

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Laura Patrícia Reis Balbino

Crescimento inicial e acumulação de osmólitos em duas espécies arbóreas que crescem na Restinga, *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Terminalia catappa* L. (Combretaceae), submetidas ao alagamento

Maceió AL

2024

Laura Patrícia Reis Balbino

Crescimento inicial e acumulação de osmólitos em duas espécies arbóreas que crescem na Restinga, *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Terminalia catappa* L. (Combretaceae), submetidas ao alagamento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Costa Justino

Maceió AL

2024

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

B172c Balbino, Laura Patrícia Reis.
Crescimento inicial e acumulação de osmólitos em duas espécies arbóreas que crescem na restinga, *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Terminalia catappa* L. (Combretaceae), submetidas ao alagamento / Laura Patrícia Reis Balbino. – 2024.
63 f. : il. color.

Orientador: Gilberto Costa Justino.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas: Bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 44-53.
Apêndices: f. 54-63.

1. Alagamento do solo. 2. Solutos compatíveis. 3. Anacardiaceae. 4. Combretaceae. I. Título.

CDU: 582

Folha de Aprovação

Laura Patrícia Reis Balbino

Crescimento inicial e acumulação de osmólitos em duas espécies arbóreas que crescem na Restinga, *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Terminalia catappa* L. (Combretaceae), submetidas ao alagamento

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas.



Documento assinado digitalmente
GILBERTO COSTA JUSTINO
Data: 22/02/2024 07:20:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Costa Justino

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
MELISSA FONTES LANDELL
Data: 21/02/2024 23:05:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinadora Interna: Prof^ª. Dr^ª. Melissa Fontes Landell - UFAL



Documento assinado digitalmente
CLAUDIANA MOURA DOS SANTOS
Data: 21/02/2024 17:41:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinadora Externa: Prof^ª. Dr^ª. Claudiana Moura dos Santos - UFAL

RESUMO

O alagamento do solo é um estresse abiótico que resulta em consequências no desenvolvimento das plantas, ameaçando a sobrevivência de espécies não tolerantes. Diversos ambientes naturais enfrentam diferentes adversidades, como altas temperaturas e inundações, e esses efeitos podem ser intensificados pelas mudanças climáticas, que causam o aumento das temperaturas oceânicas e do nível do mar. Considerando os impactos do alagamento e a importância da conservação das espécies em ecossistemas ameaçados, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e acumulação de osmólitos em duas espécies arbóreas de Restinga, *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Terminalia catappa* L., submetidas ao alagamento do solo. Após germinação e aclimação, o experimento foi conduzido em casa de vegetação, com dezesseis plantas de cada espécie, distribuídas em dois tratamentos, o controle e o alagado, durante dezesseis dias, com delineamento em blocos casualizados. Ao final do período experimental, foram determinados o comprimento do caule e raiz, diâmetro do caule, variação do número de folhas, razão de folhas cloróticas e/ou necróticas, área foliar, área foliar específica e alocação de biomassa. Além disso, foram avaliados o teor relativo de água, a taxa de extravasamento de eletrólitos, índice SPAD, teor de pigmentos fotossintéticos e acúmulo de osmólitos nas folhas e raízes. O alagamento resultou na redução do crescimento do caule, número de folhas e, conseqüentemente, área foliar e alocação de biomassa nas folhas, com maiores impactos em *T. catappa*. Houve aumento da alocação de biomassa no caule para *T. catappa*. O alagamento ocasionou o aumento da área foliar específica, que pode estar relacionado ao baixo investimento em biomassa foliar. O teor relativo de água e a taxa de extravasamento de eletrólitos não diferiram nos tratamentos. O teor de clorofila *a* e *b* foi menor apenas em *T. catappa* em resposta ao estresse. A concentração de proteínas nas folhas não variou em resposta ao alagamento, porém reduziu nas raízes. A concentração de açúcares solúveis também foi menor nas raízes, o que pode ser resultado de maior utilização dos solutos no processo de fermentação. O maior acúmulo de aminoácidos e prolina nas duas espécies foi observado no tratamento alagado, sendo associado a um mecanismo de tolerância aos danos na membrana celular. Porém, o acúmulo de osmólitos pode não ter sido suficiente para proteger *T. catappa* contra o estresse, resultando em prejuízos na translocação de açúcares das folhas para as raízes. O impacto do alagamento em uma planta nativa e em uma exótica foi diferente para o período avaliado. *T. catappa* foi mais sensível ao alagamento, considerando as reduções no crescimento, teor de pigmentos fotossintéticos e suprimento energético, de modo que *S. terebinthifolius* teve maior tolerância ao alagamento do sistema radicular, relacionada às suas características bioquímicas, quando comparado a esta espécie.

Palavras-chave: alagamento, Mata Atlântica, solutos compatíveis, Anacardiaceae, Combretaceae.

ABSTRACT

Soil flooding is an abiotic stress that results in consequences for plant growth and development, threatening the survival of non-tolerant species. Diverse natural environments face different adversities, such as high temperatures and floods, and these effects can be intensified by climate changes, which cause an increase in ocean temperatures and sea levels. Considering the impacts of flooding and the importance of species conservation in threatened ecosystems, the present study aimed to evaluate the initial growth and osmolytes accumulation in two Restinga tree species, *Schinus terebinthifolius* Raddi and *Terminalia catappa* L., subjected to flooding soil. After the germination and acclimatization, the experiment was conducted in a greenhouse, with sixteen plants of each species, distributed in two treatments, control and flooding, during sixteen days, with a randomized block design. The length of the stem and root, stem diameter, variation in the number of leaves, ratio of chlorotic and/or necrotic leaves, leaf area, specific leaf area, and biomass allocation were determined. Moreover, the relative water content, rate of electrolyte leakage, SPAD index, photosynthetic pigment content, and osmolyte accumulation in leaves and roots were evaluated. Flooding resulted in a reduction in stem growth, number of leaves and, consequently, leaf area and biomass allocation in leaves, with more significant impacts on *T. catappa*. There was an increase in biomass allocation in the stem for *T. catappa*. Flooding caused an increase in specific leaf areas, which may be related to the low investment in leaf biomass. The relative water content and rate of electrolyte leakage did not differ between treatments. Chlorophyll *a* and *b* content was lower only in *T. catappa*. The protein concentration in the leaves did not vary in response to flooding, but a reduction was observed in the roots. The concentration of soluble sugars was also lower in the roots, which could mean more significant use of solutes in the fermentation process and damage to the plants energy supply. We observed more significant amino acids and proline accumulation in the flooded treatment in both species, associated with a tolerance mechanism to damage to the cell membrane. However, the accumulation of osmolytes may not have protected *T. catappa* against stress, impairing the translocation of sugars from the leaves to the roots. The impact of flooding on a native and an exotic plant was different for the period evaluated. *T. catappa* was more sensitive to flooding, considering the reductions in growth, photosynthetic pigment content and energy supply, so *S. terebinthifolius* had greater tolerance to flooding of the root system, related to its biochemical characteristics compared to this species.

Key words: flooding, Atlantic Forest, compatible solutes, Anacardiaceae, Combretaceae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Comprimento final da raiz (cm) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.25
- Figura 2.** Crescimento do caule (cm) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.25
- Figura 3.** Variação do número de folhas, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....26
- Figura 4.** Razão de folhas cloróticas e/ou necróticas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....27
- Figura 5.** Área foliar (cm²) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.28
- Figura 6.** Área foliar específica (cm² g⁻¹) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.29
- Figura 7.** Alocação de biomassa: ABF (A), ABR (B) e R/Pa (C), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação. ...30
- Figura 8.** Alocação de biomassa do caule, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....31
- Figura 9.** Teor relativo de água (TRA), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....32
- Figura 10.** Taxa de extravasamento de eletrólitos, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....33
- Figura 11.** Índice SPAD de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.34
- Figura 12.** Pigmentos fotossintéticos de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação. Clorofila *a* mg. g⁻¹ MF (A), clorofila *b* mg. g⁻¹ MF (B), clorofila total mg. g⁻¹ MF (C).....34
- Figura 13.** Relação de clorofila *a/b* (mg. g⁻¹ MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....35
- Figura 14.** Teor de carotenoides (μmol g⁻¹ MF) em *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....36
- Figura 15.** Acúmulo de açúcares solúveis nas folhas (μmol g⁻¹) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....37

Figura 16. Acúmulo de açúcares solúveis na raiz ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	38
Figura 17. Acúmulo de proteínas ($\mu\text{g g}^{-1}$) nas folhas (A) e raiz (B) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	39
Figura 18. Concentração de aminoácidos totais ($\mu\text{mol g}^{-1}$) nas folhas (A) e raiz (B) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação. ..	40
Figura 19. Concentração de prolina nas folhas ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	40
Figura 20. Concentração de prolina na raiz ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	41

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1. Germinação em substrato de terra, fibra de coco e torta de filtro e processo de aclimatação.	54
Imagem 2. Organização dos vasos em casa de vegetação	54
Imagem 3. Crescimento de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. Catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	55
Imagem 4. Pigmentação em folhas de <i>T. Catappa</i> submetida ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação (02/03/2023).....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo coletado em área de Restinga no município de Marechal Deodoro/Al.....	19
Tabela 2. Comprimento final da raiz (cm) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação	56
Tabela 3. Crescimento do caule (cm) em <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação	56
Tabela 4. Variação do número de folhas, em porcentagem, de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	56
Tabela 5. Razão de folhas cloróticas e/ou necróticas de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	56
Tabela 6. Área foliar em cm ² de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	57
Tabela 7. Área foliar específica em cm ² g ⁻¹ de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	57
Tabela 8. Alocação de biomassa nas folhas (ABF), em porcentagem, de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	57
Tabela 9. Alocação de biomassa no caule (ABC), em porcentagem, de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	58
Tabela 10. Alocação de biomassa na raiz (ABR), em porcentagem, de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	58
Tabela 11. Relação raiz:parte aérea de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	58
Tabela 12. Teor relativo de água (TRA), em porcentagem, de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	59
Tabela 13. Taxa de extravasamento de eletrólitos, em porcentagem, de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	59
Tabela 14. Índice SPAD de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	59
Tabela 15. Clorofila <i>a</i> (mg. g ⁻¹ MF) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	59
Tabela 16. Clorofila <i>b</i> (mg. g ⁻¹ MF) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	60

Tabela 17. Clorofila total (mg. g ⁻¹ MF) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	60
Tabela 18. Relação clorofila <i>a/b</i> (mg. g ⁻¹ MF) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	60
Tabela 19. Carotenoides (mg. g ⁻¹ MF) de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.	61
Tabela 20. Concentração de açúcares solúveis (μmol g ⁻¹) nas folhas de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	61
Tabela 21. Concentração de açúcares solúveis (μmol g ⁻¹) na raiz de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	61
Tabela 22. Concentração de proteínas (μg g ⁻¹) nas folhas de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	62
Tabela 23. Concentração de proteínas (μg g ⁻¹) na raiz de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	62
Tabela 24. Concentração de aminoácidos (μg g ⁻¹) nas folhas de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	62
Tabela 25. Concentração de aminoácidos (μg g ⁻¹) na raiz de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	63
Tabela 26. Concentração de prolina (μg g ⁻¹) nas folhas de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	63
Tabela 27. Concentração de prolina (μg g ⁻¹) na raiz de <i>S. terebinthifolius</i> e <i>T. catappa</i> submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.....	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral	13
2.2. Específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Características da Restinga	14
3.2. <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi e <i>Terminalia catappa</i> L.	15
3.3. Consequências e estratégias em plantas submetidas a condição de alagamento	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Avaliação de crescimento	20
4.2. Teor relativo de água (TRA).....	21
4.3. Taxa de extravasamento de eletrólitos	21
4.4. Teores de clorofila	21
4.5. Extração e quantificação de osmólitos compatíveis	22
4.5.1. Açúcares Solúveis totais.....	22
4.5.2. Proteínas	23
4.5.3. Aminoácidos totais e Prolina.....	23
4.6. Análises estatísticas	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6. CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A – Imagens do Experimento	54
APÊNDICE B – Tabelas de dados	56

1. INTRODUÇÃO

Caracterizado pelo excesso de água, o alagamento é um estresse abiótico que pode trazer prejuízos ao desempenho e sobrevivência de uma espécie vegetal (NISHIUCHI *et al*, 2012). Na condição de saturação hídrica ocorre limitação da difusão de oxigênio no solo, causando hipoxia, deficiência de O₂, e posterior anoxia, caracterizada pela ausência de O₂, que é resultado da redução, em aproximadamente 320.000 vezes, do fluxo de O₂ nos poros do solo cheios de água quando comparados aos cheios de ar, pela menor taxa de difusão (ARMSTRONG, DREW, 2002; COLMER, FLORES, 2008, KAUR *et al*, 2020).

