações ecológicas, uma vez que essas plântulas apresentam vantagens competitivas em relação às plântulas originadas de sementes que não foram submetidas a ciclos de HD durante o processo de embebição. Os ciclos de HD também podem ser aplicados na produção de plântulas mais vigorosas de *C. leptophloeos* para o uso em ações de recuperação de áreas degradadas na Caatinga.

A irregularidade das chuvas em ambientes semiáridos se constitui em um fator limitante para o crescimento das plantas, notadamente, a produção e desenvolvimento de mudas florestais. Nosso estudo mostrou que é necessário procurar alternativas que possibilitem a sobrevivência das plantas em campo após o transplântio, obtendo mudas de qualidade, capazes de suportar as adversidades no campo.

Referências

AFFONSO, I. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A. de; MEIADO, M. V. A permanência das sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) no solo da Caatinga favorece sua germinação? **Informativo Abrates**, Londrina, v. 24, n. 3, p. 35-38, 2014.

ALMEIDA, G. R. de. **Quebra de dormência em sementes de *Hymenaea martiana* e *Senna spectabilis*, espécies nativas da caatinga com potencial uso para restauração**. 2023. Monografia (Graduação em Ecologia) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

ALVARADO-LÓPEZ, S.; SARIANO, D.; VELÁZQUEZ, N.; OROZCO-SEGOVIA, A.; CAMBOA-DEBUEN, A. Priming effects on seed germination in *Tecomastans* (Bignoniaceae) and *Cordia megalantha* (Boraginaceae), two tropical deciduous tree species. **Acta Oecologica**, Montrouge, v. 61, p. 65-70, 2014.

AMORIM NETO, M. da S. **Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1989.

ATKIN, Owen K.; MACHEREL, David. The crucial role of plant mitochondria in orchestrating drought tolerance. **Annals of Botany**, Oxford, v. 103, n. 4, p. 581-597, 2009.

AUER, C. G.; GRAÇA, M. E. C. Método para produção de mudas de canela-sassafrás a partir de mudas de regeneração natural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p. 75-77, 1995.

AZEVEDO, S. M. A. de; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; FREIRE, A. L. de O. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da caatinga. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 150-160, 2012.

BARBEDO, C. J.; CENTENO, D. da C.; RIBEIRO, R. de C. L. F. Do recalcitrant seeds really exist? **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 583-593, dez. 2013.

BEZERRA, D. A. C.; RODRIGUES, F. F. G.; COSTA, J. G. M. da; PEREIRA, A. V.; SOUSA, E. O. de; RODRIGUES, O. G. Abordagem fitoquímica, composição bromatológica e atividade antibacteriana de em *Mimosa tenuiflora* em (Wild) Poiret E em *Piptadenia stipulacea* em (Benth) Ducke. **Acta Scientiarum. Biological Science**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 99-106, 2011.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3^{ed}. New York: Springer, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Caatinga**. Brasília, DF: Ministérios do Meio Ambiente, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. [regras-para-analise-de-sementes.pdf](#)

BRITO, E. R.; MARTINS, S. V. Restauração de florestas inundáveis Ipucas na planície do Araguaia, Tocantins, por meio do resgate de plântulas de espécies arbóreas nativas. **Ação Ambiental**, Viçosa, n. 36, p. 20-21, 2007.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboricabal: FUNEP, 2012.

CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G. B. (ed.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 386-408.

CASTRO, R. D. de; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. p. 69-92. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 69-92.

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

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA – Codevasf. **Projeto Maniçoba**. 2023. Disponível em: www.codevasf.gov.br. Acesso em: 10 set. 2023.

DAMBROS, V. G.; LOPES, B. C.; CORRÊA, B. J. S.; SÁ, A. C. S.; SOARES, C. R. B.; FLORES, A. V.; OLIVEIRA, L. M. Tolerância à dessecação de sementes de *Butiaeriospatha* (Mart. ExDrude) Becc. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 67835, 2024.

CORVELLO, W. B.V. **Utilização de mudas da regeneração natural em reflorestamentos com espécies nativas**. 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/25162>. Acesso em: 27 abr. 2024.

COSTA, V. R.; SANTOS, F. A. dos; SANTOS, A. S. R.; SILVA, E. C. da. A hidratação descontínua melhora o desempenho germinativo de sementes de *Senna spectabilis*. **Revista Macambira**, Serrinha, BA, v. 9, n. 1, e091001, 2025.

DANTAS, B. F.; CORREIA, J. de S.; MARINHO, L. B.; ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 221-227, 2008.

DUBROVSKY, J. G. Seed hydration memory in Sonoran Desert Cacti and its ecological implication. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 83, n. 5, p. 624-632, 1996.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An Intermediate Category of Seed Storage Behaviour? **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 9, p. 1167-1174, 1990.

FERNANDES, S. P. dos S.; BAKKE, I. A.; BAKKE, Olaf A.; MARTINS, K. B. da S. Survival and growth of planted and naturally established trees in a degraded caatinga area. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 37, p. 11788, 2024.

FREITAS, R. S.; SILVA, E. C. da. Unveiling the influence of stress memory: enhancing stress tolerance in seedlings through seed stage stress exposure. **Plant Physiology Reports**, v. 29, p. 165-175, 2024.

GARAI, S.; SOPORY, S. K. Memory of plants: present understanding. **The Nucleus**, v. 66, p. 47-51, 2023.

GROLEMUND, G.; WICKHAM, H. Dates and Times Made Easy with lubridate. **Journal of Statistical Software**, v. 40, n. 3, p. 1-25, 2011.

HORA, I. S. da; 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, p. 20-24, 2016.

HORA, I. S.; SANTOS, L. S.; MEIADO, M. V. Emergência de plântulas de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) sob a influência da hidratação descontínua das sementes. **Informativo Abrates**, v. 28, n. 1, p. 59-62, 2018.

HORA, I. S. da; OLIVEIRA, A. J. dos S.; GUIMARÃES, E. S.; MEIADO, M. V. Efeitos da hidratação descontínua na germinação da espécie exótica invasora *Prosopis juliflora* (SW) DC (FABACEAE). **Journal of Geospatial Modelling**, São Luís, v. 3, n. 1, p. 154–159, 2023.

KASSAMBARA, A. **Rstatix**: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests_. R package version 0.7.2. 2023.

KAYA, M. D.; OKÇU, G.; ATAĞ, M.; ÇIKILI, Y.; KOLSARICI, Ö. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, v. 24, n. 4, p. 291-295, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP. RiMa, 2006.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress II**: walter radiations, salt and other stress. New York: Academic Press, 1980.

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

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**, South Africa, v. 116, p. 164-167, 2018.

LÓPEZ-URRUTIA, E.; MARTÍNEZ-GARCÍA, M.; MONSALVO-REYES, A.; SALAZAR-ROJAS, V.; MONTROYA, R.; CAMPOS, J. E. Differential RNA-and protein-expression profiles of cactus seeds capable of hydration memory. **Seed Science Research**, v. 24, n. 2, p. 91-99, 2014.

MALDONADO, H.; ARAÚJO, S.; CAMPOSTRINI, E.; SILVA, J.; PEREIRA, A.; LEDO, F.; DEMINICIS, B.; TAVARES, E. **Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob estresse hídrico**. [S. l.]: Embrapa, 2007.

MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardiais. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 22, n. 3, p. 20-23, 2012.

MESQUITA, A. C.; DANTAS, B. F.; CAIRO, P. A. R. Ecophysiology of Caatinga native species under semi-arid conditions. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, suppl. 1, p. 81-89, 2018.

NAVE, A. G. **Banco de sementes autóctone e alóctone, resgate de plantas e plantio de vegetação nativa na fazenda Intermontes, município de Ribeirão Grande, SP**. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NIU, X.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P. M.; PARDO, J. M. Ion Homeostasis in NaCl Stress Environments. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 109, n. 3, p. 735-742, 1995.

OLIVEIRA, A. B.; ALENCAR, N. L. M.; GOMES-FILHO, E. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. In: AKINCI, S. (ed.) **Responses of organisms to water stress**. Zagreb: IntechOpen, 2013. p. 67-94.

OKSANEN, J.; SIMPSON, G.; BLANCHET, F.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P.; WEEDON, J. **Vegan**: Community Ecology Package. (R PackageVersion 2.6-2). 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. Acesso em: 20 set. 2023.

OLIVER, M. J.; FARRANT, J. M.; HILHORST, H. W. M.; MUNDREE, S.; WILLIAMS, B.; BEWLEY, J. D. Desiccation Tolerance: Avoiding Cellular Damage During Drying and Rehydration. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 71, p. 435- 460, 2020.

PEDRERO-LÓPEZ, L. V.; ROSETE-RODRÍGUEZ, A.; SÁNCHEZ-CORONADO, M. E.; MENDOZA-HERNÁNDEZ, P. E.; OROZCO-SEGOVIA, A. Effects of hydropriming treatments on the invigoration of aged *Dodonaea viscosa* seeds and water-holding polymer on the improvement of seedling growth in a lava field. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 1, p. 61-70, 2016.

PERAZA-VILLARREAL, H.; SÁNCHEZ-CONRONADO, M. E.; LINDIG-CISNEROS, R.; TINOCO-OJANGUREN, C.; VELÁZQUEZ-ROSAS, N.; CÁMARA-CABRALES, L.; OROZCO-SEGOVIA, A. Seed Priming Effects on Germination and Seedling Establishment of Useful Tropical Trees for Ecological Restoration. **Tropical Conservation Science**, v. 11, 2018.

PEREIRA, A. de B. **Influência da hidratação descontínua na produção de prolina de sementes e plântulas de canafístula**. 2022. Relatório final (Iniciação Científica Voluntária) - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2022.

PRESTON, J.; TATEMATSU, K.; KANNO, Y.; HOBO, T.; KIMURA, M.; JIKUMARU, Y.; YANO, R.; KAMIYA, Y.; NAMBARA, E. Temporal Expression Patterns of Hormone Metabolism Genes during Imbibition of *Arabidopsis thaliana* Seeds: A Comparative Study on Dormant and Non-Dormant Accessions. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 50, n. 10, p. 1786-1800, 2009.

QUEIROZ, L. P. de.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. In: SILVA, J. M. C. da; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (ed.) **Caatinga**. Cham: Springer. 2017. p. 23–63.

RAJJO, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J.; JOB, C.; JOB. Seed Germination and Vigor. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 63, p. 507-533, 2012.

REN, J.; TAO, L. Effect of hydration–dehydration cycles on germination of seven *Calligonum* species. **Journal of Arid Environments**, v. 55, n. 1, p. 111-122, 2003.

ROQUE, A. de A.; LOIOLA, M. I. B. Potencial de uso dos recursos vegetais em uma comunidade rural no Semiárido Potiguar. **Revista Caatinga**, v. 26, n. p. 88-98, 2013.

SANTOS, F. A. dos; SANTOS JÚNIOR, J. L.; SILVA, E. C. da. A hidratação descontínua beneficia a germinação de sementes e confere maior tolerância à seca em mudas de

Sesbaniavirgata (Cav.) Pers.?. **Revista Semiárido de Visu**, Petrolina, v. 12, n. 3, p. 1335-1349, 2024.

SARMENTO, H. G. dos S.; DAVID, A. M. S. de S.; BARBOSA, M. G.; NOBRE, D. A. C.; AMARO, H. T. R. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 250-256. 2015.

SILVA, E. C. da; OLIVEIRA, M. F. da C.; FREITAS, R. S.; MEIADO, M. V. Sementes preparadas de *Sarcomphalus joazeiro* (Mart.) *Hauenschild* (Rhamnaceae) produzem mudas de alta tolerância. **Discover Plants**, Singapore, v. 2, n. 102, 2025.

SILVA, F. F. S. da; OLIVEIRA, G. M. de; GOMES, S. E. V.; ARAÚJO, M. do N.; CRUZ, C. R. P.; DANTAS, B. F. Tolerância de plântulas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan e *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P Queiroz à dessecação. **Revista RG News**, v. 4, n. 3, p. 361, 2018.

SHIMIZU, G. D.; MARUBAYASHI, R. Y. P.; GONCALVES, L. S. A. Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences. **AgroR**, version 1.3.4, 2023.

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

TOBE, K.; ZHANG, L.; QIU, G. Y.; SHIMIZU, H.; OMASA, K. Characteristics of seed germination in five non-haplotypic Chinese desert shrub species. **Journal of Arid Environments**, v. 47, p. 191-201, 2001.

VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1067-1075, 2007.

VIANI, R. A. G. **O uso da regeneração natural (Floresta Estacional Semidecidual e talhões de Eucalyptus) como estratégia de produção de mudas e resgate da diversidade vegetal na restauração florestal**. 2005. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia da UNICAMP, Campinas, 2005.

WALTER, J.; JENTSCH, A.; BEIERKUHNLEIN, C.; KREYLING, J. Ecological stress memory and cross stress tolerance in plantas in the face of climate extremes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 90, p. 3-4, 2013

WICKHAM, H.; CHANG, W.; HENRY, L.; PEDERSEN, T.; TAKAHASHI, K.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H.; DUNNINGTON, D. 2016. **ggplot2: Create Ellegant Data Visualizations Using the Grammar of Graphics**. 2016.

WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K.; VAUGHAN, D. **dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. R package version 1.1.1. 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 23 set. 2023.

WICKHAM, H.; PEDERSEN, T.; SEIDEL, D. **scales: Scale Functions for Visualization**. R package version 1.4.0. 2025.

WICKHAM, H.; VAUGHAN, D.; GIRLICH, M.; USHEY, K. (2024). **tidyr**: Tidy Messy Data. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.tidyr>. Acesso em: 23 set. 2023.

XIONG, L.; WANG, R. G. MAO, G.; KOCZAN, J. M. Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid. **Plant Physiology**, v. 142, n. 3, p. 1065-1074, 2006.

CAPÍTULO IV

Recomposição de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) em áreas de Caatinga sob análise de propagação e condições hídricas próximas a sistemas agrícolas

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e sobrevivência de mudas da espécie de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (*Burseraceae*) em áreas de Caatinga pleno sol e sombreada, com e sem irrigação, além disso, determinar as diferenças entre os tratamentos pela redução das variáveis em dois componentes principais. Foram coletadas nas matrizes as sementes de *C. leptophloeos* fora do fruto dispersas no chão e montadas quatro áreas contendo 30 plantas cada, sendo 15 plantas de *C. leptophloeos* propagação por sementes e 15 plantas propagação por estaquia. As áreas de Caatinga foram divididas em duas áreas secas (uma sombreada e outra pleno sol) e duas irrigadas (uma sombreada e outra pleno sol), sendo avaliadas em delineamento de blocos completos casualizados com 15 repetições para cada tratamento (estaquia e sementes). Durante a fase de crescimento das plantas (n= 160), foram avaliadas mensalmente por 12 meses consecutivos a altura, diâmetro do caule e número de folhas. A taxa de sobrevivência foi uniforme para todas as plantas, tanto em áreas secas quanto irrigadas, e que as plantas de maior tamanho propagadas por sementes e estaquia estão na área irrigada pleno sol. Conclui-se que, para a realidade do estudo, o método de propagação não influenciou e sendo a irrigada e a pleno sol a mais indicada para cultivar as plantas.

Palavras-chave: Propagação; Reflorestamento; Disponibilidade hídrica; Manejo.

4.1 Introdução

A Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, destaca-se devido à sua grande extensão em todo o Nordeste do Brasil (Queiroz *et al.*, 2017). Do ponto de vista ecológico, esse bioma é um ecossistema muito importante devido à ocorrência de paisagens e ambientes diversos caracterizado, em geral, por espécies lenhosas, herbáceas, cactáceas e bromeliáceas, com um número considerável de espécies endêmicas (Silva *et al.*, 2010). Fernandes *et al.* (2022) amostraram 3.347 espécies (526 endêmicas) e 962 gêneros (29 endêmicos) de plantas para esse bioma.

Toda essa biodiversidade das áreas nativas de Caatinga vem sendo afetada devido à ação antrópica e uso inadequado da terra, e na ampliação de sistemas agrícolas bem como atividades pecuárias, extrativismo mineral e uso madeireiro (Almeida; Albuquerque; Castro, 2011). As consequências dessas atividades podem ocasionar a supressão da vegetação nativa bem como na ação dos serviços ecossistêmicos fundamentais na sustentabilidade agrícola e produção de alimentos (Lucena *et al.*, 2017).

Uma das espécies vegetais ameaçadas no bioma Caatinga é *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae), popularmente conhecida como umburana-de-cambão, imburana-de-cambão ou imburana-de-espinho. É uma espécie florestal utilizada para fins madeireiros incluindo artesanato, cercas, ferramentas agrícolas, como também no uso medicinal (Maia, 2012).

A conservação dos ecossistemas naturais próximos aos cultivos agrícolas torna-se necessária para a manutenção dos polinizadores e, conseqüentemente, para melhor eficiência na produção de frutos e sementes (Klein *et al.*, 2007). Isso explica a importância da interação ecológica entre plantas de *C. leptophloeos*, serviços ecossistêmicos e rentabilidade agrícola (Silva *et al.*, 2019).

Para a execução de projetos de conservação desses ecossistemas, o conhecimento acerca da restauração florestal torna-se relevante quando bem planejada, tanto no aspecto estrutural quanto funcional do ecossistema, de forma a permitir que uma comunidade evolua e a sucessão natural ocorra. Dessa forma, necessita-se conhecer profundamente o ambiente em que se pretende intervir, nesse sentido, a seleção de uma meta para restauração exigirá um equilíbrio delicado entre entender o passado e reconhecer as condições atuais e futuras (Suding *et al.* 2015; Falk, 2017; Gannet *et al.*, 2019).

A restauração de áreas degradadas deve estar de acordo com a dinâmica da floresta, a exemplo do surgimento de clareiras ocasionadas por ações antrópicas. Isso proporciona o surgimento de microclimas distintos (temperatura, umidade, oferta de luz), possibilitando que diferentes grupos de espécies de árvores se estabeleçam (Andrade *et al.*, 2024).

A luz é o principal fator que determina a dinâmica da colonização das clareiras. Na floresta, há espécies adaptadas a condições de pleno sol durante todo o seu ciclo de vida (pioneiras). Outras (secundárias) necessitam de luz direta do sol apenas em parte da sua vida. Um terceiro grupo (clímax) pode completar todo o seu ciclo de vida na sombra. Estas características devem ser observadas e respeitadas nos plantios de restauração (Dutra *et al.*, 2012; Havenset *et al.*, 2015).

Em função disso, todo plano de restauração de uma área requer um perfeito entendimento das exigências das espécies arbóreas e de como elas se comportam perante as diferentes variações dos fatores ambientais, especialmente do clima e do solo (Havenset *et al.*, 2015). Fatores inerentes ao clima, tais como a pluviosidade, temperatura e luminosidade são os elementos climáticos que mais fortemente influenciam o desenvolvimento e a distribuição das espécies, seguidos pela umidade relativa do ar e pelo vento (Bainbridge *et al.*, 2012).

Existem espécies que se desenvolvem bem em condições de baixa luminosidade sendo, portanto, tolerantes à sombra, tendo seu crescimento inibido quando expostas a níveis elevados de luz. Outras adaptam-se perfeitamente à plena luz solar, embora necessitem de sombreamento moderado, principalmente na fase juvenil (Bainbridge *et al.*, 2012).

No Brasil, a adoção de Sistemas Silvopastoris ainda depende de muito trabalho de divulgação das vantagens do sistema, bem como estudos sobre a adaptação de espécies a diferentes condições climáticas e de solo, visando identificar espécies alternativas às exóticas mais frequentemente utilizadas, como a grevilea e o eucalipto (Baggio; Carpanezzi, 1998; Carvalho *et al.*, 2002).

Uma das formas de se recuperar uma área degradada é por meio da regeneração natural ou por técnicas de restauração ecológica (técnicas nucleadoras), nas quais as plantas crescem de forma natural por meio da germinação de sementes encontradas na serapilheira, brotações ou pelo plantio de espécies florestais, aliado à ação dos fenômenos naturais encontrados no ambiente (Pottset *et al.*, 2018).

Dessa forma, uma das técnicas utilizadas em sistemas de restauração é a estaquia, o qual é um método bastante rápido de propagação assexuada e baixo custo que permite a manutenção das características das plantas de interesse agrônomo, apesar da restrição à variabilidade genética (Bona *et al.*, 2010).

Este tipo de propagação é muito utilizado em diversas espécies floríferas, florestais e frutíferas, pois apresenta fácil e rápido enraizamento. Em muitas espécies semilenhosas e herbáceas, as estacas da parte apical têm mostrado melhor enraizamento que outras partes da planta, porém sua viabilidade depende da capacidade de formação das raízes, qualidade do sistema radicular e condições favoráveis no desenvolvimento da planta (Fachinello *et al.*, 2005).

Hipóteses:

Plantas de *C. leptophloeos* cultivadas em áreas de Caatinga durante a estação seca em área seca (sombreada e pleno sol) e sem irrigação não sobrevivem.

Plantas de *C. leptophloeos* cultivadas em áreas de Caatinga durante a estação seca sob irrigação e pleno sol se estabelecem alcançando maiores parâmetros de crescimento.

Este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e sobrevivência de mudas da espécie de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em áreas de Caatinga a pleno sol e sombreada com e sem irrigação, próximas a áreas agrícolas, além disso, determinar as diferenças entre os tratamentos pela redução das variáveis em dois componentes principais.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Caracterização das áreas de coleta de sementes

Foram utilizadas 30 matrizes de *C. leptophloeos* para coletas das sementes em três diferentes áreas do semiárido, sendo dez matrizes para cada região com espaçamento entre dez a 30 metros entre plantas. A localidade de coleta foi na Universidade Federal do Vale do São Francisco (Campus Ciências Agrárias), situada no município de Petrolina-Pernambuco (09°16'10" S, 40°33'43" W), inserida na região do Vale do Submédio São Francisco (Figura 1). As sementes foram coletadas nas comunidades de Maniçoba (Juazeiro-Bahia - 09°19'44"S; 40°17'49"W), caracterizada por áreas agrícolas irrigadas intensamente gerenciadas com cerca de 4.268 ha, ocupada por 234 lotes com 1.889 ha e 80 lotes de empresas com 2.379 ha (Codevasf, 2023).

A comunidade de Malhada da Areia (Juazeiro-Bahia - 09°26'36"S; 40°30'20"W), caracterizada como uma comunidade rural de agricultura familiar e criação de caprinos, possui uma vasta área de Caatinga com 4.080.000 m², sendo uma parte cercada com 490.000 m² para fins de pesquisa (área de conservação de Caatinga pertencente ao IRPAA - Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada). A região está inserida no bioma Caatinga, tendo uma vegetação característica do domínio fitogeográfico floresta seca tipo xerófila em Juazeiro-Bahia.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Bswb, que corresponde à região semiárida muito quente, com temperatura mínima de 18,8 °C, média 26,2 °C e máxima de 32,4 °C, com índice pluviométrico anual de 490,7 mm, com chuvas concentradas de novembro a abril e o período seco entre maio e outubro com vegetação típica de Caatinga (Amorim Neto, 1989).

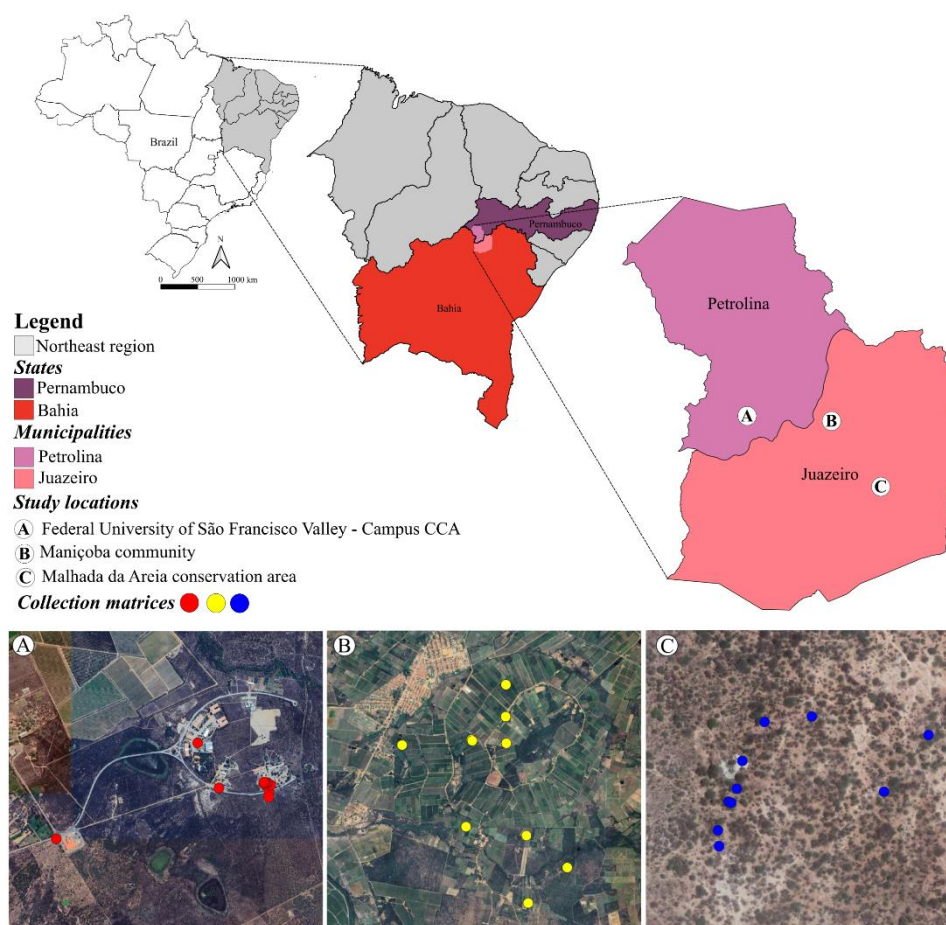


Figura 1 - Localização das matrizes de *Commiphoraleptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) utilizadas para coletas de sementes amostradas no presente estudo.