O estresse por alagamento resulta em efeitos no crescimento e desenvolvimento das plantas e tem sido associado a respostas adversas em escala morfológica, fisiológica e anatômica (JIA *et al*, 2021). Entre elas, observa-se elevação dos teores de etileno e, conseqüentemente, redução no crescimento, senescência e abscisão foliar, aumento da espessura da base caulinar e formação de raízes adventícias, além das reduções em condutância estomática, teor de clorofila, teor de nitrogênio e índice de estabilidade da membrana (HUANG *et al*, 1994; SAIRAM *et al*, 2009; COLLI; PURGATTO, 2019).

O estudo de espécies arbóreas submetidas a esse estresse é fundamental para compreensão de seus aspectos fisiológicos e para a conservação das espécies em possíveis mudanças ambientais (BELO *et al*, 2016). Deste modo, ao considerar biomas prioritários para a conservação, a Mata Atlântica destaca-se pela proporção de espécies da fauna e flora ameaçadas, sendo 600 espécies da fauna e 1.389 espécies da flora, em relação ao total de espécies avaliadas no bioma em 2014 (IBGE, 2020).

Na planície costeira, como integrante desse bioma, encontram-se formações vegetais estabelecidas em solo arenoso definidas pela ecologia vegetal como Restinga, que se apresentam de forma heterogênea por diversos fatores, como a distância do mar, características topográficas, granulometria de sedimentos, entre outros (MARTINI *et al*, 2014). Ressalta-se que, as restingas e manguezais, como ecossistemas associados à Mata Atlântica, são indicados como prioritários para conservação de acordo com o artigo 3º da Lei nº. 7.661/88 (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro).

Ainda assim, o domínio Mata Atlântica, que concentra grande riqueza e endemismo, é, atualmente, alvo de forte pressão antrópica, e as comunidades vegetais em sua periferia, como a Restinga, enfrentam adversidades, como alterações de temperatura, inundações e secas, ventos constantes, salinidade elevada e falta de nutrientes (IBGE, 2020; SCARANO, 2002). As mudanças climáticas têm acentuado esses impactos pelo aumento das temperaturas oceânicas e alteração das marés, resultando em mudanças na frequência de oscilações e inundações (LEE;

MING; ZHANG, 2017). Além da inundação, o aumento do nível do mar pode trazer consequências ao equilíbrio energético da região costeira, causando variações no processo sedimentar (CASTRO *et al*, 2010).

Nas comunidades vegetais marginais da Mata Atlântica poucas espécies são consideradas plantas pioneiras, ou seja, facilitadoras para as demais, o que reflete uma fragilidade maior da comunidade (SCARANO, 2002). Por outro lado, segundo Fabricante *et al* (2021), quarenta e duas espécies exóticas foram encontradas em sítios de Restinga do nordeste, entre elas algumas espécies invasoras e outras naturalizadas, capazes de causar efeitos negativos na biota nativa.

Ao considerar os impactos do efeito isolado da inundação, essas mudanças podem afetar espécies como *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Terminalia catappa* L., que possuem densas populações entre as demais espécies presentes em Alagoas (IMA, 2015). A primeira é uma planta nativa, pertencente à família Anacardiaceae, que se destaca pela importância alimentícia e medicinal (FALCÃO *et al*, 2015), enquanto a última é uma espécie exótica com potencial invasor, sendo uma das mais frequentes na restinga nordestina (FABRICANTE *et al*, 2021; SANTOS, FABRICANTE, 2018).

Mudanças nas condições ambientais podem desfavorecer tanto espécies nativas quanto exóticas, porém podem resultar em um impacto diferente entre elas, trazendo vantagem a uma, de acordo com sua tolerância e suas relações com o ambiente e as demais espécies (QIU *et al*, 2020). Ademais, considerando a importância e fragilidade da Restinga, e a presença de espécies exóticas nesta formação, pretende-se responder às seguintes questões: Existe diferença no impacto do alagamento sobre o crescimento das espécies, uma nativa e outra exótica, da Restinga? Qual espécie apresentará maiores alterações bioquímicas ao alagamento do sistema radicular? Dessa forma, é relevante a compreensão dos efeitos do alagamento em espécies presentes nessas formações vegetais, sendo o objetivo do presente trabalho avaliar as consequências da saturação hídrica no crescimento e acúmulo de osmólitos de espécies arbóreas da Restinga.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar o crescimento inicial e acumulação de osmólitos em duas espécies arbóreas de restinga, *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Terminalia catappa* L., submetidas ao alagamento do solo.

2.2. Específicos

- Verificar o efeito do alagamento do sistema radicular sobre o crescimento inicial de duas espécies da Restinga
- Analisar o impacto do alagamento do sistema radicular sobre o acúmulo de solutos compatíveis e os pigmentos fotossintéticos

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Características da Restinga

Em ecologia, a Restinga é denominada como conjuntos de comunidades sob depósitos arenosos costeiros, independente da origem destes, que são formações recentes e instáveis da região litorânea, abrigando uma composição florística variada (CERQUEIRA, 2000). A vegetação de Restinga tem fisionomias distintas, e é dependente das características do substrato, predominantemente arenoso, quartzoso e oligotrófico, resultando em ambientes com condições adversas para o desenvolvimento das plantas (SOUZA *et al*, 2008; GOMES *et al*, 2022).

Devido a essa diversidade de fisionomias, a vegetação de Restinga pode ser dividida por suas características, como exposto por Falkenberg (1999) e na Resolução 417/2009 do CONAMA:

- I. Vegetação herbácea e subarbustiva de Restinga: o estrato herbáceo recobre o solo, podendo apresentar arbustos e formação de moitas. É subdividida, em função do tipo de ambiente físico que ocupa, em vegetação de praias e dunas frontais, vegetação de dunas internas e planícies, e vegetação de lagunas, banhados e baixadas. São exemplos de espécies encontradas *Ipomoea pes-caprae* (L.) R.Br., *Canavalia rosea* (Sw.) DC., *Panicum racemosum* (P.Beauv.) Spreng., *Paspalum vaginatum* Sw., entre outras.
- II. Vegetação arbustiva de Restinga: com plantas de ramos retorcidos, caules lenhosos, atingindo até três metros de altura, em formação de aglomerados intercalados de espaços com pouca vegetação. Podem ser encontradas as espécies *Eugenia uniflora* L., *Senna pendula* (Humb.& Bonpl.ex Willd.) H.S.Irwin & Barneby, *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Bromelia antiacantha* Bertol.
- III. Vegetação arbórea ou Mata de Restinga: com estratificação evidente e árvores com até seis metros em áreas de média regeneração, e altura superior em áreas de estágio avançado de regeneração. São elementos da flora deste grupo as espécies *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, *Coussapoa microcarpa* (Schott) Rizzini, *Handroanthus umbellatus* (Sond.) Mattos, *Annona glabra* L., entre outros.

Apesar da caracterização das diferentes fisionomias, as formações não se apresentam necessariamente em um gradiente linear dependente da distância do mar, e sim na forma de mosaico, apresentando diferenças entre os agrupamentos, podendo apresentar áreas entrecordões que são inundáveis, e sofrendo influência de lagoas, desembocaduras de rios e córregos, que promovem modificações na dinâmica do ambiente costeiro ao longo do tempo (MARTINI *et al*, 2014).

Em Alagoas, trabalhos que retratam a Restinga são escassos. Medeiros *et al* (2010) expõe que as áreas de Restinga do Estado estão descaracterizadas, e, considerando o litoral sul, as espécies representantes são, em sua maioria, espécies halófitas e psamófilas-reptantes. Em seu trabalho, os autores caracterizaram a vegetação arbustivo-arbórea da Restinga de Marechal Deodoro, resultando em um levantamento de vinte e nove famílias presentes na região, sendo as famílias com maior riqueza Myrtaceae, Fabaceae, Anacardiaceae, Sapotaceae, Chrysobalanaceae, Clusiaceae, Malpighiaceae, Rutaceae e Sapindaceae.

Nos Planos de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Santa Rita (2015), que abrange os municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Coqueiro Seco, e da APA da Marituba do Peixe, que abrange parte dos municípios de Feliz Deserto, Piaçabuçu e Penedo, observa-se que na restinga alagoana ocorre a presença de plantas nativas e exóticas de importância comercial e medicinal, como cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), jenipapo (*Genipa americana* L.), jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) e aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Além destas, é importante citar as espécies *Cocos nucifera* L. e *Terminalia catappa* L. que são plantas comumente encontradas nas áreas litorâneas (EMBRAPA, 2011; SANTOS *et al*, 2013).

3.2. *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Terminalia catappa* L.

A espécie *S. terebinthifolius* Raddi, conhecida como aroeira da praia em Alagoas, pertence à família Anacardiaceae, e tem importância alimentícia e medicinal, sendo conhecida na medicina popular por suas diversas recomendações, e por possuir princípios ativos para produção de diversos fármacos (FALCÃO *et al*, 2015). É uma planta de porte variado, com altura variando de dois a dez metros, e distribuição em diversos estados brasileiros, além da ocorrência natural nos países Argentina, Uruguai e Paraguai (EMBRAPA, 2003).

O seu fruto, comercializado como pimenta rosa, tem valor medicinal, cosmético e culinário, ocorrendo o extrativismo deste, inclusive nos municípios do Baixo São Francisco SE/AL, para atender a demanda de indústrias que exportam o fruto para países da Europa, Ásia e para os Estados Unidos (JESUS, GOMES, 2012; PÍCCOLO *et al*, 2018, RUAS, VENTURA, DIAS, 2020). Ao analisar os compostos presentes na pimenta rosa, Píccolo *et al* (2018), confirmou a presença de fenóis, taninos, flavonoides e saponinas, associados a atividade antiinflamatória e cicatrizante.

Ademais, pesquisas sobre a espécie avaliaram positivamente seus potenciais para utilização terapêutica, produção de biomateriais e bioinseticidas, sendo os extratos das folhas,

cascas do caule e óleo essencial dos frutos associados às funções antifúngica, antibacteriana, anticancerígena, antiparasitária e antioxidante, além de atuar contra as larvas de mosquitos (MAIA *et al*, 2021; PEREIRA *et al*, 2021). Essas pesquisas corroboram com as indicações na medicina popular, que citam o uso no tratamento de diarreias, gastrites, dispepsias, afecções respiratórias, e tratamento de lesões, como levantado nas pesquisas de Falcão *et al* (2015).