4.2.2 Coleta das sementes

O levantamento demográfico foi conduzido nas áreas de estudo descritas no tópico anterior. A quantidade de plantas foi definida adotando-se como critério o tamanho amostral mínimo dez indivíduos em cada área, totalizando 30 matrizes com distância de 10m entre elas, possibilitando, assim, o acompanhamento das populações, registro dos períodos de floração e frutificação, coleta de frutos e sementes. Todos os indivíduos avaliados foram classificados como adultos.

Comumente, essa classificação segue apenas o critério de diâmetro à altura do peito, todavia é algo que diverge dependendo do autor. Dessa forma, o critério de inclusão e de definição de indivíduos adultos foi baseado em observações em campo de estruturas reprodutivas nos indivíduos. As plantas mensuradas receberam uma placa de alumínio com uma identificação numérica e foram mapeadas com coordenadas geográficas.

Foram coletadas as sementes de *C. leptophloeos* do chão durante o período de janeiro a maio de 2022. Nas populações, foram registrados os períodos de floração e frutificação, tempo de coleta de frutos e sementes. As amostras das sementes coletadas no chão foram depositadas em sacos de papel até o seu transporte ao Laboratório de Olericultura da Universidade Estadual da Bahia (UNEB), onde foi realizado o beneficiamento por meio da limpeza das sementes e em seguida postas para germinar.

4.2.3 Germinação das sementes

Antes da instalação do teste de germinação, as sementes foram tratadas com solução hipoclorito de sódio a 2%, isto é, 50ml de hipoclorito mais 50 ml de água destilada, por três minutos para desinfestação superficial e, em seguida, lavadas em água destilada. O teste de germinação foi conduzido em câmaras de germinação do tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) reguladas para as temperaturas constantes de 25 e 30 °C e fotoperíodo de 8 h utilizando lâmpadas fluorescentes, tipo luz do dia (4 x 20W) e substrato papel germitest.

Utilizou-se quatro repetições com 50 sementes para o presente teste. As sementes foram distribuídas em papel do tipo germitest obedecendo a posição adequada com emissão da raiz para baixo, postas em sacos plásticos para evitar a perda de água e acondicionadas verticalmente em béquer grande, embebidas em água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel (Brasil, 2009). Ao germinarem, as plântulas foram plantadas em copos descartáveis contendo substrato do tipo esterco curtido de caprinos, areia e argila, sendo unidos e pesados na proporção de 2:1:1, respectivamente. Tais plântulas permaneceram por 60 dias e, posteriormente, realizou-se o transplântio para sacos plásticos onde foram acondicionados em viveiro por mais 120 dias e conduzidos ao campo para plantio definitivo.

4.2.4 Coleta das estacas

Para a propagação vegetativa, as estacas de *C. leptophloeos* foram coletadas em 30 matrizes em setembro de 2022, com uma distância de 30 m entre as plantas, em duas localidades: a Fazenda Cachoeira (9°43'45"S 39°45'01"W) e Barra do Juá (9°43'58"S 39°45'07"W), que fazem parte do Distrito Poço Fora, Município de Curaçá – BA. Após a coleta, os ramos foram imediatamente cortados. As estacas herbáceas estavam com aproximadamente 30 cm de comprimento, com corte em bisel na base e com um a dois pares de folhas no terço superior da estaca e folhas reduzidas à metade.

Após a preparação, as estacas foram umedecidas e acondicionados em espuma fenólica, dentro de caixas térmicas de isopor, sendo pulverizadas com fungicida de largo espectro, à base de sulfato de cobre e transportadas para as dependências do viveiro na UNEB. O plantio foi realizado em sacos de plástico para mudas e preenchidas com substrato contendo esterco, argila e areia, sendo as estacas plantadas a cerca de 10 cm de profundidade, acondicionadas em viveiro com tela de 50% de sombreamento com irrigação por microaspersão e regadas diariamente.

4.2.5 Caracterização da área experimental e transplântio das mudas de *Commiphora leptophloeos*

O estudo foi desenvolvido na área de experimentação agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco no Campus de Ciências Agrárias, onde foram montados em campo seis tratamentos, os experimentos em quatro áreas onde foram plantadas 30 plantas em cada área, sendo 15 plantas de *C. leptophloeos* propagação por sementes e 15 plantas propagadas por estaquia. As áreas de Caatinga foram divididas em duas áreas secas (uma sombreada e outra pleno sol) e duas irrigadas (uma sombreada e outra pleno sol), sendo avaliados em delineamento de blocos completos casualizados com 15 repetições para cada tratamento (estaquia e sementes). Foram montados e observados no mês de abril de 2023 a dezembro de 2024 (Figura 2).

Para o tratamento controle, considerou-se a área seca sem irrigação montada na área de Caatinga sem interferência de manejo. Dessa forma, todas as mudas foram plantadas em covas apresentando dimensões de 30 x 30 cm sendo irrigadas com oito litros de água, sendo quatro litros colocados na cova antes do plantio e mais quatro colocados na coroa da cova após o plantio da muda. Além disso, o espaçamento utilizado foi de 3 m entre linhas e 2 m entre plantas em cada linha. As mudas foram avaliadas quanto à altura (utilizando trena) e diâmetro do caule (por meio de paquímetro digital), número e tamanho de folhas (utilizando régua) e a taxa de sobrevivência ao final do estudo. Para a verificação da sobrevivência das plantas,

utilizou-se a seguinte fórmula:

$$S\% = \frac{\text{Número de plantas ao final do experimento} \times 100}{\text{Número de plantas ao início do experimento}}$$

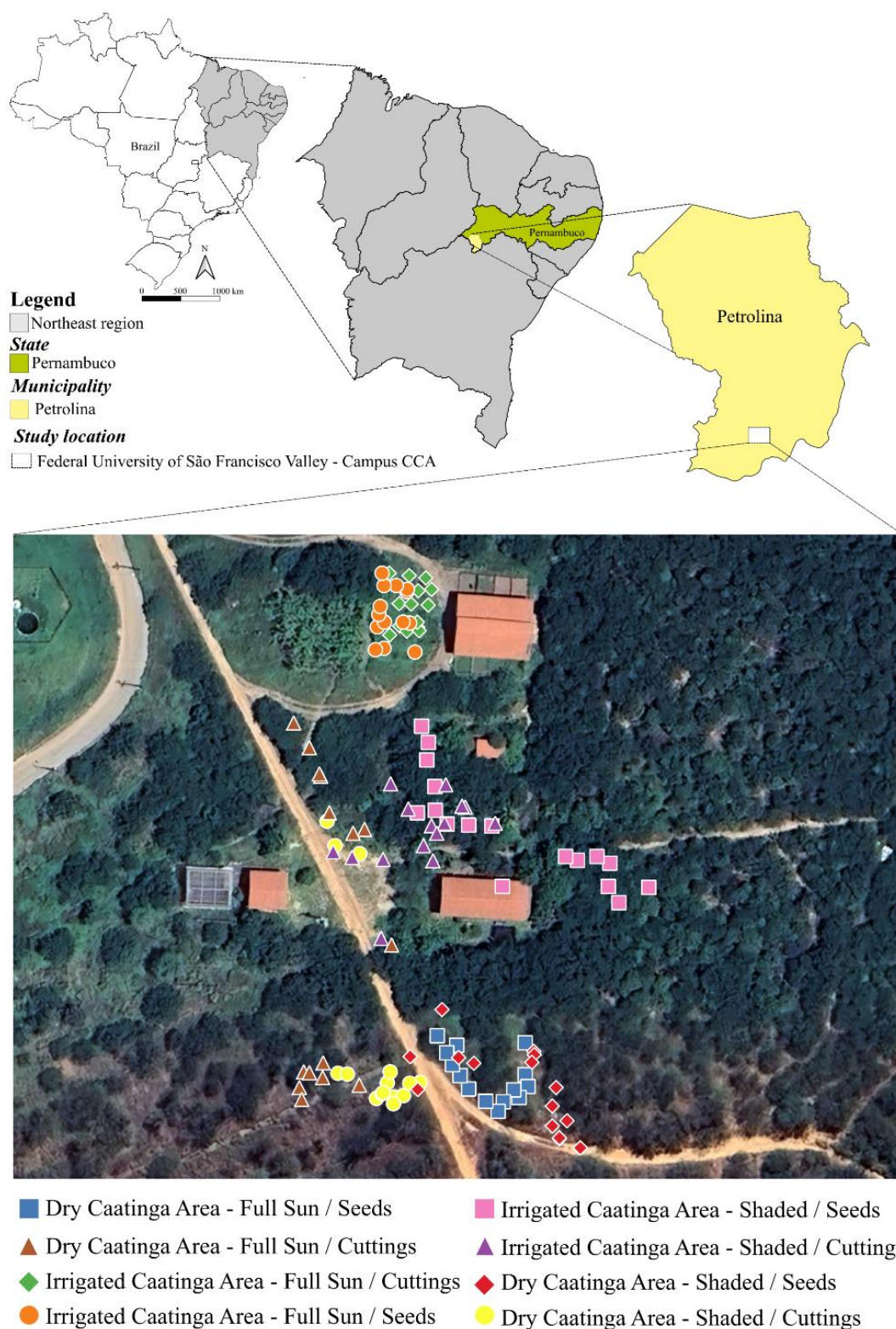


Figura 2 -Áreas com plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) propagadas por sementes e estaquia em área seca e irrigada pleno sol e sombreada.

4.2.6 Coleta e Análise de Solo

O solo foi coletado nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm, em três amostras de 1 kg para cada profundidade, totalizando 36 amostras. Em seguida, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e conduzidas ao Laboratório de Solos da Universidade do Estado da Bahia-UNEB.

Tabela 1 - Análise de Solo (Parte Química e Física) em Áreas Irrigadas e Seca pleno Sol e Sombreada no campus CCA da UNIVASF - Petrolina –PE.

Amostra	Prof	UG	DS	DP	PT	pH H ₂ O	COMPLEXO SORTIVO (cmol _c /dm ³ de TFSA)					
							Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	P (mg/dm ³)
SPS	0 - 20	0,04	1,59	3,45	0,54	5,46	1,20	1,40	0,02	0,19	2,50	18
SPS	20 - 40	0,02	1,58	3,51	0,55	5,30	0,80	1,70	0,02	0,20	2,50	27
SPS	40 - 60	0,04	1,56	3,79	0,59	5,12	1,00	1,10	0,02	0,21	4,00	16
SS	0 - 20	0,04	1,64	3,62	0,55	4,92	0,60	2,50	0,02	0,17	1,50	24
SS	20 - 40	0,03	1,71	3,63	0,53	5,04	0,50	1,30	0,02	0,16	1,50	35
SS	40 - 60	0,23	1,69	3,48	0,51	4,95	0,30	1,90	0,02	0,19	5,00	23
IPS	0 - 20	0,04	1,60	3,55	0,55	8,03	4,40	3,70	0,03	0,22	0,00	1
IPS	20 - 40	0,03	1,57	3,48	0,55	7,54	2,40	2,50	0,02	0,16	0,00	31
IPS	40 - 60	0,03	1,56	3,44	0,55	7,71	2,60	1,60	0,02	0,12	0,00	24
IS	0 - 20	0,03	1,50	3,49	0,57	5,15	1,90	2,70	0,02	0,11	1,50	11
IS	20 - 40	0,04	1,57	3,55	0,56	4,73	1,70	2,30	0,02	0,09	4,00	2
IS	40 - 60	0,04	1,60	3,54	0,55	4,20	1,30	2,80	0,03	0,11	9,50	2

Prof. (Profundidade em cm); UG (Umidade gravimétrica); DS (Densidade do solo); DP (Densidade das partículas); PT (Porosidade total); SPS: seca pleno sol; SS: seca sombreada; IPS: irrigado pleno sol; IS: irrigada sombreada.