A espécie *T. catappa* L. pertence à família Combretaceae e tem origem asiática, sendo conhecida popularmente como chapéu-de-sol, sete-copas, castanheira, castanhola ou amendoeira da praia (THOMSON, EVANS, 2006; SANCHES, MAGRO, SILVA, 2007). A espécie é encontrada tanto na costa brasileira, quando em regiões mais interiores, sendo considerada tolerante aos ventos e solos salinos, e, por isso, comumente usada na arborização da orla litorânea de muitas cidades (THOMSON, EVANS, 2006; PLUCÊNIO, DECHOUM, CASTELLANI, 2013; PINTO-COELHO, 2021).

Segundo Fabricante *et al* (2021) *T. catappa* é uma das espécies mais frequentes na restinga nordestina, com ocorrência em todas as áreas avaliadas na pesquisa. Como uma espécie exótica invasora, pode causar impactos na composição do ambiente em que está inserida, afetando a riqueza e abundância de espécies (SANTOS, FABRICANTE, 2018). Além da ornamentação, é conhecida pelo potencial medicinal, com efeitos antibacteriano, antifúngico, antiparasitário, antinociceptiva, hipoglicêmico, antioxidantes, anticancerígena e anti-inflamatório, conforme Chole e Ravi (2020) e Ogunmoye *et al* (2020).

3.3. Consequências e estratégias em plantas submetidas a condição de alagamento

A água, como componente do ambiente e fator abiótico, desempenha um papel fundamental na interação e desenvolvimento das plantas com o ambiente, porém as condições de alagamento (saturação do solo) e submersão (parcial ou completamente coberta), são prejudiciais aos processos fisiológicos das plantas, podendo ser letal (NISHIUCHI *et al* 2012; FUKAO *et al*, 2019).

O solo inundado restringe as trocas gasosas, o que resulta em alterações nos níveis de O₂ e CO₂ nos tecidos vegetais, além da elevação dos níveis de etileno, espécies reativas de nitrogênio e de oxigênio (VOESENEK, BAILEY-SERRES, 2015; SASIDHARAN *et al*, 2018). Nas raízes, o etileno acumulado pela lenta difusão para o exterior pode induzir em algumas espécies a restrição do alongamento das mesmas, mas também está relacionado a formação de raízes adventícias e a formação de aerênquima (VISSER, PIERIK, 2007).

São observados efeitos adversos no crescimento e produtividade da parte aérea na maioria das plantas não tolerantes, como a redução e inibição do crescimento, aumento do diâmetro do caule, senescência e abscisão foliar (HATORRI, NAGAI, ASHIKARI, 2011; NISHIUCHI *et al* 2012; COLLI; PURGATTO, 2019). Conseqüentemente, também pode ocorrer a redução da biomassa total, e a razão entre a biomassa da raiz e parte aérea, como observado por Baruch (1994) e Chen, Zamorano e Ivanoff (2010).

A redução na condutância estomática, aumento do fechamento estomático, redução da absorção de CO₂ e, conseqüentemente, redução da taxa fotossintética também foram observados em algumas plantas submetidas a esse tipo de estresse (KOZLOWSKI, 1997; LI *et al*, 2010; MEDRI *et al*, 2012; OLIVEIRA, GUALTIERI, 2017). Os pigmentos fotossintéticos, fundamentais para eficiência fotossintética, apresentam alterações como a redução dos teores de clorofila em plantas sensíveis ao alagamento, quando comparado a plantas tolerantes a esse estresse (AMRI, OUNI, SALEM, 2014; ZHANG *et al*, 2022; PAIS *et al*, 2023).

As estratégias de sobrevivência, de modo geral, consistem em aumentar a eficiência das trocas gasosas através de modificações anatômicas e morfológicas, e, quando não for possível induzir essas modificações ou essas estruturas não forem suficientes, otimizar os processos metabólicos para lidar com a restrição das trocas gasosas (MUSTROPH, 2018).

Como uma das respostas associadas à hipóxia por saturação hídrica, a formação do aerênquima nas raízes, tecido vegetal contendo espaços gasosos, facilita a movimentação do O₂ entre a parte aérea e o sistema radicular deficiente em O₂, porém a formação desse tecido é interrompida quando se consolida a condição de anoxia (EVANS, 2003). Outra característica que se destaca como estratégia de tolerância ao estresse é a formação de lenticelas hipertrofiadas no caule, que, acima do nível da água, facilitam a entrada de O₂ no aerênquima, aumentando a disponibilidade nas raízes (SHIMAMURA *et al*, 2010).

A indução do fechamento estomático, responsável por reduzir a perda de água pelas folhas, está ligada ao aumento do potencial hídrico foliar e a transpiração mais lenta, e com desenvolvimento de raízes adventícias, ocorre indução da abertura estomática (ELSE *et al*, 2008). A formação de raízes adventícias, que também podem emergir da porção submersa do caule, é outra adaptação que está relacionada ao desempenho das plantas em condições de alagamento (STEFFENS, RASMUSSEN, 2016; YAMAUCHI *et al*, 2017).

Raízes adventícias aquáticas podem contribuir com o crescimento e acúmulo de biomassa, além de auxiliar na absorção de nutrientes e água a longo prazo, estando associadas a períodos de alagamento prolongados (ZHANG *et al*, 2017). Algumas espécies tolerantes

desenvolvem ainda uma barreira apoplástica nas raízes para reduzir a perda de O₂ do aerênquima (WATANABE *et al*, 2013).

Quanto às adaptações metabólicas, em situações de baixa disponibilidade de O₂ ocorre aumento das taxas de fermentação, com aumento na atividade das enzimas álcool desidrogenase (ADH) e piruvato descarboxilase (PDC) (FANTE *et al*, 2010). Essa estratégia resulta em lactato, que é produzido a partir da redução do piruvato pela enzima lactato desidrogenase, e em etanol, onde o piruvato descarboxilado a acetaldeído é metabolizado a etanol, porém a via anaeróbica produz apenas dois ATP por molécula de glicose, um resultado bem menor quando comparado à respiração aeróbica (MAGNESCHI, PERATA, 2009).

Apesar das duas vias serem importantes para reduzir temporariamente a pressão pelo déficit energético, o acúmulo de substâncias tóxicas como resultado também trará danos à planta (PAN *et al*, 2020). A taxa de fermentação depende do suprimento de açúcares solúveis, então é frequente a associação do aumento da concentração de açúcares à tolerância ao estresse por saturação hídrica (LIAO, LIN, 2001; HENRIQUE *et al*, 2010; SILVEIRA *et al*, 2015).

Considerando o estresse oxidativo provocado pelo acúmulo de ROS, as defesas incluem antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, como ascorbato peroxidase, glutathione redutase, peroxidase, ascorbato e carotenoides (HASANUZZAMAN *et al*, 2017). O acúmulo de osmólitos também é considerado uma resposta ao estresse oxidativo e osmótico, reduzindo o efeito dos mesmos na estrutura da membrana, destacando-se os carboidratos, aminoácidos livres e derivados, poliaminas, aminas livres (GHOSH *et al*, 2021). Outro osmólito acumulado é a prolina, sintetizada a partir do ácido glutâmico e da ornitina, que está relacionada a proteção de proteínas e aumento de atividades enzimáticas (WANG *et al*, 2014; SUPRASANNA, NIKALJE, RAI, 2016).

Muitas pesquisas têm sido realizadas sobre a importância dos osmoprotetores contra os estresses abióticos, que incluem a seca, salinidade, alagamento, submersão, buscando a compreensão desses mecanismos. Como resultado, novas tecnologias têm surgido como estratégias para melhorar o desenvolvimento e produção de plantas, como a introdução de genes osmoprotetores em plantas cultivadas, auxiliando também a compreensão da atuação destes diante das diferentes condições ambientais (ZULFIQAR, AKRAM, ASHRAF, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizado no município de Rio Largo/AL (9°46'S, 35°82'W) no período de 12 de julho de 2022 a 02 de março de 2023. Sementes das espécies *S. terebinthifolius* (E1) e *T. catappa* (E2), coletadas em área de restinga do município de Marechal Deodoro, foram colocadas para germinar à meia sombra em substrato composto por terra, fibra de coco e torta de filtro na proporção 2:2:1, até atingirem desenvolvimento adequado para o transplântio, após dois meses.

As plantas passaram por período de aclimação em sol pleno por dois meses sendo realizados o controle de insetos e doenças. Após aclimação, foram organizadas na casa de vegetação, sendo selecionadas dezesseis mudas de cada espécie, considerando a uniformidade em suas características e melhor desenvolvimento para o transplântio para vasos com capacidade de 4,9 litros de capacidade, contendo solo peneirado coletado em área de restinga em Marechal Deodoro (9°47'19.1"S 35°51'25.7"W).

A caracterização química do solo foi realizada pelo Laboratório de Solo, Água e Planta do CECA, apresentando os dados de fertilidade (Tabela 1). Para reduzir a alteração das características do solo, após o transplântio para os vasos, a irrigação foi feita com água destilada em capacidade de vaso (CAMPOS *et al*, 2015).

Tabela 1. Caracterização química do solo coletado em área de Restinga no município de Marechal Deodoro/Al

Local	Características químicas solo								
	pH	MO	V	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al
	H ₂ O	g/kg	(%)	-----mg/dm ³ -----			-----cmol/cdm ³ -----		
Marechal Deodoro/Al	4,8	0,71	32,31	4,0	8,0	13,0	0,79	0,69	2,8

Fonte: Elaborado pela autora

Após a aclimação, iniciou-se o período experimental, cerca de sete meses após a germinação das sementes. No intervalo de 14 de fevereiro de 2023 a 02 de março de 2023, totalizando dezesseis dias, as plantas controle foram irrigadas durante aclimação na casa de vegetação com água destilada, e o alagamento foi simulado acomodando os vasos em outros de 8 litros não perfurados, contendo água destilada até dois centímetros acima do substrato. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com dois tratamentos, controle (T1) e

alagado (T2), e oito repetições em cada tratamento para E1 e E2, dispostas em oito blocos (APÊNDICE A). Ao final do experimento, as análises descritas abaixo foram realizadas.

4.1. Avaliação de crescimento

O comprimento do caule, considerando a distância entre o colo e o ponto de inserção das folhas mais novas e a contagem de folhas foram mensurados no início e no final do período experimental. A razão de folhas cloróticas e/ou necróticas foi determinada apenas no final, considerando o número de folhas que apresentaram alguma alteração e o total de folhas no dia da coleta (ZHENG, SHABALA, ZHOU, SHABALA, 2013).