4.2.7 Análise estatística

Foram testadas a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias dos dados de diâmetro do caule por meio de paquímetro, comprimento do caule utilizando trena métrica, da folha e da raiz. Como os pressupostos para a realização da Anova não foram obedecidos, optou-se pela comparação das médias dos parâmetros avaliados pelo método não-paramétrico de Kruskal-Wallis com correções de Bonferroni utilizando o pacote AgroR (Shimizu; Marubayashi; Gonçalves, 2023). A análise de PCA foi utilizada para visualizar as diferenças entre os tratamentos pela redução das variáveis em dois componentes principais, sendo realizada pelo pacote vegan (Oksanen *et al.*, 2022). Para a confecção do gráfico de incremento, utilizou-se os pacotes tidyverse (Wickham *et al.*, 2019).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Biometria de plantas de *Commiphora leptophloeos* sob propagação de sementes e estaquia em áreas de Caatinga

Propagação por estaquia

Os resultados indicam que as plantas propagadas por estaquia apresentaram maior desenvolvimento em área de Caatinga irrigada em pleno sol para todos as variáveis avaliados, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 3). Considerando os tratamentos em área de Caatinga seca, tanto sombreada, quanto pleno sol, há uma similaridade nos resultados encontrados. Para o diâmetro do caule secundário, plantas de *C. leptophloeos* apresentaram média de 55,4 mm, mais que o dobro apresentado pelo tratamento em Caatinga irrigada sombreada, com média de 23,1 mm. As áreas de Caatinga seca pleno sol e sombreada apresentaram média de 13,6 e 8,6 mm, respectivamente, para esse parâmetro (Kruskal-Wallis: 53,95; $p < 0,001$). Esse padrão de desenvolvimento manteve-se para o comprimento do caule secundário (Kruskal-Wallis: 50,03; $p < 0,001$).

Para o diâmetro da estaca, observa-se que plantas em área de Caatinga seca sombreada apresentaram médias superiores (42,43 mm) as áreas de caatinga irrigada sombreada e Caatinga seca pleno sol, sendo inferiores apenas as áreas irrigadas em pleno sol, apresentando média de 62,07 mm (Kruskal-Wallis: 45,24; $p < 0,001$). Para o número de folhas (Kruskal-Wallis: 45,86; $p < 0,001$) e folíolos (Kruskal-Wallis: 52,90; $p < 0,001$), plantas em áreas irrigadas em pleno sol apresentaram médias muito superiores as outras áreas (Kruskal-Wallis: 52,90; $p < 0,001$) (Figura 3).

Espécies de árvores de florestas tropicais secas são reconhecidas por sua alta capacidade de rebrota após perturbação. Para esse trabalho, testou-se se a espécie *C. leptophloeos* propagada por estacas sobreviveriam em vários ambientes secos e irrigados, sombreados e pleno sol alcançando desenvolvimento. Os resultados apontaram que a espécie *C. leptophloeos* apresentou sobrevivência de 100% mesmo no pior ambiente testado sem água, solo enxuto e no período seco. Diante do exposto, a nossa hipótese foi rejeitada, isso devido aos achados na literatura que indicaram que a melhor época para transplante de mudas em campo na Caatinga é aplicada no período chuvoso para sobrevivência das plantas (Campos *et al.*, 2025). Por outro lado, propagação feita com apenas estacas caulinares de *M. urundeuva* e *Astronium fraxinifolium* enraizaram e sobreviveram (23%), obtendo sucesso

máximo quando coletadas e plantadas na estação seca (Vieira; Coutinho; Rocha, 2012) que, por sua vez, pode ser restaurada através do método de estaquia após exploração madeireira, especialmente para as espécies que apresentam problemas com a germinação das suas sementes (Mostacedo *et al.*, 2009). Desta forma, a espécie pode ser considerada de fácil propagação vegetativa e candidata a ser utilizada na restauração de áreas degradadas nesta região.

A segunda hipótese de que as plantas de *C. leptophloeos* cultivadas em áreas de Caatinga durante a estação seca sob irrigação e pleno sol se estabelecem alcançando maiores variáveis de crescimento foi corroborada com os nossos resultados. Assim, a disponibilidade de água é um fator extrínseco fundamental para o desenvolvimento das plantas (Baskin; Baskin, 2014), enquanto as necessidades de luz e nutrientes estão relacionadas às características particulares de cada espécie, nas condições de crescimento como luz, água, temperatura, nutrientes evidenciadas nesse estudo tenha contribuído para o bom desempenho das plantas de *C. leptophloeos* propagadas por estaquia (Xavier *et al.*, 2009).

Respostas diferentes podem se expressar em plantas inseridas em diversos ambientes, as plantas de áreas irrigadas pleno sol se saíram melhor cem vezes mais que as plantas de áreas irrigadas sombreadas e duzentas vezes melhor em comparação com as plantas de área seca sem água seja pleno sol ou sombra. Talvez a área livre sem a interferência de outras espécies para competir por recursos como luz e água tenha favorecido para um maior crescimento. Em meio a todas essas respostas a água, tornou-se o fator principal para o excelente desenvolvimento das plantas de *C. leptophloeos*.

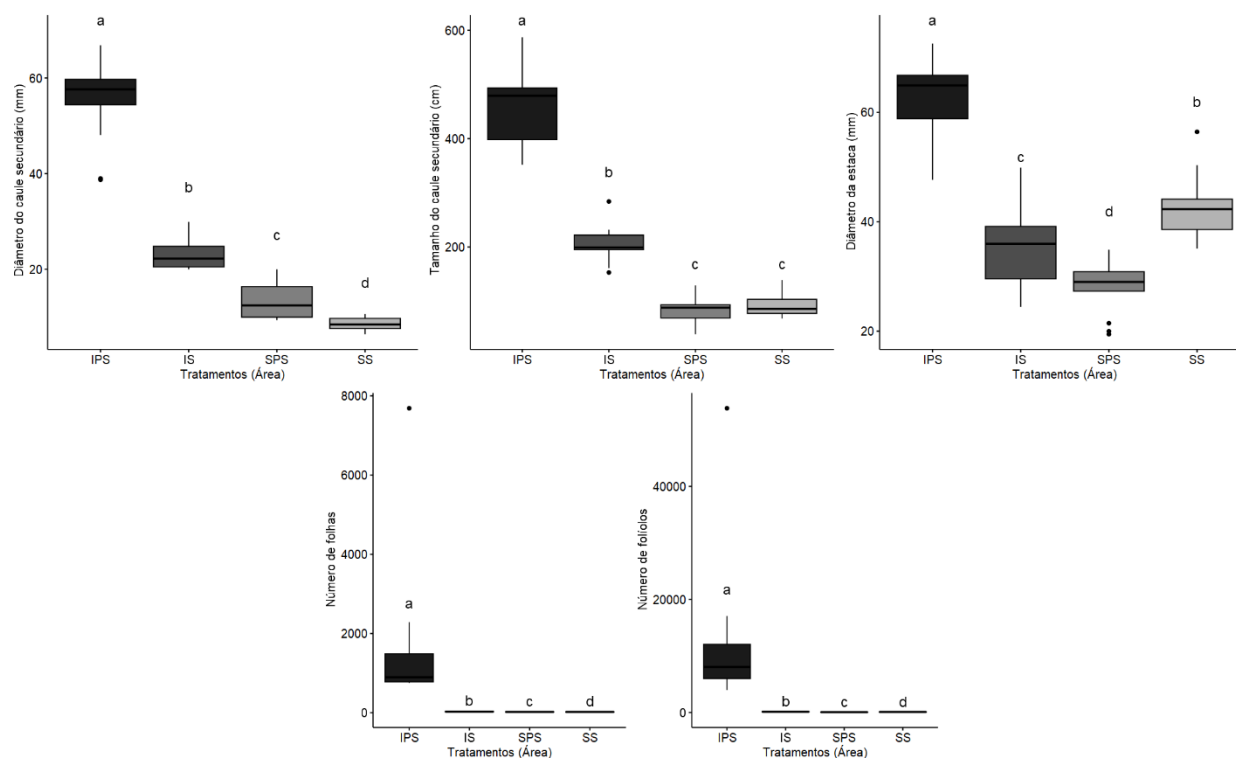


Figura 3 - Biometria de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em plantas propagadas por estquia em áreas de Caatinga Pleno sol e sombreada com e sem irrigação. IPS: Irrigada Pleno Sol; IS: Irrigada Sombreada; SPS: Seca Pleno Sol; SS: Seca Sombreada.

Os dados da PCA evidenciam que os dois eixos apresentam uma variação de 93,8%. Há uma clara separação entre as áreas de Caatinga irrigada pleno sol (IPS) das demais áreas de Caatinga irrigada sombreada (IS), Caatinga seca pleno sol (SPS) e Caatinga seca sombreada (SS). Além disso, todas as variáveis avaliadas correlacionam-se positivamente com as áreas de Caatinga irrigada pleno sol, principalmente o diâmetro da estaca, comprimento do caule e diâmetro do caule secundário, o que indica que o desenvolvimento das plantas de *C. leptophloeos* foi superior quando submetidas a essa condição se comparado com ou outros tratamentos. A manutenção das outras condições não apresenta diferenças, visto que há um claro agrupamento entre as condições irrigada sombreada, seca pleno sol e seca sombreada (Figura 4).

Os fatores externos podem ter influenciado no crescimento das plantas na área irrigada pleno sol como a luminosidade, a umidade, as características do substrato, o manuseio e o condicionamento (Oliveira, 2007; Bonamigo; Scaloni; Pereira, 2016). Para a realidade desse estudo, talvez as únicas diferenças foram irrigação, sol e sombra, os quais tiveram forte influência no desenvolvimento desigual das plantas.

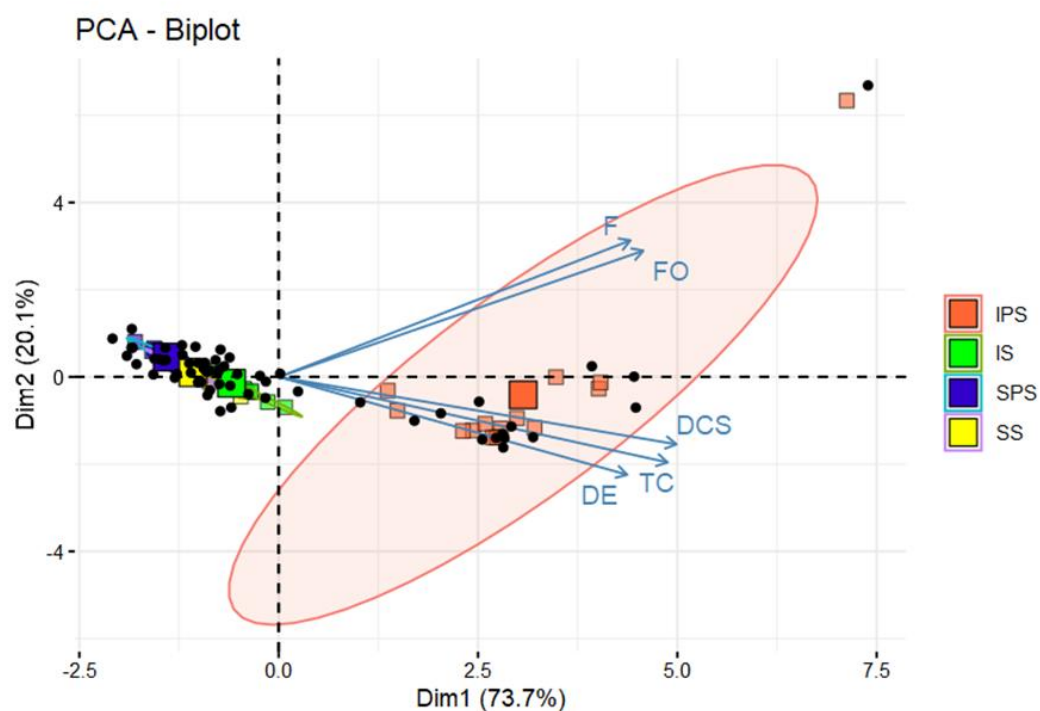


Figura 4 - PCA com os dados da biometria de folha e caule de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) em plantas propagadas por estaca em áreas de Caatinga Pleno sol e sombreada com e sem irrigação. IPS: Irrigada Pleno Sol; IS: Irrigada Sombreada; SPS: Seca Pleno Sol; SS: Seca Sombreada.

4.3.2 Propagação por sementes

Os mesmos padrões observados para a forma de propagação por estaca se mantiveram quando observados em plantio com sementes (Figura 5). Para o diâmetro do caule, as plantas em áreas de Caatinga irrigada pleno sol apresentou média de 66 mm. Por outro lado, os tratamentos em área de Caatinga irrigada sombreada, Caatinga seca pleno sol e em Caatinga seca sombreada apresentaram médias de 25,3, 15,8 e 12,9 mm, respectivamente (Kruskal-Wallis: 53,31; $p < 0,001$). O mesmo padrão foi observado para o comprimento do caule, com as áreas de Caatinga irrigada em pleno sol apresentando média superior as demais áreas (Kruskal-Wallis: 50,58; $p < 0,001$). Para número de folhas (Kruskal-Wallis: 36,91; $p < 0,001$) e folíolos (Kruskal-Wallis: 50,31; $p < 0,001$), as áreas de Caatinga irrigada pleno sol apresentaram valores muito superiores as demais áreas (Figura 5).

O recurso água em conjunto com a luz do sol tiveram forte influência na taxa de crescimento em altura das plantas de *C. leptophloeos* propagadas por sementes, a área irrigada pleno sol também favoreceu para um maior diâmetro do caule e número de folhas. Segundo Moraes Neto *et al.* (2000), dentre os parâmetros utilizados para avaliar as respostas de crescimento de plantas à intensidade luminosa, o uso mais frequente é a altura da planta. Dessa

forma, as plantas sob maior intensidade luminosa apresentam um maior acúmulo de massa seca na raiz permitindo uma maior absorção de água e nutrientes, estratégia que garantiria à planta capacidade de suportar taxas mais elevadas de fotossíntese e transpiração em ambientes mais iluminados (Silva *et al.*, 2007).

Para a realidade do nosso estudo, as diferenças encontradas nas áreas irrigadas foi sombra e sol, mesmo com a água comum as duas áreas, pois se acredita a luz juntamente com a água exerceram papel de destaque sobre todos os estágios do desenvolvimento vegetal. Já para as áreas irrigadas e sombreadas, o que pode ter influenciado no baixo crescimento foi a questão da falta de luz e competição com outras espécies (Silva *et al.*, 2007). Dentro desse contexto, as áreas secas sem irrigação e pleno sol mantiveram o menor desenvolvimento das plantas. Tais diferenças no desempenho podem estar relacionadas ao comportamento da própria planta e sua adaptação aos recursos disponíveis no local, os quais causam mudanças morfológicas e fisiológicas, sendo que o grau de adaptação é ditado por características particulares de cada espécie em interação com seu meio (Scalon *et al.*, 2003).

Pesquisas sobre o crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas mostraram respostas sob diferentes condições de luminosidade, as mudas de *Hymenaea parvifolia* apresentaram maior produção de massa seca sob 50% de sombreamento (Silva *et al.*, 2007), enquanto as mudas de *Caesalpinia pyramidalis* não foram influenciadas pela luminosidade a qual foram submetidas (Dantas *et al.*, 2009).

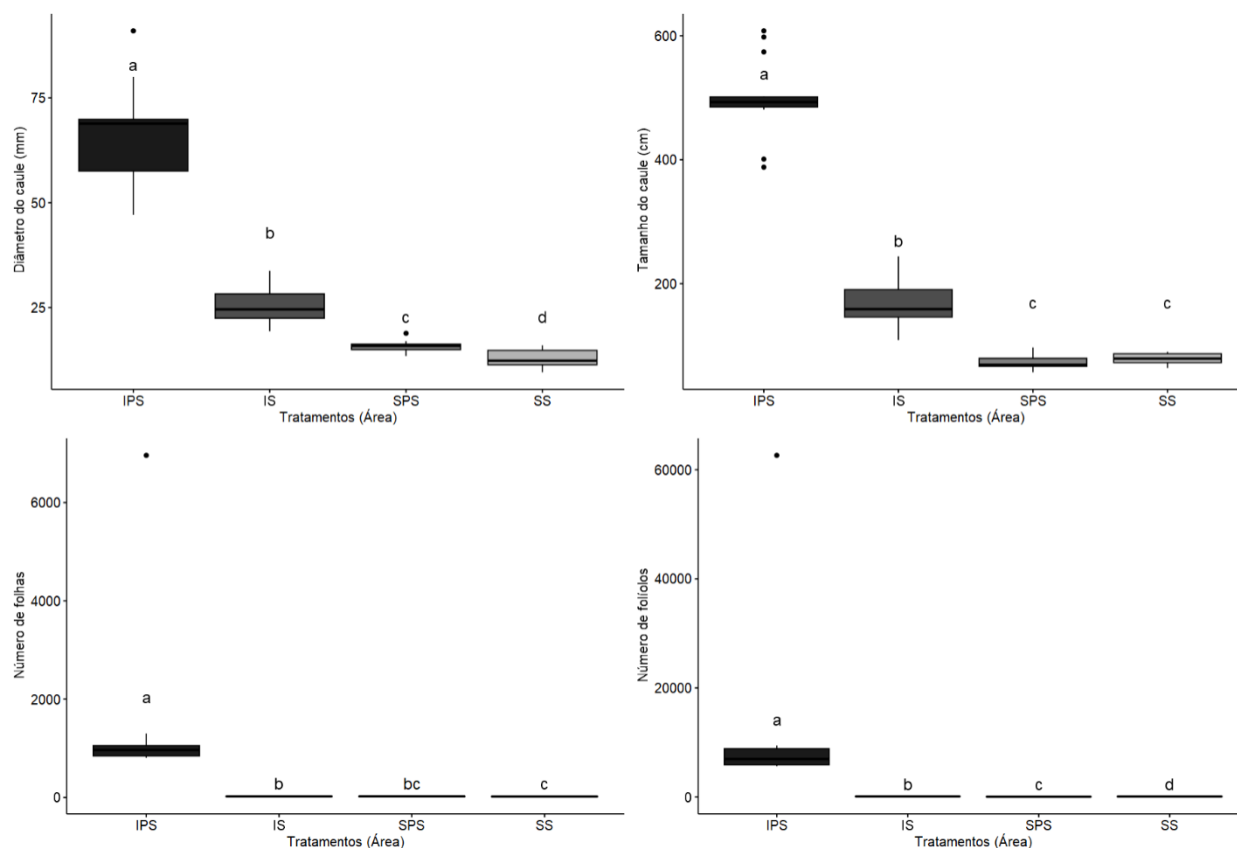


Figura 5 - Biometria de folhas e caule em plantas *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) propagadas por sementes em áreas de Caatinga pleno sol e sombreada com e sem irrigação. IPS: Irrigada pleno sol; IS: Irrigada sombreada; SPS: Seca pleno sol; SS: Seca sombreada

Os dados da PCA evidenciam que os dois eixos apresentam uma variação de 99,1%. Há uma clara separação entre as áreas de Caatinga irrigada pleno sol (IPS) das demais áreas de Caatinga irrigada sombreada (IS), Caatinga seca pleno sol (SPS) e Caatinga seca sombreada (SS). Além disso, todas as variáveis avaliadas correlacionam-se positivamente com as áreas de Caatinga irrigada pleno sol, principalmente o diâmetro e comprimento do caule (Figura 6). Isso indica que o desenvolvimento das plantas de *C. leptophloeos* foi mais expressivo sob essa condição em comparação aos demais tratamentos. As demais condições não apresentaram diferenças significativas entre si, evidenciadas pelo agrupamento observado entre os tratamentos irrigado sombreado, seco a pleno sol e seco sombreado. O número de folhas e folíolos não influenciaram na separação dos grupos (Figura 6).

É importante notar que há recursos necessários requeridos pelas plantas para o seu desenvolvimento a exemplo da água que, por sua vez, torna-se um elemento disputado por várias espécies vegetais próximas em áreas sombreadas do tipo gramíneas e arbustos, e com isso, entram em competição por água principalmente em povoamentos muito jovens e em condições de déficit hídrico (Reyolds, 1997; Wulf *et al.*, 1996). Fenômenos de competição

relacionados à vegetação herbácea e semilenhosa podem limitar severamente o crescimento ou mesmo a sobrevivência de árvores jovens (Collet *et al.*, 1996a; Collet *et al.*, 1996b). Sabe-se também que, além dos aspectos relacionados ao período de plantio, o uso de copas mais ou menos densas pode melhorar as condições gerais de crescimento das árvores jovens (Levy; Frochot; Becker, 1990; Logan 1996a, 1996b, 1973).

Conforme trabalhos realizados em regiões temperadas úmidas, as árvores jovens (exceto algumas espécies como pinheiros, lariços e álamos) apresentam crescimento ótimo em condições de luz relativa entre 25 e 75%, dependendo da espécie e das condições ecológicas. Esses níveis de luz correspondem à situação em clareiras, cortes em faixas ou bordas florestais (Aussenac, 1977; Aussenac; Ducrey, 1978; Fairbairn; Neustein, 1970; Rousseal, 1872).

O crescimento em altura e diâmetro pode estar relacionado com a espécie e com as áreas de clareiras com maior disponibilidade de luz e água. Na verdade, é o resultado geral condições hídricas e luz melhora a atividade fotossintética e o crescimento, como demonstrado por experimentos em florestas, mas sob condições controladas (Aussenac, 2000). De fato, após a fase de estabelecimento e o crescimento juvenil, que dura de cinco a dez anos, dependendo da espécie e das condições ecológicas que permitem um sistema radicular adequado para o desenvolvimento das árvores, requerem condições máximas de luz, que podem ser fornecidas pelo silvicultor por meio da limpeza da cobertura (Dreyer *et al.*, 2005). Uma melhoria no abastecimento de água, associada a uma redução das espécies competidoras em áreas sombreadas, deve-se acrescentar que, para que o nível de água do solo melhore, o desbaste deve ser intenso. Caso contrário, o ligeiro aumento na umidade do solo será consumido muito rapidamente, sem qualquer efeito mensurável sobre as árvores (Robakowski; Montpied; Dreyer, 2003).

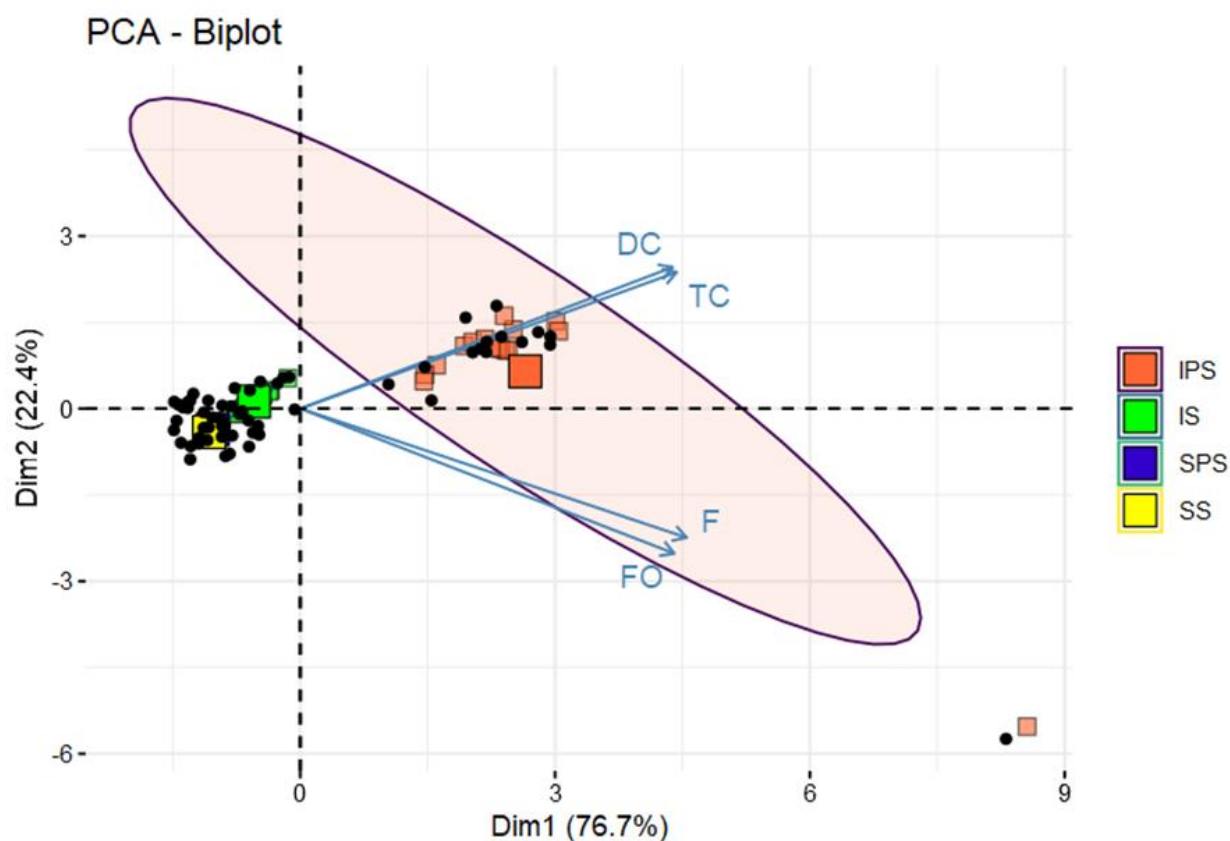


Figura 6 -Análise de PCA na Biometria de folha e caule em plantas de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) propagadas por sementes em áreas de Caatinga pleno sol e sombreada com e sem irrigação. IPS: Irrigada pleno sol; IS: Irrigada sombreada; SPS: Seca pleno sol; SS: Seca sombreada

Observa-se que, ao longo das medições realizadas, os tratamentos com estaquia e sementes se equiparam para as áreas de Caatinga irrigada pleno sol, ambas mantendo uma média final de aproximadamente 500 cm de altura para o comprimento do caule. As plantas de *C. leptophloeos* em área de Caatinga irrigada sombreada apresentam média de 200 cm para a propagação com estaquia e 150 cm para sementes. Áreas de Caatinga seca, tanto sombreada quando em pleno sol, apresentaram um baixo incremento no comprimento do caule ao longo dos dias de medição (Figura 7), o que evidencia que o incremento em comprimento de caule foi mais expressivo na área irrigada pleno sol seguida da irrigada sombreada.