Para avaliação de crescimento também foi considerada a área foliar total (cm²), utilizando o medidor de área foliar *Biosciences square centimeters* (LI-300 LI-COR), e a área foliar específica (AFE), razão entre área foliar e massa seca das folhas, determinada em amostra de quinze discos de 0,28 cm de diâmetro por repetição, pesada após secagem em estufa à 70° C por 24h, aplicando-se a equação (MATOS *et al*, 2011):

$$AFE = n \frac{AF}{MF}$$

Onde:

n= número de discos

AF= área do disco foliar (cm²)

MS= massa seca dos discos (g)

Após separação das folhas, caule e raiz, o material foi colocado em sacos de papel para secagem em estufa à 70° C para obtenção da biomassa seca de folhas (BSF), caule (BSC) e raiz (BSR) e biomassa total (BST) em balança analítica, sendo aplicada a fórmula de Benincasa (2003) para calcular alocação de biomassa:

$$ABF = BSF/BST$$

$$ABC = BSC/BST$$

$$ABR = BSR/BST$$

$$R/Pa = BSR/(BSF+BSC)$$

Onde,

ABF= alocação de biomassa seca das folhas

ABC= alocação de biomassa seca do caule

ABR= alocação de biomassa seca da raiz

R/Pa= relação raiz:parte aérea

4.2. Teor relativo de água (TRA)

Após coleta de amostra, foram separados e pesados seis discos foliares com aproximadamente 8 mm de diâmetro em balança analítica para obtenção do peso fresco (Pf), peso túrgido (Pt) e peso seco (Ps) em gramas, e aplicação em fórmula proposta por Távora, Ferreira e Hernandez (2001), expressa em porcentagem:

$$\text{TRA} = [(Pf - Ps) / (Pt - Ps)] \times 100$$

4.3. Taxa de extravasamento de eletrólitos

Aplicando a metodologia proposta por Bajji, Kinet e Lutts (2002), dez discos foliares foram colocados em tubos de ensaio contendo 10 mL de água, destilada e deionizada, à temperatura ambiente por 24h. Foi determinada a condutividade elétrica inicial (CEi) e, após banho maria à 100 °C por uma hora, a condutividade elétrica final (CEf), aplicando-se a fórmula para obtenção da taxa em porcentagem:

$$\text{Taxa de extravasamento} = (CEi / CEf) \times 100$$

4.4. Teores de clorofila

Foi utilizado medidor de clorofila SPAD-502 (Minolta, Japan) para determinação indireta de clorofila, pela intensidade do verde, através da média de cinco medições aleatórias nas folhas totalmente expandidas em porção superior do caule, que foram posteriormente coletadas para as análises bioquímicas.

A partir da metodologia de Hendry e Price (1993), foram determinados os teores de pigmentos fotossintetizantes após imersão de amostras previamente pesadas em 5 ml de acetona 80%. Os tubos de ensaio foram protegidos da luz com papel alumínio e ficaram 48 horas sob refrigeração. A leitura foi realizada em espectrofotômetro, nas faixas de 480, 645, 663 e 710 nm. Os resultados da leitura foram aplicados nas fórmulas abaixo para determinação dos teores de clorofila *a*, *b*, totais e carotenoides.

$$\text{Clorofila } a = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times \text{VMF}$$

$$\text{Clorofila } b = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{643}) \times \text{VMF}$$

$$\text{Clorofila total} = (8,02 \times A_{663} - 20,0 \times A_{645}) \times \text{VMF}$$

$$\text{Carotenoides} = A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{645} \times V \times 103112,5 \times \text{MF}$$

Onde:

A480, A645 e A663= absorvâncias nas faixas 480, 645 e 663 respectivamente

V = volume de solvente orgânico

MF = peso da matéria fresca

4.5. Extração e quantificação de osmólitos compatíveis

A extração foi realizada adicionando 10mL de solução de metanol:clorofórmio:água 12:5:3 (MCA 12:5:3) em 100 mg de amostras de folhas liofilizadas e maceradas, como proposto por Justino e Sodek (2013). Após repouso de 24h sob refrigeração, os tubos foram centrifugados por 9 minutos a 4.000 rpm. O precipitado foi separado para extração de proteínas, sendo adicionada 10 mL de solução de NaOH 0,1 N, e reservado novamente sob refrigeração.

Para cada 4 mL de sobrenadante foram adicionados 1 mL de clorofórmio e 1,5 mL de água deionizada para separação das fases, sendo centrifugado por 20 minutos, e transferida a fase menos densa para tubos de ensaio de vidro. Estes, foram levados ao banho maria à 38°C por cerca de 20h, para evaporação de resíduos de clorofórmio. O extrato resultante foi reservado sob refrigeração para quantificação de açúcares, aminoácidos e prolina. Após 24h, os tubos para extração de proteína foram centrifugados por 9 minutos a 4.000 rpm. O sobrenadante resultante da extração de proteínas foi coletado e reservado sob refrigeração para análise. As diluições dos extratos foram realizadas conforme intervalo dos valores de absorvância da curva padrão de cada análise.

4.5.1. Açúcares Solúveis totais

Determinado pelo método de Dubois *et al* (1956), que consiste na reação do ácido sulfúrico sobre os carboidratos. Foram adicionados 500 µL do extrato vegetal diluído, 500 µL de solução de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 490nm, e a concentração de carboidratos foi calculada pela equação de referência usando glicose anidra como padrão.

4.5.2. Proteínas

A concentração de proteínas foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Bradford (1976). Foram adicionados 400 μL extrato diluído e 2 mL solução contendo etanol 95%, ácido ortofosfórico 85%, água destilada e corante Coomassie Brilliant Blue G-250. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 595nm, utilizando-se o BSA (albumina sérica bovina) como padrão para determinação da equação de concentração.

4.5.3. Aminoácidos totais e Prolina

A determinação de aminoácidos foi feita pela metodologia de Yemm, Cocking e Ricketts (1955), que consiste na adição de 250 μL de tampão citrato 0,2M, 500 μL de KCN 0,2nM e 100 μL de ninhidrina 5% a 500 μL de extrato diluído. Após 20 minutos no banho maria à 100°C, a reação foi interrompida em banho de gelo, e foram adicionados 3650 μL de etanol 60% para fixar a cor desenvolvida. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 570nm, e a concentração calculada a partir da equação obtida pela curva padrão de glicina.

A prolina foi quantificada pelo método de Bates, Waldren e Teare (1973), sendo adicionado 1 mL de extrato diluído, 1 mL de ninhidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial. As amostras foram levadas ao banho maria por 1h à 100 °C, sendo a reação interrompida após esse tempo em banho de gelo. A extração do cromóforo foi feita com adição de 2 mL de tolueno, sendo realizada a leitura das absorvâncias em espectrofotômetro à 520nm. Os cálculos de concentração foram realizados tendo como referência a equação obtida pela curva padrão de prolina.

4.6. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com dois fatores e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os dados de taxa de extravasamento de eletrólitos, razão de folhas cloróticas e concentração de proteínas e açúcares nas folhas e raiz foram transformados em raiz (x) para as análises. Os dados de concentração de aminoácidos na folhas e concentração de prolina nas folhas e nas raízes foram transformados em log (x). Para concentração de prolina nas folhas e na raiz, como os dados não apresentaram distribuição normal, foi avaliada a normalidade dos resíduos. Ao observar que não há forte assimetria nos dados quando transformados em log (x), aplicou-se a ANOVA, considerando que a análise é

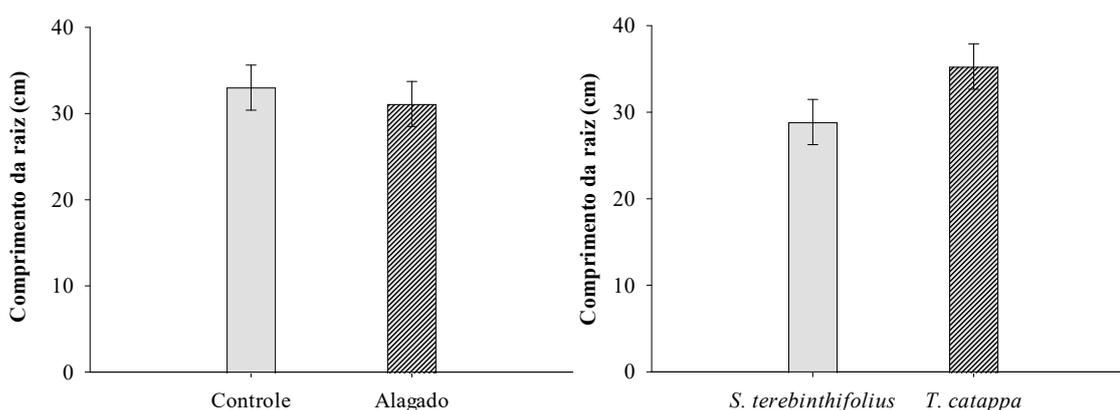
robusta em relação a violação do pressuposto da normalidade em dados com baixo desvio e que mantém certa simetria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação foi significativa entre as espécies e os tratamentos controle e alagado para variação do número de folhas, alocação de biomassa no caule (ABC), teor relativo de água (TRA), taxa de extravasamento de eletrólitos, teores de clorofila *a*, *b* e total, concentração de açúcares nas folhas e concentração de prolina nas folhas. Para as demais variáveis, o efeito dos fatores foi avaliado de forma isolada, sendo comparados os efeitos dos tratamentos controle e alagado independente das espécies (APÊNDICE B – Tabelas de dados). As figuras apresentadas foram elaboradas com os dados sem transformação.

Não foram observados inibição do crescimento da raiz (Figura 1) e aumento do diâmetro do caule (dados não mostrados) durante o período experimental. Algumas plantas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* desenvolveram lenticelas hipertrofiadas e o início da formação de raízes adventícias (dados não mostrados). Entretanto, o alagamento resultou em redução do crescimento das espécies, principalmente pelo menor investimento no alongamento do caule (Figura 2) e redução da quantidade de folhas (Figura 3), mesmo em um curto período de alagamento.

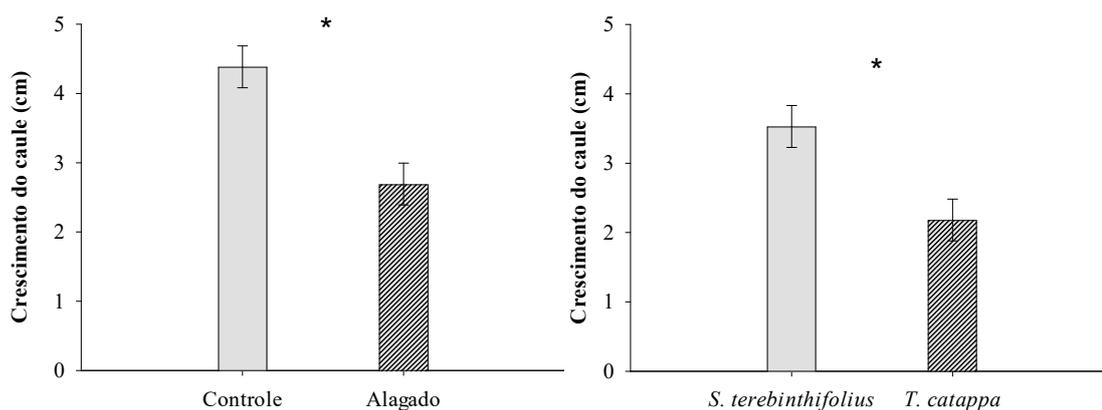
Figura 1. Comprimento final da raiz (cm) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Figura 2. Crescimento do caule (cm) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



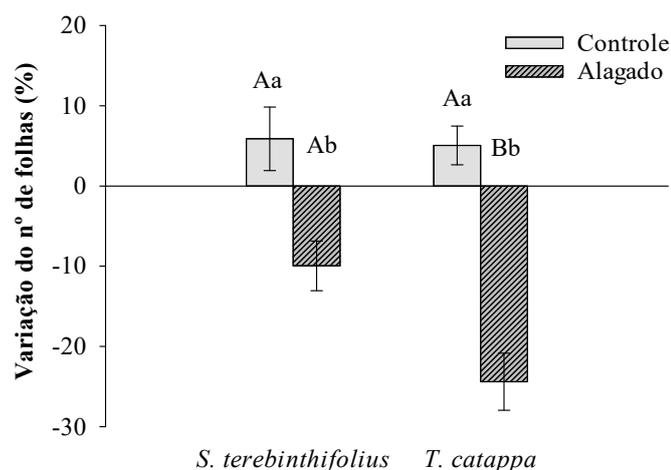
O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Essas consequências são semelhantes ao observado por Bender *et al* (2017), que, ao estudar os efeitos do alagamento por quinze dias em *Inga marginata*, relatou que em condições naturais de iluminação, as plantas em estresse apresentaram médias menores de altura quando comparadas ao controle, enquanto não houve diferença no comprimento da raiz. PAZ *et al* (2017) também observaram esses resultados para o comprimento e diâmetro do caule na espécie *Psidium guajava* L., considerada uma espécie de habitat inundado. A redução do alongamento do caule é uma das consequências da inibição do crescimento, que também envolve a senescência e a abscisão foliar (COLLI, PURGATTO, 2019), o que pode ser observado inclusive em plantas de habitats sazonalmente alagados. A redução do crescimento também pode estar relacionada ao baixo suprimento energético, como resultado do estresse.