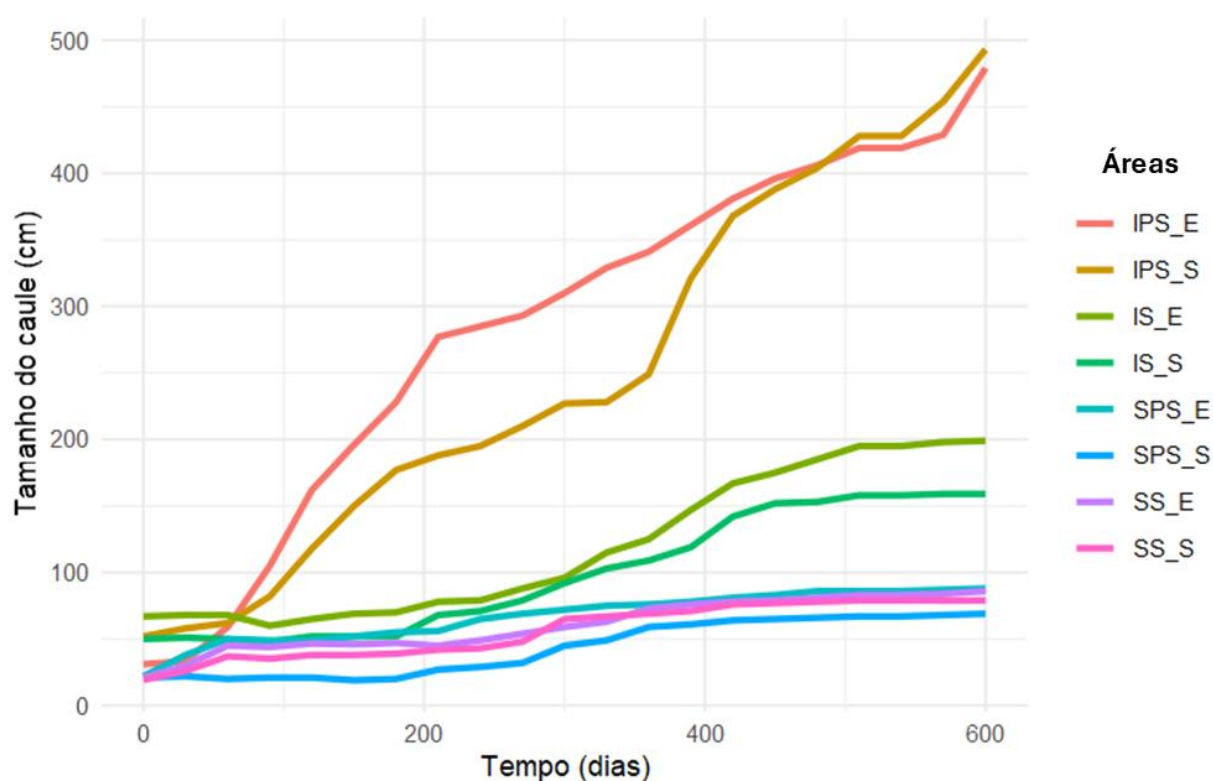


Figura 7 - Incremento no comprimento de caule de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett (Burseraceae) ao longo do experimento em campo. IPS_E: Irrigada pleno sol estaquia; IPS_S: Irrigada pleno sol semente; IS_E: Irrigada sombreada estaquia; IS_S: Irrigada sombreada semente; SPS_E: Seca pleno sol estaquia; SPS_S: Seca pleno sol semente; SS_E: Seca sombreada estaquia; SS_S: Seca sombreada semente.

4.4 Considerações finais

Pode-se concluir que todas as plantas sobreviveram, tanto em áreas secas quanto irrigadas, e que as plantas de maior comprimento do caule propagadas por sementes e estaquia estão na área irrigada pleno sol. A propagação vegetativa (estaquia) pode ser utilizada para *C. leptophloeos* que se regenera mal a partir de sementes.

Evidenciou-se que o sucesso no estabelecimento de *C. leptophloeos* está intimamente associado a fatores ambientais que devem ser considerados, com destaque para a luz e a disponibilidade de água.

Espécies arbóreas e restauração de áreas desmatadas têm uma influência marcante no clima. Esses efeitos dependem das características climáticas locais e do tipo de povoamento, nosso estudo mostra claramente que a espécie *C. leptophloeos* está associada a parâmetros climáticos e devem ser considerados, mas com destaque para a temperatura, a luz e a água.

Do ponto de vista silvicultural, o conhecimento das interações existentes entre as condições microclimáticas e reflorestamento, em conjunto com as informações morfológicas e

ecofisiologia das plantas, possibilita um melhor entendimento direcionado ao plantio em grande escala de árvores em superfícies florestais desmatadas e, sem dúvidas, sendo base do manejo sustentável e otimizado das florestas.

Este estudo apresentou progresso sobre o conhecimento de *C. leptophloeos*, em primeiro lugar, em termos de melhorar o direcionamento do reflorestamento a qualquer época do ano, especialmente em zonas climáticas caracterizadas por grandes défices hídricos, como o clima semiárido em floresta de Caatinga; e, em segundo lugar, em termos de melhorar a compreensão da ecofisiologia da espécie *C. leptophloeos* em florestas secas, especialmente a sua resposta aos défices de luz e água em condições naturais.

Referências

- ALMEIDA, A. L. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; CASTRO, C. C. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 75, n. 4, p. 330-337, 2011.
- ANDRADE, L. M. P. M. de; MESQUITA, F. de O.; VASCONCELOS, E. S. A. G. de; MESQUITA, E. F. de; GUSMÃO, M. A. B.; TRAVASSOS, K. D.; SOUSA, C. da S.; DINIZ, J. P. C. Role of native Caatinga plants in the ecological restoration of degraded ecosystems. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 11, e7988, 2024.
- AUSSENAC, G. Interactions between forest stands and microclimate: Ecophysiological aspects and consequences for silviculture. **Annals of Forest Science**, v. 57, n. 3, p. 287-301, 2000.
- AUSSENAC, G. ; DUCREY, M. Étude de la croissance de quelques espèces forestières cultivées à différents niveaux d'éclairement et d'alimentation hydrique. *In*: CONGRES DES SOCIETES SAVANTES NANCY, 103, 105-117, 1978.
- AUSSENAC, G. Influence du couvert forestier sur la croissance de quelques résineux dans le jeune âge, **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 7, n. 1, p. 8-18, 1977.
- AMORIM NETO, M. da S. **Informações meteorológicas dos Campos Experimentais de Bebedouro e Mandacaru**. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1989.
- BAINBRIDGE, D. A. **A Guide for Desert and Dryland Restoration**: New Hope for Arid Lands. Washington, DC: Island Press, 2012.
- BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. **Exploração seletiva do sub-bosque**: uma alternativa para aumentar a rentabilidade dos bracatingais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1998.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press, 2014.

BONA, C. M. de; BIASI, L. A. Influence of leaf retention on cutting propagation of *Lavandula dentata* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 526-529, 2010.

BONAMIGO, T.; SCALON, Silvana de Paula Quintão; PEREIRA, Zefa Valdivina. SUBSTRATOS E NÍVEIS DE LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltdl.) K. Schum. (RUBIACEAE). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 501-511, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

CAMPOS, J. R.; AVIZ, R. de O.; SILVA, D. E. O.; COSTA, R. M.; ROCHA, S. M. B.; ALCANTARA NETO, F. de; MEDEIROS, E. V. de; MENDES, L. W.; PEREIRA, A. P. A. de. Short-term effects of restoration on soil biological properties in degraded lands of the Brazilian semiarid region. **Restoration Ecology**, Washington, v. 33, n. 6, e70060, 2025.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; YAMAGUCHI, L. C. T. **Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade**. 1. ed. Juiz de Fora: Embrapa, 2002.

COLLET, C.; FROCHOT, H.; GUEHL, J.M.; FERHI, A. Effects of two forest grasses differing in their growth dynamics on the water relations and the growth of *Quercus petraea* seedlings, **Canadian Journal of Botany**, v. 74, p. 1562-1571, 1996a.

COLLET, C.; FROCHOT, H. Effects of interspecific competition on periodic shoot elongation in oak seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 26, p. 1934-1942, 1996b.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA – Codevasf. **Projeto Manicoba**. 2023. Disponível em: www.codevsf.gov.br. Acesso em: 10 set. 2023.

DANTAS, B. F.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S. da; LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. da L.; ARAGÃO, C. A. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 03, p. 413-423, 2009.

DREYER, E.; COLLET, C.; MONTPIED, P.; SINOQUET, H. Caractérisation de la tolérance à l'ombrage de jeunes semis de Hêtre et comparaison avec les essences associées. **Revue forestière française**, Nancy, v. 57, n. 2, p. 175-188, 2005.

DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H., SANTANA, R. C., & MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FAIRBAIRN W. A.; NEUSTEIN S. A. Study of response of certain coniferous species to light intensity, **Forestry: an International Journal of Forest Research**, v. 43, n. 1, p. 57-71, 1970.

FALK, D. A. Restoration ecology, Resilience, and the Axes of Change. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, EUA, v. 102, n. 2, p. 201-216, 2017.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; PENNINGTON, R. T.; QUEIROZ, L. P. de. The Origins and Historical Assembly of the Brazilian Caatinga Seasonally Dry Tropical Forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, e723286, 2022.

GANN, G. D.; MCDONALD, T.; WALDER, B.; ARONSON, J.; NELSON, C. R.; JONSON, J.; HALLETT, J. G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M. R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRÍA, C.; GONZALES, E.; SHAW, N.; DELCLER, K.; DIXON, K. W. International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration. Washington, DC: **Society for Ecological Restoration**, v. 27, n. S1, p. S1-S46, 2019.

HAVENS, K.; VITT, P.; STILL, S.; KRAMER, A. T.; FANT, J. B.; SCHATZ, K. Seed sourcing for restoration in an era of climate change. **Natural Areas Journal**, v. 35, n. 1, p. 122–133, 2015.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFA-NDEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.; KREMEN, C.; HARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

LEVY G.; FROCHOT H.; BECKER M. Installation des peuplements de chêne et facteurs du milieu. **Revue Forestière Française**, Nancy, v. 42, n. 2, p. 240-245, 1990.

LOGAN, K.T. **Growth of tree seedlings as affected by light intensity. II. Red pine, white pine, jack pine and eastern larch.** Ottawa: Department of forestry Publications, 1966a.

LOGAN, K.T. **Growth of tree seedlings as affected by light intensity. III. Basswood and white elm.** Ottawa: Department of forestry Publications, n. 1176, p. 15, 1966b.

LOGAN, K.T. **Growth of tree seedlings as affected by light intensity. V. White Ash, Beech, Hemlock and general conclusion.** Ottawa: Department of forestry Publications, 1973.

LUCENA, M, S.; ALVES, A. R.; BAKKE, I. A. Regeneração natural da vegetação arbóreo-arbustiva de Caatinga em face de duas formas de uso. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 212-222, 2017.

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades.** 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores, 2012.