Foi evidente a redução do número de folhas ao final do tratamento nos grupos submetidos ao alagamento (Figura 3). Para a *S. terebinthifolius* a redução média foi de 9,96%, enquanto *T. catappa* apresentou redução de 24,4% após o tratamento. Na condição controle as plantas continuaram se desenvolvendo, apresentando aumento, respectivamente, de 5,88% e 5,06% na quantidade de folhas no final do experimento.

Figura 3. Variação do número de folhas, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

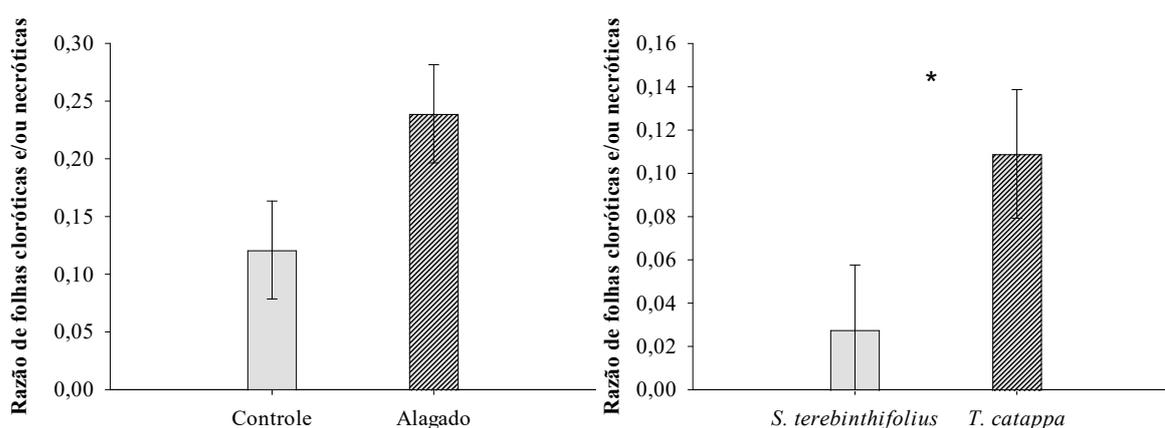


Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Em *T. catappa* o processo natural de mudança na pigmentação, com folhas ficando mais avermelhadas com o passar do tempo, foi visualmente mais intenso nas plantas estressadas (APÊNDICE A – Imagem 4). O alagamento provocou sintomas de clorose e necrose nas duas espécies, porém, como a contagem das folhas foi realizada apenas no final do experimento, as médias dos tratamentos, controle e alagado, não diferiram estatisticamente (Figura 4).

Figura 4. Razão de folhas cloróticas e/ou necróticas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

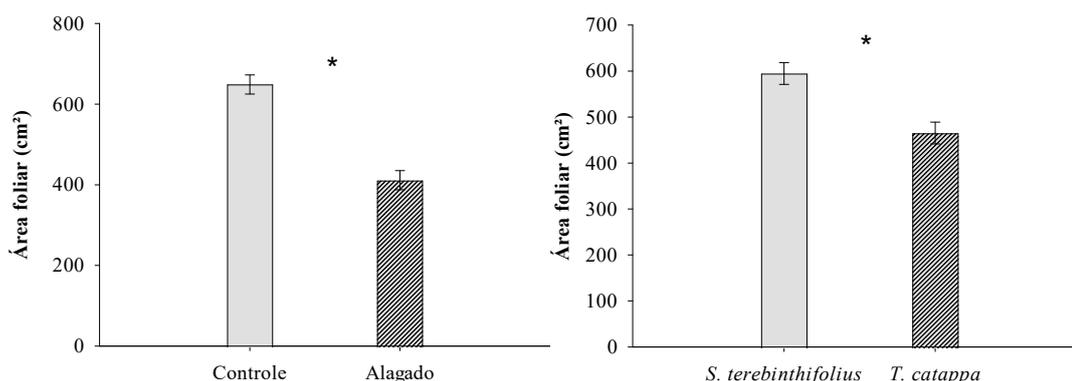
A clorose e a necrose são sintomas visíveis frequentemente associados aos estresses abióticos, como o alagamento e a salinidade (ZHENG *et al.*, 2013). Após dezesseis dias em

alagamento, *S. terebinthifolius* e *T. catappa* apresentaram poucas folhas cloróticas em relação às plantas controle, mesmo com o aumento de folhas avermelhadas em *T. catappa*, coloração associada às folhas mais antigas, não diferindo estatisticamente do tratamento controle. Hang e Yang (2005) observaram folhas amareladas em *Carica papaya* L. a partir do segundo dia de alagamento contínuo. Logo, as alterações podem ocorrer em um curto período de tempo, e mudanças durante o período experimental não foram contabilizadas em nosso experimento, de modo que os resultados para esta variável não refletem a ausência dos sintomas.

Assim, a proporção de folhas cloróticas e/ou necróticas no final do experimento também foi afetada pela perda de folhas, visto que a diferença entre o número final e inicial de folhas demonstra que houve reduções no número de folhas nas plantas das duas espécies quando submetidas ao alagamento. Considerando *T. catappa*, a perda de folhas resultou em um percentual significativo para a espécie neste experimento. Suas folhas maduras apresentam coloração verde e gradualmente ficam avermelhadas antes de caírem (THOMSON, EVANS, 2006), mas o processo foi intensificado durante o período de estresse. As reduções no número de folhas ao fim do tratamento nas duas espécies também indicam, indiretamente, que as plantas não desenvolveram muitas folhas novas, quando comparadas às plantas controle. Plantas tolerantes são capazes de permanecer com boa quantidade de suas folhas mesmo em condição de alagamento prolongado (ZANANDREA *et al*, 2009).

A redução no número de folhas e menor investimento da expansão foliar como resposta a condição de alagamento foliar também pode ser observada pela redução da área foliar, que foi, em média, 36,56% menor nas plantas alagadas (Figura 5). Nesse mesmo grupo, a área foliar específica (AFE) foi significativamente maior, o que indica uma concentração menor de massa por cm^2 quando comparado a plantas controle, sendo as médias para controle e alagado, respectivamente, $90,708 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ e $100,585 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (Figura 6).

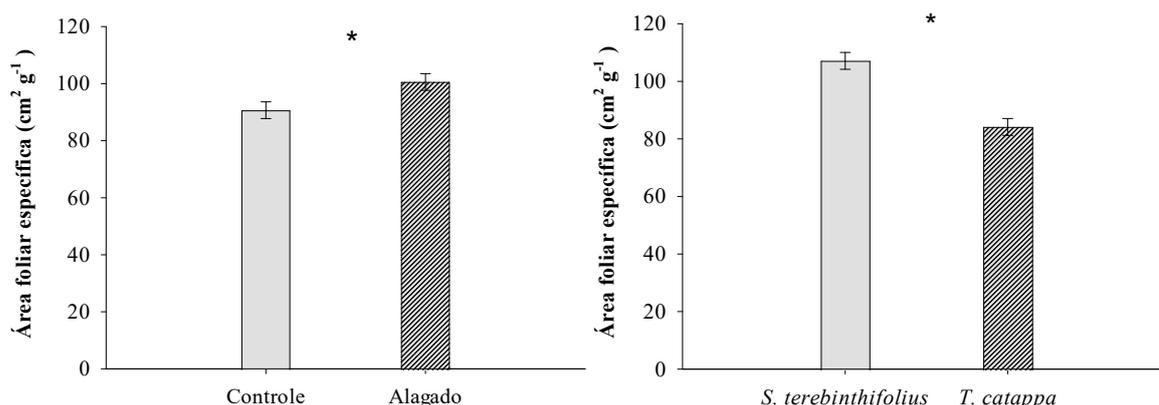
Figura 5. Área foliar (cm^2) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Figura 6. Área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

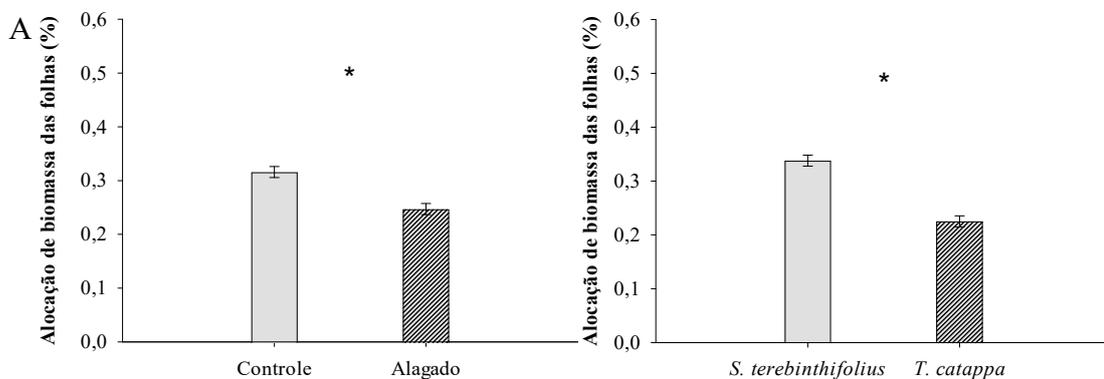
A porcentagem de redução do número de folhas reflete nos resultados de área foliar de forma inversamente proporcional, o que justifica a área média das plantas alagadas, neste trabalho, ser menor que as da condição controle. Além da redução da área foliar, foi observado aumento da área foliar específica nas plantas em condição de estresse, que está relacionado à menor concentração de massa por cm^2 na folha.