MOSTACEDO, B.; PUTZ, F. E.; FREDERICKSEN, T. S.; VILLCA A.; PALACIOS, T. Contributions of root and stump sprouts to natural regeneration of a logged tropical dry forest in Bolivia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, p. 978-985, 2009

MORAES NETO, S. P. de; GONÇALVES, J. L. de M.; TAKAKI, M.; CENCI, D.; GONÇALVES, C. J. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35-45, 2000.

OKSANEN, J. *et al.* **Vegan**: Community Ecology Package (R Package Version 2.6-2). 2022.

OLIVEIRA, L. de. **Multiplicação de oliveira através da enxertia, estaquia e ácido indolbutírico**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

POTTS, M. D. *et al.* Land degradation and restoration associated with changes in ecosystem services and functions, and human well-being and good quality of life. *In*: MONTANARELLA, SCHOLLES, R.; BRAINICH, A. (ed.). **The IPBES Assessment Report on Land Degradation and Restoration**. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 2018. p. 341-342.

QUEIROZ, L. P. de; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F., MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. *In*: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; Tabarelli, M. (ed.). **Caatinga**. Cham: Springer, 2017. p. 23-63.

ROBAKOWSKI, P.; MONTPIED, P.; DREYER, E. Plasticity of morphological and physiological traits in response to different levels of irradiance in seedlings of silver fir (*Abies alba* Mill). **Trees**, v. 17, n. 5, p. 431-441, 2003.

REYNOLDS P. E.; SIMPSON J. A.; LAUTENSCHLAGER R. A.; BELL F. W.; GORDON A. M.; BUCKLEY D. A.; GRESCH D. A. Alternative conifer release treatments affect below and nearground microclimate. **Forestry Chronicle**, v. 73, n. 1, p. 75-82, 1997.

ROUSSEL, L. **Photologie forestière**, Paris: Masson et Cie, 1972.

SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SHIMIZU, G. D.; MARUBAYASHI, R. Y. P.; GONCALVES, L. S. A. Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences. **IOP Publishing PhysicsWeb**, version 1.3.4, 2023.

SILVA, B. M. da S. e; LIMA, J. D.; DANTAS, V. A. V.; MORAES, W. da S.; SABONARO, D. Z. Efeito da luz no crescimento de mudas de *Hymenaea parvifolia* Huber. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1019-1026, 2007.

SILVA, S. R. da; ALMEIDA, N. M.; SIQUEIRA, K. M. M. de; SOUZA, J. T.; CASTRO, C. C. Isolation from natural habitat reduces yield and quality of passionfruit. **Plant biology**, v. 21, n. 1, p. 142-149, 2019.

SILVA, F. F. S.; LOPES, A. P.; ARAÚJO, M. N.; OLIVEIRA, D. A. B.; MATIAS, J. R.; BRUNO, R. L. A.; DANTAS, B. F. Curva de embebição, degradação e mobilização de proteínas de reserva em sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes

procedências. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 33., 2010, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju, 2010.

SUDING, K.; HIGGS, E.; PALMER, M.; CALLICOTT, J. B.; ANDERSON, C. B.; BAKER, M.; GUTRICH, J. J.; HONDULA, K. L.; LAFEVOR, M. C.; LARSON, B. M. H.; RANDALL, A.; RUHL, J. B.; SCHWARTZ, K. Z. S. Committing to ecological restoration. **Science**, Nova York, v. 348, n. 6235, p. 638–640. 2015.

VIEIRA, D. L. M.; COUTINHO, A. G.; ROCHA, G. P. E. da. Resprouting Ability of Dry Forest Tree Species after Disturbance Does Not Relate to Propagation Possibility by Stem and Root Cuttings. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 3, p. 305-311, 2012.

WULF, M.; LUTTSCHWAGER, D.; FORKERT, J.; HUTTL, R. Untersuchungen zum deckungs- und Transpirationsgrad ausgewählter Pflanzenarten der Krautschicht in Kiefernbeständen. *Agew Bot*, V. 70, p. 165-171, 1996.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009.

ZUQUETTE, L. V.; RODRIGUES, V. G. S.; PEJON, O. J. **Engenharia Ambiental: Recuperação de Áreas Degradadas**, São Paulo, 2013.

WICKHAM, H.; AVERICK, M.; BRYAN, J.; CHANG, W.; MCGOWAN, L. D.; FRANÇOIS, R.; GROLEMUND, G.; HAYES, A.; HENRY, L.; HESTER, J.; KUHN, M.; PEDERSEN, T. L.; MILLER, E.; BACHE, S. M.; MÜLLER, K.; OOMS, J.; ROBINSON, D.; SEIDEL, D. P.; SPINU, V.; TAKAHASHI, K.; VAUGHAN, D.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H. Welcome to the tidyverse. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019.

REFERÊNCIAS GERAIS

- AFFONSO, I. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; MEIADO, M. V. A permanência das sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet (Burseraceae) no solo da Caatinga favorece sua germinação?. **Informativo Abrates**, v. 24, n. 3, p. 35-38, 2014.
- ALBUQUERQUE, U. P.; MEDEIROS, P. M.; ALMEIDA, A. L. S.; MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; MELO, J. G.; SANTOS, J. P. Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 114, n. 3, p. 325-354, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.08.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874107004229>. Acesso em: 20 maio 2024.
- ALBUQUERQUE, U. P., ARAÚJO, E. L.; EL-DEIR, A. C. A.; LIMA, A. L. A.; SOUTO, A.; BEZERRA, B. M.; FERRAZ, E. M. N.; FREIRE, E. M. X.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LASCASAS, F. M. G.; MOURA, G. J. B.; PEREIRA, G. A.; MELO, J. G.; RAMOS, M. A.; RODAL, M. J. N.; SCHIEL, N.; LYRA-NEVES, R. M.; ALVES, R. R. N.; AZEVEDO-JUNIOR, S. M.; TELINO JÚNIOR, W. R.; SEVERI, W. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **Scientific World Journal**, v. 2012, p. 205182. DOI: 10.1100/2012/205182. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22919296/>. 20 maio 2024.
- ALMEIDA, A. L. S.; ALBUQUERQUE, U. P.; CASTRO, C. C. Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 330-337, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196310003034?via%3Dihub>. 20 maio 2024.
- ANDRESEN, E.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; ESCOBAR, F. Tropical biodiversity: the importance of biotic interactions for its origin, maintenance, function, and conservation. In: DATTILO, W.; RICO-GRAY, V. (eds.). **Ecological networks in the tropics**. [S. l.]: Springer, 2018. p. 1-13. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68228-0_1. 20 maio 2024.
- 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, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/j5HJhPg7xFGGwBHXCGxpwwp/?lang=pt>. 20 maio 2024.
- ARAÚJO, R. F.; ZONTA, J. B.; ARAÚJO, E. F.; DONZELES, S. M. L.; COSTA, G. M. Curva de absorção de água em sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Idesia (Arica)**, São Luis, v. 32, n. 2, p. 5-10, 2014a. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200002>. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292014000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 10 maio 2024.

ÁRVORES DO BIOMA CERRADO. *Commiphoraleptophloeos*. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/?s=commiphora+leptophloeos>. Acesso em: 17 fev. 2024.

AUSSENAC, G. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, v. 57, n. 3, p. 287-301, 2000. DOI: 10.1051/forest:2000119. Disponível em: <https://www.afs-journal.org/articles/forest/abs/2000/03/f0310/f0310.html>. Acesso em: 20 maio 2024.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 2014.

CARABAJAL, M.; RUIZ, M. B.; PARERA, C. A. Effects of Priming on Seed Germination of *Panicum Coloratum* L. Under Saline Stress Conditions. *International Journal of Scientific & Technology Research*, v. 5, p. 105-108. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307477648_Effects_Of_Priming_On_Seed_Germination_Of_Panicum_Coloratum_L_Under_Saline_Stress_Conditions. Acesso em: 10 jun. 2024.

CARDOSO, V., V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 386-408.

CARTAXO, S. L.; SOUZA, M. M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 131, p. 326-342, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.07.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874110004642?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jun. 2024.

CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-Espinho *Commiphoraleptophloeos*. **Comunicado Técnico**, Brasília, DF, v. 228, 2008.

CLEMENTINO, E. L. C.; SANTOS, J. S.; FELISMINO, D. C.; MEDEIROS A. C. D.; SILVA H.; CHAVES T. P. Avaliação de atividade biológicas dos extratos de *Commiphoraleptophloeos* (Imburana) (Mart.) J. B. Gillett. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, v. 21, n. 4, 2016. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v21n4/pla08416.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DANTAS, B. F.; MOURA, M. S. B.; PELACANI, C. R.; ANGELLOTTI, F.; TAURA, T. A.; OLIVEIRA, G. M.; BISPO, J. S.; MATIAS, J. R.; SILVA, F. F. S.; PRITCHARD, H. W.; SEAL, C. E. Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry-forest species with climate change. *Oecologia*, v. 192, n. 2, p. 529-541, 2020. DOI: 10.1007/s00442-019-04575-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-019-04575-x>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, R. C.; MATIAS, J. R.; ARAÚJO, G. G. L. Germinative metabolism of Caatinga forest species in biosaline agriculture. *Journal of Seed Science*, Londrina, v. 36, n. 2, p. 194-203, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v32n2927>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/jss/a/G738KbzWHRwPYXsgBW78fJC/?lang=en>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, R. C.; OLIVEIRA, G. M.; SILVA, F. F. S.; ARAÚJO, G. G. L. Produção bioassalada de mudas de espécies florestais nativas da Caatinga. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 1551-1567, 2019. DOI: 10.5902/1980509831221. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/31221>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DANTAS, B. F.; SOARES, F. S. J.; LÚCIO, A. A.; ARAGÃO, C. A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 214-219, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000200027>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/RjcyvpxVT98S3ZjYTpJ3ZhM/?lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DANTAS, H. P.; ARAÚJO, V. S.; RIBEIRO, R. S.; CAMPOS, E. M. M.; MEDEIROS, R. D.; LINS, R. D. A.; MELO, M. C. N.; LANGASSNER, S. M. Z.; LIMA, K. C.; COSTA, M. R. M. Atividade antibacteriana de imburana-de-espinho sobre bactérias do meio ambiente bucal. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 7, p. e13311729666, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i7.29666. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/29666>. Acesso em: 1 mar. 2024.

FAIAD, M. G. R.; SALOMÃO, A. N.; CUNHA, R.; PADILHA, L. C. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 19, n. 1, p. 14-17, 1997. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/108020.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FERREIRA JÚNIOR, W. S.; SIQUEIRA, C. F. Q.; DE ALBUQUERQUE, U. P. Plant stem bark extractivism in the northeast semiarid region of Brazil: a new aport to utilitarian redundancy model. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, Nova York, v. 2012, n. 1, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/543207>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2012/543207>. Acesso em: 1 mar. 2024.

FERNANDES, M. S. R.; PINTO, Z. T. Análise do declínio populacional de abelhas (Hymenoptera: Anthophila) no Brasil e seus efeitos ambientais e econômicos. **Journal of Education, Science and Health**, v. 3, n.3, p. 1-12, 2023. DOI: 10.52832/jesh.v3i3.221. Disponível em: <https://bio10publicacao.com.br/jesh/article/view/221>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FERNÁNDEZ-PASCUAL, E.; MATTANA, E.; PRITCHARD, H. W. Seeds of future past: climate change and thermal memory of plant reproductive traits. **Biological Reviews**, v. 94, n. 2, p. 439-456, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12461>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12461>. Acesso em: 2 set. 2024.

FREIRE, F. C. J.; SANTOS, L. O.; SILVA, E. S.; OLIVEIRA, L. K. A.; SILVA JÚNIOR, J. M. Estudo da germinação e de alguns fatores condicionantes de semente de *Adenanthropavonina* L. e sua importância para a recuperação de áreas degradadas. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 25958-25971, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n11-243. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/4758>. Acesso em: 2 set. 2024.

HASAN, S. S.; ZHEN, L.; MIAH, M. G.; AHAMED, T.; SAMIE, A. Impacto da mudança no uso da terra nos serviços ecossistêmicos: uma revisão. **Desenvolvimento Ambiental**, v. 34, e100527, 2020. DOI: 10.1016/j.envdev.2020.100527. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211464520300464>. Acesso em: 20 jun. 2024.

JACOB, M. C. M.; MEDEIROS, M. F. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Biodiverse food plants in the semiarid region of Brazil have unknown potential: a systematic review. **PlosOne**, v. 15, n. 5, p. e0230936, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230936>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32379775/>. Acesso em: 1 set. 2024.

JESUS, J. B.; OLIVEIRA, D. G.; ARAÚJO, W. S.; CRUZ, L. S.; KUPLICH, T. M. Influence of anthropization on the floristic composition and phytosociology of the Caatinga susceptible to desertification in the state of Sergipe, Brazil. **Tropical Ecology**, v. 63, p. 398-408, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42965-021-00201-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42965-021-00201-1>. Acesso em: 1 set. 2024.

JIANG, L.; WANG, Z.; ZUO, Q.; E DU, H. Simulação do impacto da mudança no uso da terra nos serviços ecossistêmicos em áreas de produção agrícola com múltiplos cenários considerando a riqueza dos serviços ecossistêmicos. **Jornal de Produção Mais Limpa**, v. 397, p. 136485, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136485>. Disponível em: Acesso em: 20 mar. 2024.

KUMAR, R. R.; KARAJOL, K.; NAIK, G. R. Effect of polyethylene glycol induced water stress on physiological and biochemical responses in pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Mill sp.). **Recent Research in Science and Technology**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 148-152, 2011. Disponível em: <https://updatepublishing.com/journal/index.php/rrst/article/view/565>. Acesso em: 2 mar. 2024.

LIMA, A. T.; CUNHA, P. H.J.; DANTAS, B. F.; MEIADO, M. V. Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (DC.) HS Irwin & Barneby var. *excelsa* (Schrad.) HS Irwin & Barneby (Fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination? **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 40, n. 1, p. 36-43, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n1182838>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/ngqk78RKXQxRLTx5x6mmmdM/?lang=en>. Acesso em: 20 set. 2024.

LIMA, A. T.; MEIADO, M. V. Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. **Seed Science Research**, v. 27, n. 4, p. 292-302, 2017. DOI:10.1017/S0960258517000241. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/discontinuous-hydration-alters-seed-germination-under-stress-of-two-populations-of-cactus-that-occur-in-different-ecosystems-in-northeast-brazil/39019BA44E26793AE04B2A16B3797C91>. Acesso em: 20 set. 2024.

LIMA, S. S.; CORDEIRO, J. L.; TEIXEIRA, L. P.; MAIA, R. P.; SILVA, M. V. C.; MORO, M. F. Caracterização geográfica e dinâmica de uso da terra da Ibiapaba e seu entorno, Domínio Fitogeográfico da Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 15, n. 5, p. 2500-2524, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/253020/41879>. Acesso em: 2 mar. 2024.

LONG, R. L.; GORECKI, M. J.; RENTON, M.; SCOTT, J. K.; COLVILLE, L.; GOGGIN, D. E.; COMMANDER, L. E.; WESTCOTT, D. A.; CHERRY, H.; FINCH-SAVAGE, W. E. The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. **Biological Reviews**, v. 90, n. 1, p. 31-59, 2014. DOI:

<https://doi.org/10.1111/brv.12095>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/brv.12095>. Acesso em: 3 mar. 2024.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LUCENA, M. S.; ALVES, A. R.; BAKKE, I. A. Regeneração natural da vegetação arbóreo-arbustiva de Caatinga em face de duas formas de uso. **ACSA**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 212-222, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30969/acsa.v13i3.887>. Disponível em:

<https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/887>. Acesso em: 20 set. 2024.

MACEDO, J. G. F.; MENEZES, I. R. A.; RIBEIRO, D. A.; SANTOS, M. O.; MACÊDO, D. G.; MACÊDO, M. J. F.; ALMEIDA, B. V.; OLIVEIRA, L. G. S.; LEITE, C. P.; SOUZA, M. M. A. Analysis of the variability of therapeutic indications of medicinal species in the northeast of Brazil: comparative study. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2018, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6769193>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2018/6769193>. Acesso em: 3 mar. 2024.

MACEDO, C. R. da C.; AQUINO, I. de S.; BORGES, P. de F.; BARBOSA, A. da S.; MEDEIROS, G. R. de. Nesting behavior of stingless bees. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 21, p. 58736, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-6891v21e-58736>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cab/a/ffCH8cdxFCGNGvJTBXR7xSn/?format=html&lang=en>. Acesso em: 3 mar. 2024.

MARQUES, T. V.; MENDES, K.; MUTTI, P.; MEDEIROS, S.; SILVA, L.; PEREZ-MARIN, A. M.; CAMPOS, S.; LÚCIO, P. S.; LIMA, K.; REIS, J.; RAMOS, T. M.; SILVA, D. F.; OLIVEIRA, C. P.; COSTA, G. B.; ANTONINO, A. C. D.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, C. M. S.; BEZERRA, B. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from seasonally dry tropical forests (Caatinga) in the Brazilian semiarid. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 287, e107957, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107957>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192320300599?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2024.

MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardiais. **Informativo ABRATES**, v. 22, n. 3, p. 20-23, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236588923>. Acesso em: 3 mar. 2024.

MELO, A. F. R. **Tolerância ao déficit hídrico em mudas de Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong (Fabaceae) produzidas a partir de sementes hidrocondicionadas para projetos de regeneração da caatinga**. 2018. 92 f.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2018.

MELO, C. L. S. M. S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MACHUCA, M. A. H.; CESPEDDES, G. H. G. Dynamics of dry tropical forest after three decades of vegetation suppression. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 3, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.116317>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/DS4vHKqhmpP8SjrpGcgvsff/?lang=en>. Acesso em: 3 mar. 2024.

MESQUITA, A. C.; DANTAS, B. F.; CAIRO, P. A. R. Ecophysiology of Caatinga native species under semi-arid conditions. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 34, sup. 1, p. 81-89, 2018. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-968848>. Acesso em: 3 mar. 2024.

OLIVEIRA, G. M.; MATIAS, J. R.; RIBEIRO, R. C.; BARBOSA, L. G.; SILVA, J. E. S. B.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de espécies arbóreas nativas da Caatinga em diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 10, n. 4, 2014. Disponível em: <https://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/1790>. Acesso em: 3 mar. 2024.

PEREIRA, F. E. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; TORRES, S. B.; MARTINS, C. C.; BRITO, S. F. Saline stress and temperatures on germination and vigor of *Piptadenia moniliformis* Benth. Seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 7, p. 649-653, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n7p649-653>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/nc5GVNws6wC4Kw9mLYgq3Kg/?lang=en>. Acesso em: 3 mar. 2024.

PEREIRA, N. da V.; SILVA, A. C. B. e; FARIAS, M. H. B. de; SANTOS, R. G. dos; MEDEIROS, A. L. M. de; LIMA, J. C. da S.; MARTINS, D. T. de O. Estudo etnobotânico das plantas de uso medicinal citadas por especialistas locais da comunidade rural 21 de Abril (Lúena) em Mato Grosso, Brasil. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, Curitiba, v. 17, n. 51, p. 118-148, 2024.

PESSOA, R. F.; FIGUEIREDO, I. A. D.; FERREIRA, S. R. D.; SILVA, A. R. L. F. C.; PAIVA, R. L. M.; CORDEIRO, L. V.; LIMA, E. O.; CABRERA, S. P.; SILVA, T. M. S.; CAVALCANTE, F. A. Investigation of ethnomedicinal use of *Commiphora leptophloeos* (Mart.) JB Gillett (Burseraceae) in treatment of diarrhea. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 268, n. 113564, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113564>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874120334528?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2024.

PIFANO, D. S.; COSTA, E. M.; CARVALHO, F. A.; PESSOA, J. F. S.; MOURA-JÚNIOR, E. G.; RODRIGUES, R. G. Estrutura e diversidade das comunidades arbóreas de áreas em regeneração da caatinga com diferentes históricos de uso. **Oecologia Australis**, v. 27, n. 4, 2023 DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2023.2704.02>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/53794>. Acesso em: 3 mar. 2024.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga Domain. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (eds.). **Caatinga**. [S. l.]: Springer, 2017. p. 23-63. DOI:

https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_2. Disponível em:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68339-3_2. Acesso em: 3 mar. 2024.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: UEFS, 2009.

QUEIROZ, M. G. D.; SILVA, T. G. F. D.; SOUZA, C. A. A. D.; JARDIM, A. M. D. R. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SOUZA, L. S. B. D.; MOURA, M. S. B. D. Composition of Caatinga species under anthropic disturbance and its correlation with rainfall partitioning. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 28, n. 1, 2021. DOI: 10.1590/2179-8087-FLORAM-2019-0044. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/floram/a/NLMfrFhFRjMcnRQyLC9XThb/?lang=en>. Acesso em: 25 set. 2024.

RIBEIRO, E. M. S.; ARROYO-RODRÍGUES, V.; SANTOS, B. A.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 3, p. 611-620, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12420>. Disponível em:
<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1365-2664.12420>. Acesso em: 25 set. 2024.

ROQUE, A. A.; ROCHA, R. M.; LOIOLA, M. I. B. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 31-42, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000100006>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/vybCNbygcxXyMBvm9gD3jJd/?lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2024.

SALIN, T. C.; FERREIRA, R. L. C.; ALBUQUERQUE, S. F.; SILVA, J. A. A.; ALVES JÚNIOR, F. T. Caracterização de sistemas agrícolas produtivos no semiárido brasileiro como bases para um planejamento agroflorestal. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 109-118, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2151>. Acesso em: 25 set. 2024.

SÁNCHEZ SOTO, B. H.; GARCÍA MOYA, E.; TERRAZAS, T.; REYS OLIVAS, A. Efecto de la hidratación discontinua sobre la germinación de tres cactáceas del desierto costero de Topolobambo, Ahome, Sinaloa. **Cactáceas y Suculentas Mexicanas**, v. 50, n. 1, p. 4-14, 2005. Disponível em:
https://www.cactuspro.com/biblio_fichiers/pdf/CactSuccMex/Cactaceas_2005_1_O.pdf#page=4. Acesso em: 25 set. 2024.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, Arica, v. 29, n. 2, p. 87-94, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200011>. Disponível em:
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292011000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 25 set. 2024.

SANTOS, C. A.; SILVA, N. V.; WALTER, L. S.; SILVA, E. C. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Germinação de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 219-224, 2016. DOI: <http://orcid.org/0000-0002-5387-4559>. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/1017>. Acesso em: 25 set. 2024.

SILVA, F. F. S.; DANTAS, B. F. Efeito da temperatura na germinação de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. **Revista SODEBRAS**, v. 8, p. 40-43, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/958339>. Acesso em: 2 set. 2024.

SILVA, F. F. S.; LOPES, A. P.; ARAÚJO, M. N.; OLIVEIRA, D. A. B.; MATIAS, J. R.; BRUNO, R. L. A.; DANTAS, B. F. Curva de embebição, degradação e mobilização de proteínas de reserva em sementes de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) de diferentes procedências. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 33., 2010, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: SBB: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/862442/1/Barbara.pdf>. Acesso em: 25 set. 2024.

SILVA, S. R.; ALMEIDA, N. M.; SIQUEIRA, K. M. M.; SOUZA, J. T.; CASTRO, C. C. Isolation from natural habitat reduces yield and quality of passion fruit. **Plant biology**, v. 21, n. 1, p. 142-149, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.12910>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/plb.12910>. Acesso em: 01 mar. 2024.

SILVA, T. F.; GUIMARÃES, A. L.; AMORIM, V. S.; SILVA, T. M. G.; PEIXOTO, R. M.; NUNES, X. P.; SILVA, T. M. S.; COSTA, M. M. Antimicrobial activity of ethanolic extracts from *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett against *Staphylococcus* spp. isolated from cases of mastitis in ruminants. **Ciencia Anim. Bras.**, Goiânia, v. 20, n. 20, 1-14, 2019b. DOI: 10.1590/1089-6891v20e-57228. Disponível em: https://revistas.ufg.br/vet/article/view/57228?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 3 abr. 2024.

SILVA, V. A.; CARVALHO, C. A.; SILVA, J. B.; ORTEGA, G. P.; ALVES, C. Z.; CARMO FILHO, A. S.; BRITO, R. S.; SANTOS, W. J. Curva de embebição e influência da água sobre a germinação de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 10, p. 21836-21849, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.10-187. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/2275>. Acesso em: 3 abr. 2024.

SIQUEIRA, K. M. M.; KILL, L. H. P.; MARTINS, C. F.; LEMOS, I. B.; MONTEIRO, S. P.; FEITOSA, E. A. Ecologia da polinização do maracujá amarelo, na região do vale do São Francisco. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 1-12, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000100003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/48YpGMmHp4BkpyNYKG6fpDk/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 3 abr. 2024.

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; SILVA, J. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400009>. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000400009&lng=pt&tln=pt. Acesso em: 3 abr. 2024.

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

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000300010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/x9TgDDSdBxvXx55cNvRzWHG/?lang=pt>. Acesso em: 3 abr. 2024.

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. PADGURSCHI, M.C. G; BPBES/REBIPP. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Carlos: Editora Cubo, 2019.