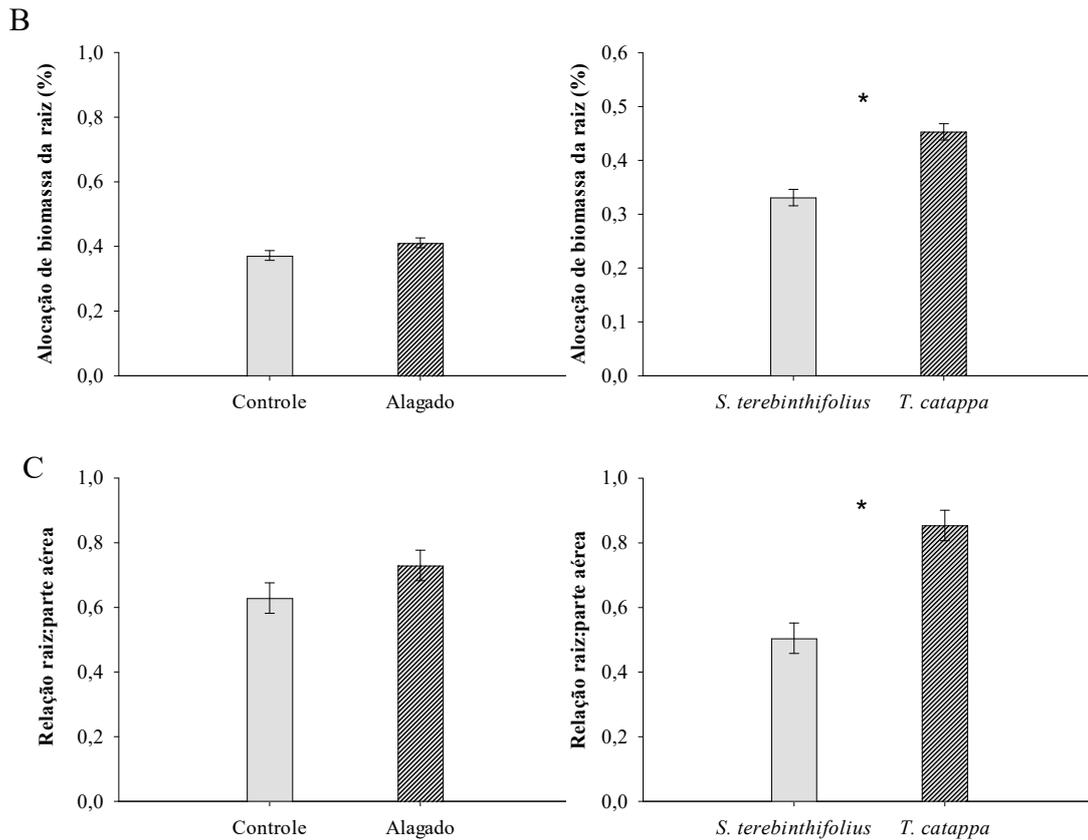
Reduções significativas na área foliar total foram relatadas por León-Burgos, Unigarro e López (2022) em *Coffea arabica* L. a partir de doze dias de experimento, correspondendo a uma redução de 44%, relacionada a abscisão foliar como consequência do alagamento, além do aumento em 7% da área foliar específica em apenas quatro dias de tratamento. Algumas pesquisas, como as conduzidas por Gonçalves *et al* (2012) e Rosa *et al* (2015), relatam a

redução da área foliar específica em situações de estresse, podendo ser relacionado ao espessamento da folha ou variações na densidade de massa foliar (GOBBI *et al*, 2011).

Esses dados do crescimento da parte aérea apoiam os resultados de alocação de biomassa, principalmente em relação a variação do número de folhas. A menor alocação de biomassa para folhas (Figura 7 - A) resulta da abscisão foliar como resposta ao alagamento. Não foram observadas alterações na alocação de biomassa nas raízes das duas espécies (Figura 7 - B), e alterações no caule como resposta ao alagamento para *S. terebinthifolius* (Figura 8). Porém, foi observado aumento em *T. catappa* quando comparado ao grupo controle da mesma espécie, sendo as médias em T1 e T2, nesta ordem, 28,6% e 35,9% (Figura 8). Segundo Vidal *et al* (2019), as reduções no crescimento, assim como alterações de alocação de biomassa, podem ser associadas ao déficit na absorção, transporte de nutrientes e taxa fotossintética. As médias da relação parte aérea e raiz (R/Pa) resultam de efeito da espécie apenas (Figura 7 - C).

Figura 7. Alocação de biomassa: ABF (A), ABR (B) e R/Pa (C), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

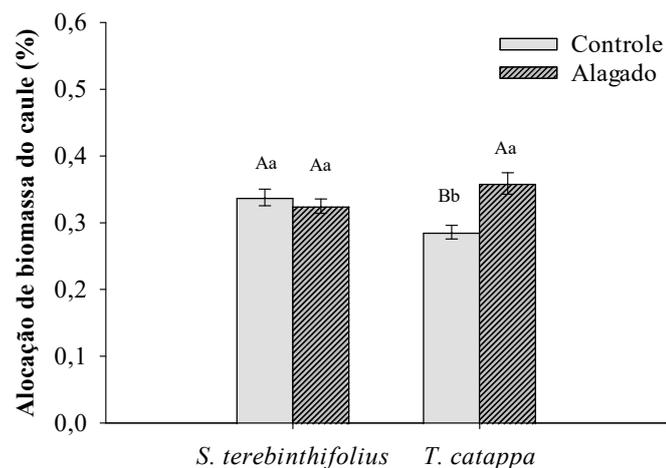




O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Figura 8. Alocação de biomassa do caule, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

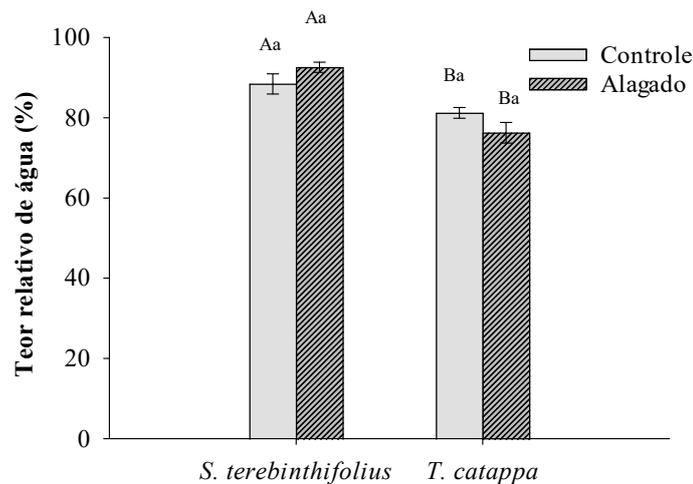
Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Em plantas, com significativas reduções no acúmulo de biomassa na raiz, podem haver prejuízos na recuperação após o período de alagamento, como observado por Cardona *et al* (2016). Neste estudo, não foi observado alterações no acúmulo de massa nas raízes das duas espécies como resposta ao alagamento, o que sugere que não houve perda de raízes no período avaliado. Evidencia-se que o desenvolvimento do sistema radicular é um fator importante na tolerância ao alagamento, podendo através da produção de novas raízes, associada ao aumento do acúmulo de biomassa (ABR), ser uma forma de aliviar eventuais danos (ZHU *et al*, 2018).

A presença de lenticelas hipertrofiadas e raízes adventícias são estratégias importantes durante o alagamento do solo, facilitando a oxigenação dos tecidos e absorção de água e nutrientes, como as raízes adventícias aquáticas (SHIMAMURA *et al*, 2010, STEFFENS, RASMUSSEN, 2016, ZHANG *et al*, 2017). A indução do crescimento radicular como resposta a inundação varia de acordo com o estágio da planta e a espécie (STEFFENS, RASMUSSEN, 2016) sendo associadas ao acúmulo de etileno (COLLI; PURGATTO, 2019). Contribuindo com a sobrevivência das raízes, a presença de aerênquima e a barreira à perda radial de O₂ permitem a maior difusão interna de oxigênio (ABIKO *et al*, 2012).

Para *S. terebinthifolius* e *T. catappa* não foram observadas alterações no teor relativo de água como resposta ao alagamento (Figura 9). O conteúdo de água nas folhas é um importante indicador de alagamento, pois a deficiência hídrica, provocada pela baixa absorção pelas raízes e consequente redução do teor de água na planta, pode prejudicar a biossíntese de clorofila e o conteúdo de nutrientes (YANG *et al*, 2021).

Figura 9. Teor relativo de água (TRA), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

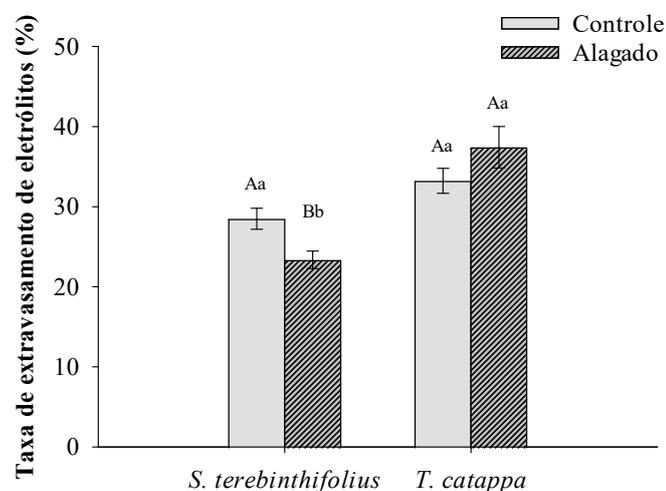


Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O alagamento também pode induzir danos na membrana celular pelo estresse oxidativo resultante do acúmulo de ROS, que pode causar danos às proteínas e peroxidação lipídica (FUJITA, HASANUZZAMAN, 2022). Esses danos também não foram verificados pelo método da taxa de extravasamento de eletrólitos como resposta ao estresse (Figura 10), pois o aumento da taxa de extravasamento de eletrólitos, observado apenas em *T. catappa*, não foi significativo.

Figura 10. Taxa de extravasamento de eletrólitos, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

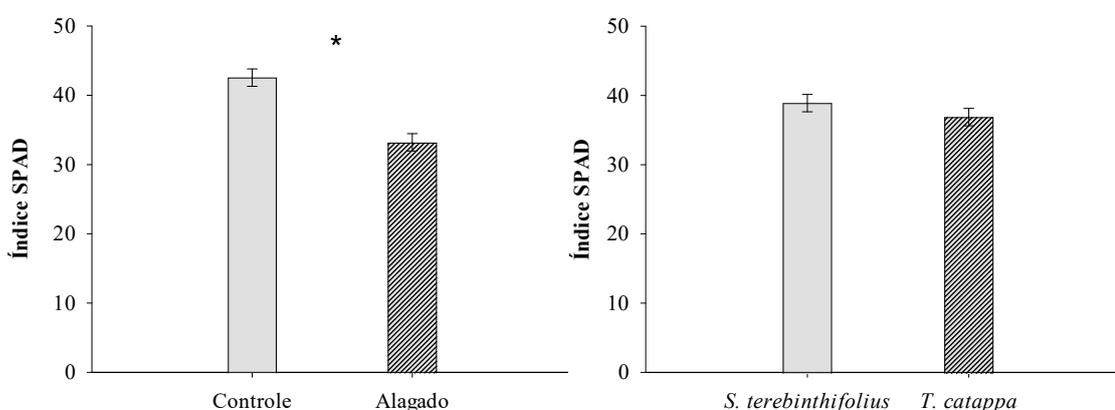


Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A leitura indireta de clorofila, por meio do clorofilômetro SPAD, demonstrou uma redução de 24,29% na concentração dos pigmentos nas folhas nas duas espécies alagadas (Figura 11). A espécie *T. catappa*, diferente de *S. terebinthifolius*, apresentou reduções no conteúdo de clorofila *a* e *b*, e, conseqüentemente, clorofila total (Figura 12 – A, B e C).

Figura 11. Índice SPAD de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

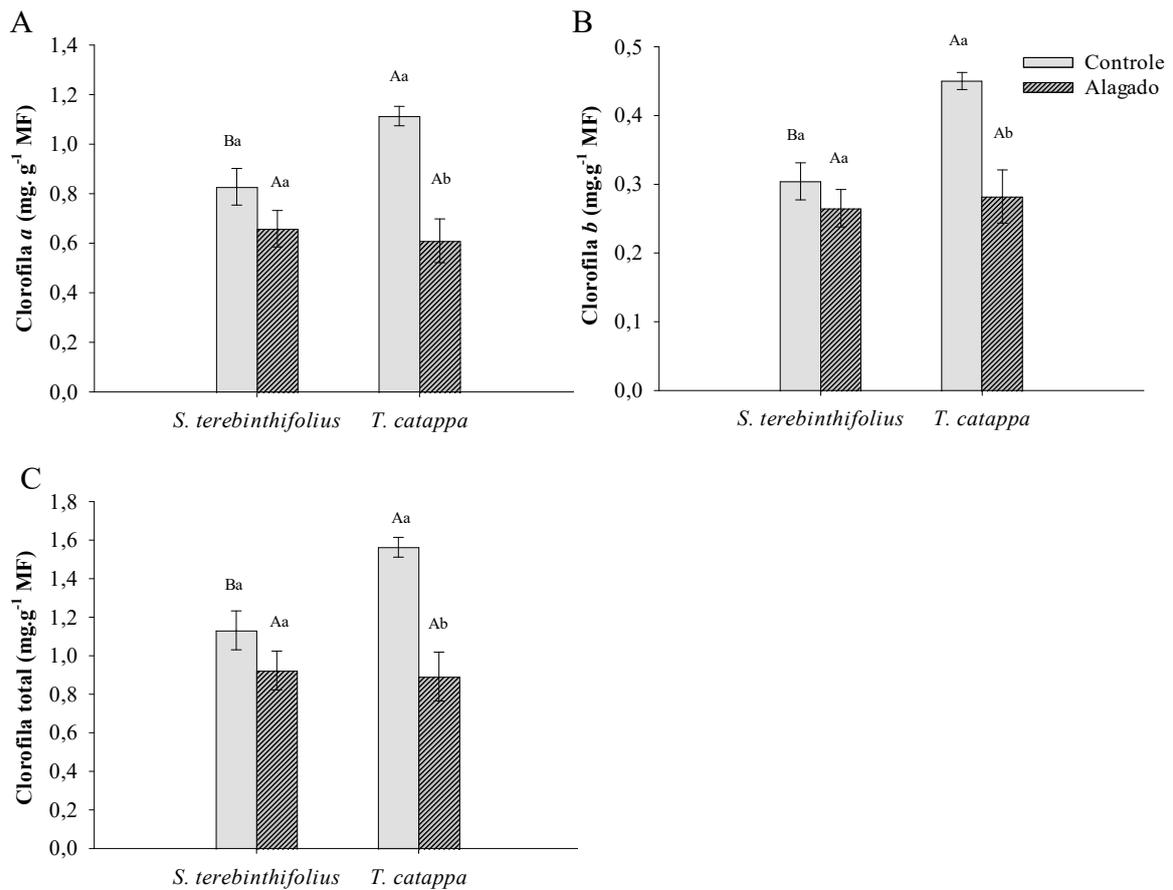


O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Foi observado que, inicialmente, a concentração de pigmentos em *T. catappa* era maior que em *S. terebinthifolius*, porém, como resultado do alagamento, a concentração de pigmentos caiu para valores semelhantes ao da última espécie. A redução da relação entre as clorofilas *a* e *b* está relacionada a perdas maiores do primeiro pigmento durante o período avaliado (Figura 13). Assim, observou-se que a espécie *T. catappa* L. foi mais sensível ao alagamento em relação aos pigmentos fotossintéticos *a* e *b*. As reduções nos teores de pigmentos fotossintéticos podem estar relacionadas a redução de absorção de nutrientes como consequência do alagamento.

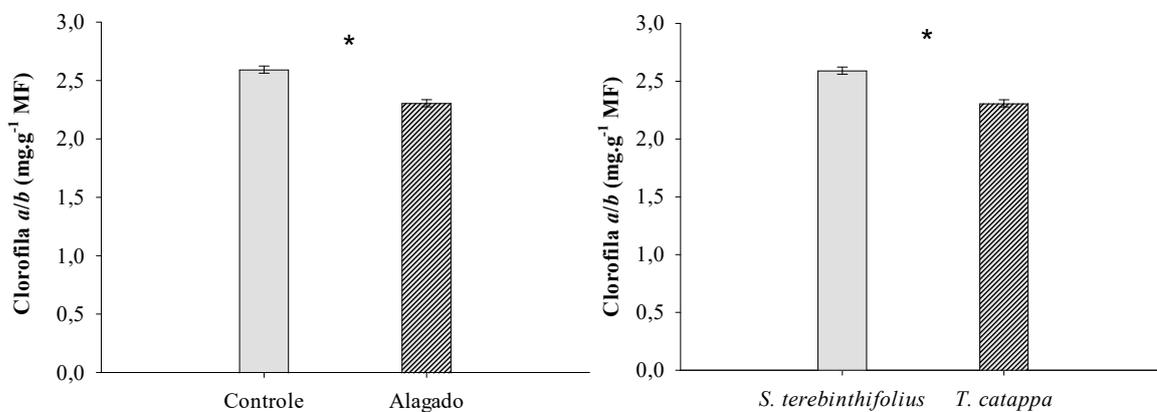
Figura 12. Pigmentos fotossintéticos de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação. Clorofila *a* mg. g⁻¹ MF (A), clorofila *b* mg. g⁻¹ MF (B), clorofila total mg. g⁻¹ MF (C)



Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Figura 13. Relação de clorofila *a/b* (mg. g⁻¹ MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

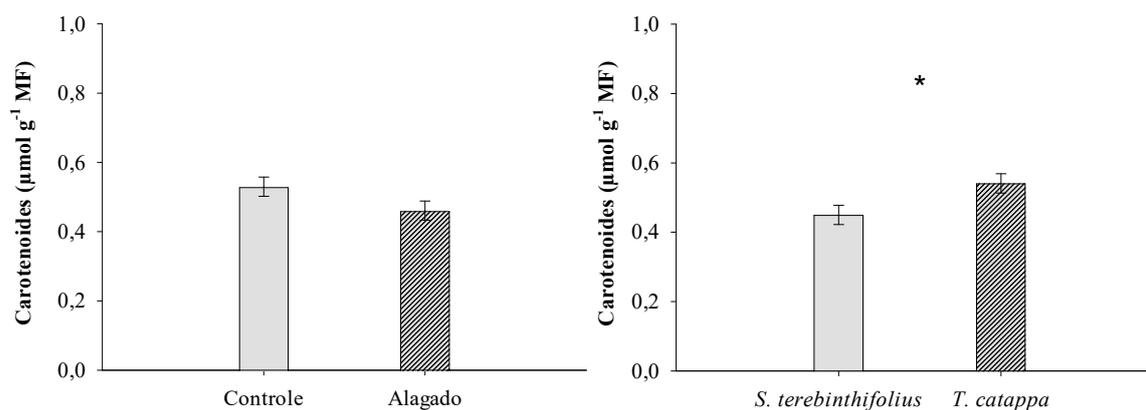
Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Segundo Façanha, Canellas e Dobbss (2019), quando a aeração no solo começa a diminuir a assimilação dos íons requeridos pelas plantas também diminui, sendo proporcional ao decréscimo de O₂ nos tecidos. Essa deficiência de nutrientes afeta as funções fotossintéticas, principalmente quanto à biossíntese dos principais componentes fotossintéticos (KALAJI *et al*, 2014). Assim, o efeito do alagamento sobre os pigmentos, causando diminuição do teor de clorofila, resulta em diminuição da taxa fotossintética (ZHANG *et al*, 2019). A diminuição nos pigmentos impacta a produção de carboidratos, e conseqüentemente, a produção de energia, e também pode ser induzida pelo acúmulo de etileno, que aumenta a degradação da clorofila e o consumo das reservas de carboidratos (FUKAO *et al*, 2006).

Kumutha *et al* (2009), em seus estudos com *Cajanus cajan* L. Halls em condições de alagamento, observaram decréscimos na clorofila total, porém ocorreu aumento gradual da razão de clorofila *a/b*, apontando para maior perda de clorofila *b*. Ao avaliarem a recuperação do estresse, foi possível observar aumento do conteúdo de clorofila, indicando uma restauração do aparelho fotossintético. As respostas no acúmulo de pigmentos também estão relacionadas ao tipo de solo e ao estresse oxidativo, como observado por Zeng *et al* (2013), pois o alagamento pode contribuir para o acúmulo de micronutrientes, como o Fe e Mn, tóxicos em grande quantidade, que podem prejudicar o aparelho fotossintético, reduzindo o teor de clorofila.

Neste estudo, apesar de menores no tratamento alagado, as concentrações de carotenoides não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$), sendo observado apenas a diferença de espécies (Figura 14). O acúmulo de carotenoides como resultado do estresse está ligado ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), principalmente pelo processo de fermentação, atuando como defesa contra o estresse oxidativo (HASANUZZAMAN *et al*, 2017). Porém, algumas plantas podem apresentar a redução do teor de carotenoides, assim como dos demais pigmentos, à medida que o período de alagamento aumenta (SAPTININGSIH, DARMANTI, SETIARI, 2023).

Figura 14. Teor de carotenoides ($\mu\text{mol g}^{-1}$ MF) em *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

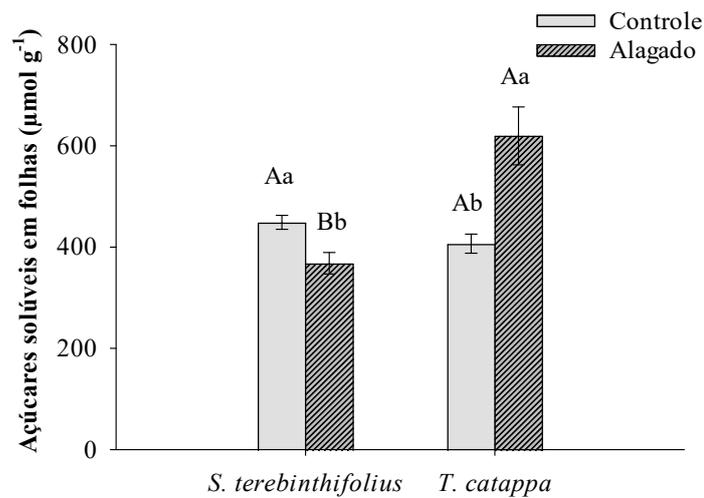


O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O acúmulo de açúcares nas folhas foi diferente entre as espécies, com *S. terebinthifolius* reduzindo a concentração e *T. catappa* aumentando na condição de alagamento (Figura 15). Nas raízes, o tratamento alagado resultou em redução da concentração de açúcares, com média 19,40% menor quando comparada ao tratamento controle (Figura 16). Os açúcares são os principais reguladores osmóticos, sendo encontrados em diversas plantas, e sua produção e acúmulo é uma resposta importante contra danos celulares (ZULFIQAR, AKRAM, ASHRAF, 2020; GHOSH *et al*, 2021). A regulação no metabolismo dos carboidratos é fundamental para o suprimento energético em situações de estresse (SILVEIRA *et al*, 2015), sendo importante para a tolerância ao alagamento, como constatado na espécie *S. terebinthifolius*. O acúmulo de açúcares no tecido pode ser considerado também uma estratégia para o período de recuperação após o alagamento (ZANANDREA *et al*, 2009).

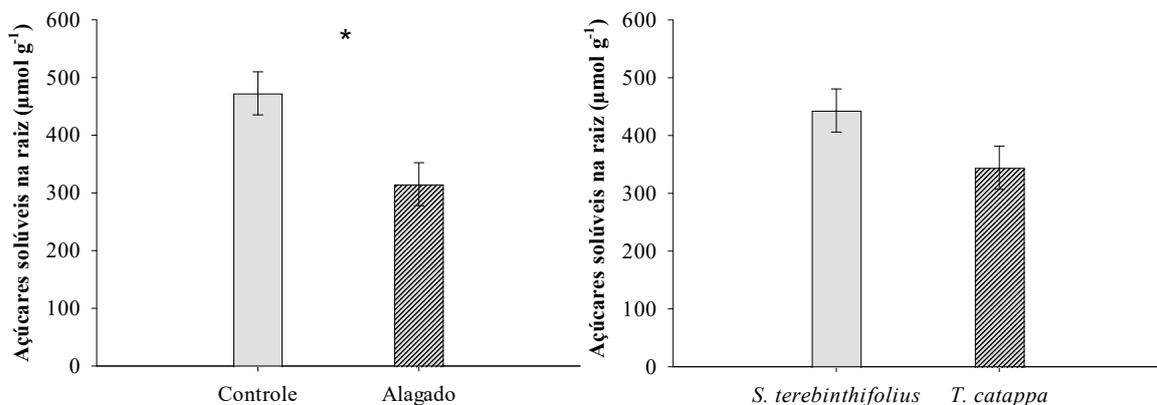
Figura 15. Acúmulo de açúcares solúveis nas folhas ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Figura 16. Acúmulo de açúcares solúveis na raiz ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



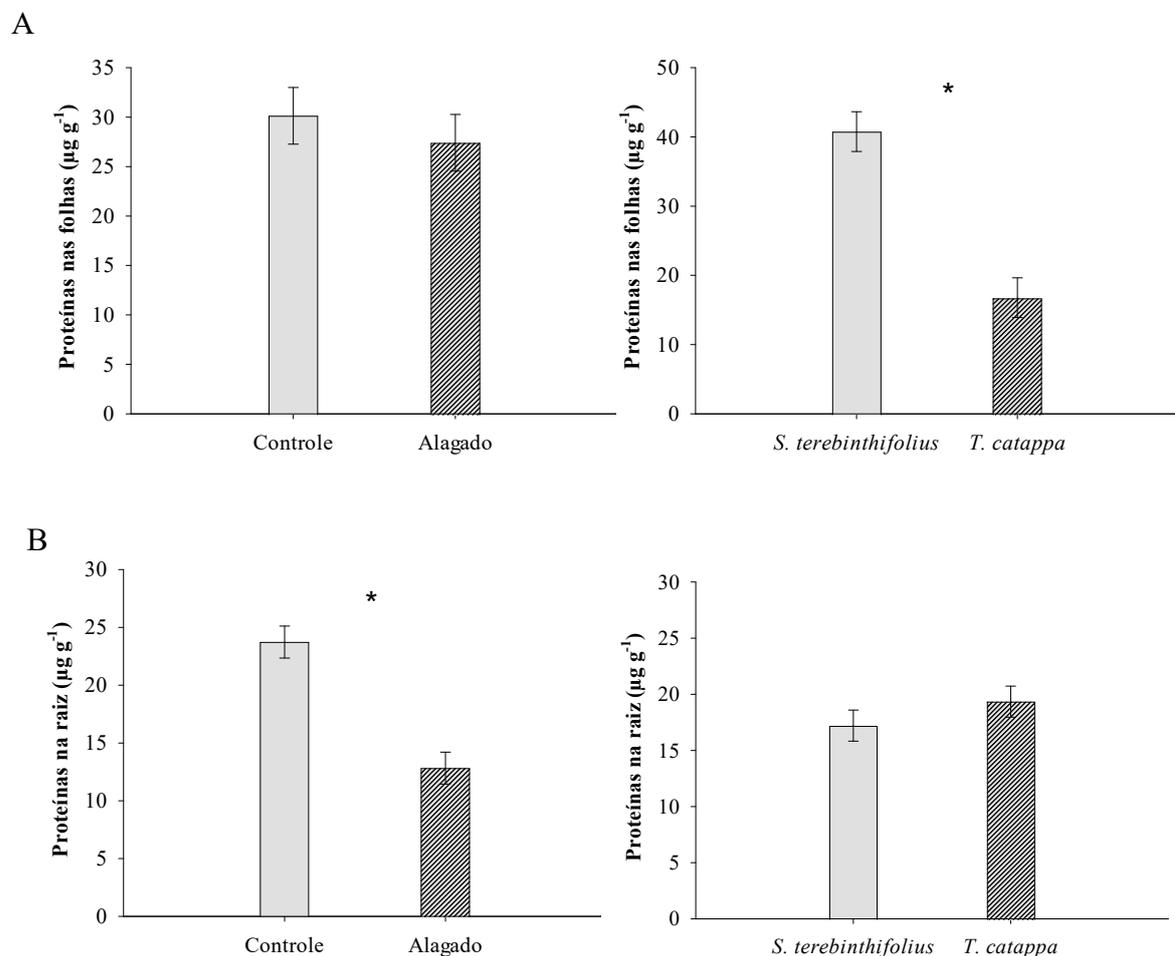
O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Os aumentos no teor de carboidratos solúveis observados nas folhas de *T. catappa* ocorrem principalmente pela diminuição na translocação dos açúcares das folhas para as raízes, o que pode resultar em diminuição do crescimento e das atividades metabólicas (LIAO, LIN, 2001, SILVEIRA et al, 2015). Assim, o estresse por alagamento afeta a manutenção das vias glicolíticas nessa espécie, o que pode ter contribuído com a sensibilidade da planta e suas respostas metabólicas. As reduções de açúcares nas raízes podem ser associadas ao suprimento energético, relacionado ao metabolismo de fermentação (LIAO, LIN, 2001).

Apesar de não haver diferença no teor de proteínas nas folhas (Figura 17 - A), foi observada redução da concentração nas raízes no tratamento alagado (Figura 17 - B). Parvin e Karmoker (2013) relataram inibição de acúmulo de proteínas solúveis em raízes submetidas ao alagamento para a espécie *Corchorus capsularis* L., assim como decréscimo no caule e folhas, que podem prejudicar o fornecimento de energia para a planta. Em situações de escassez de carboidratos, as plantas podem metabolizar proteínas para o suprimento energético como um substrato alternativo, degradando-a em seus aminoácidos constituintes, o que leva ao aumento de aminoácidos livres (ARAÚJO et al, 2011).

Figura 17. Acúmulo de proteínas ($\mu\text{g g}^{-1}$) nas folhas (A) e raiz (B) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



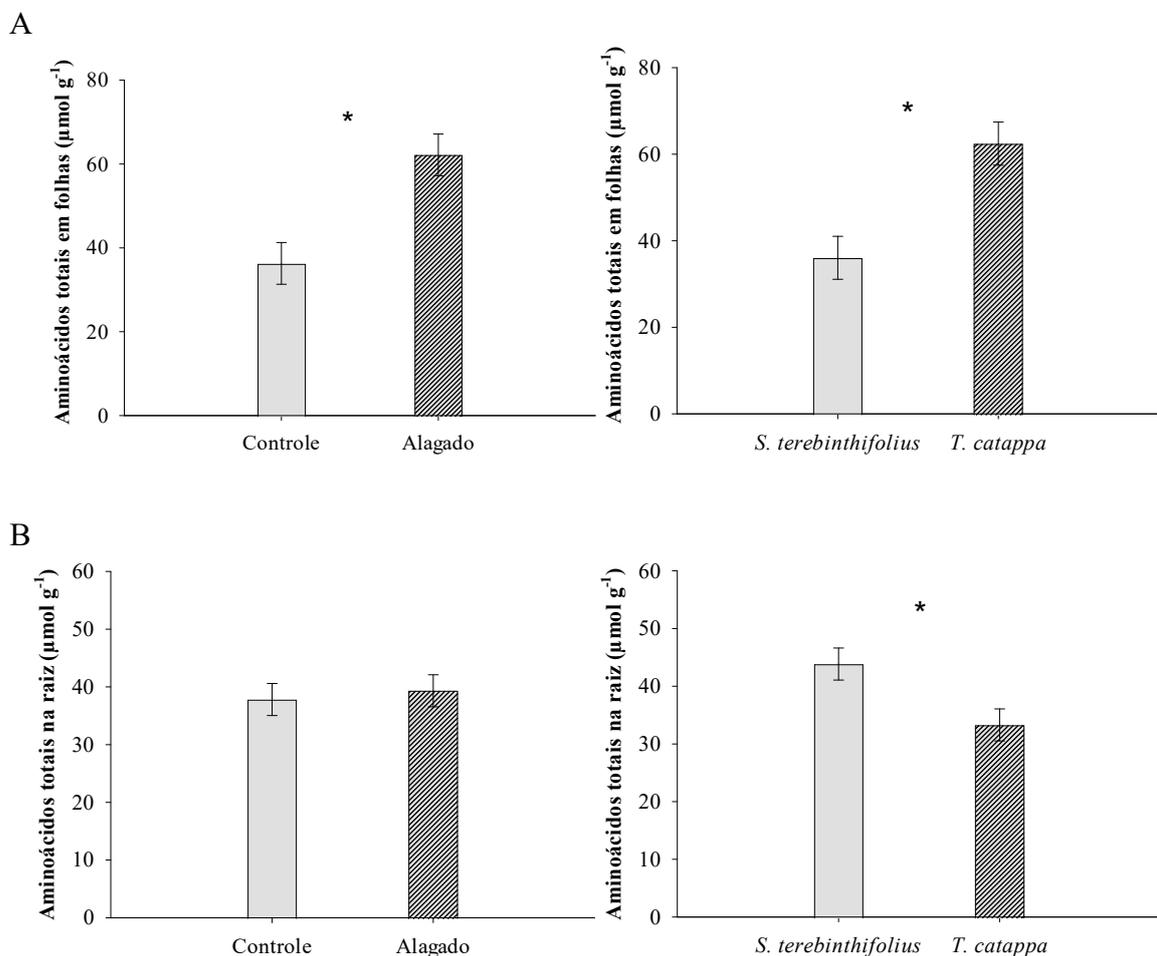
O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Geralmente, as plantas usam como estratégia de tolerância ao alagamento do solo o acúmulo de osmólitos, como aminoácidos totais e prolina, resposta associada ao estresse

oxidativo e osmótico, protegendo contra os danos na membrana celular (WANG *et al*, 2014; GHOSH *et al*, 2021). Para as plantas estudadas, foi observado o maior acúmulo de prolina nas raízes (Figura 20) e de aminoácidos totais nas folhas (Figura 18 – A) quando submetidas a condição de alagamento. O acúmulo de prolina nas folhas foi maior apenas em *T. catappa* no tratamento alagado (Figura 19). Porém, em *T. catappa* o acúmulo desses osmoprotetores pode não ter sido suficiente para proteger as estruturas celulares contra o alagamento, pois, apesar de não diferir estatisticamente, as taxas de extravasamento de eletrólitos foram maiores nessa espécie na condição de alagamento, o que pode indicar danos na membrana celular.

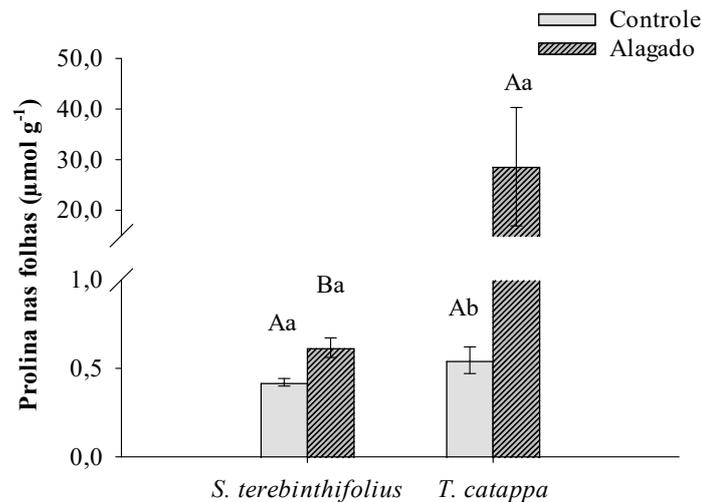
Figura 18. Concentração de aminoácidos totais ($\mu\text{mol g}^{-1}$) nas folhas (A) e raiz (B) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

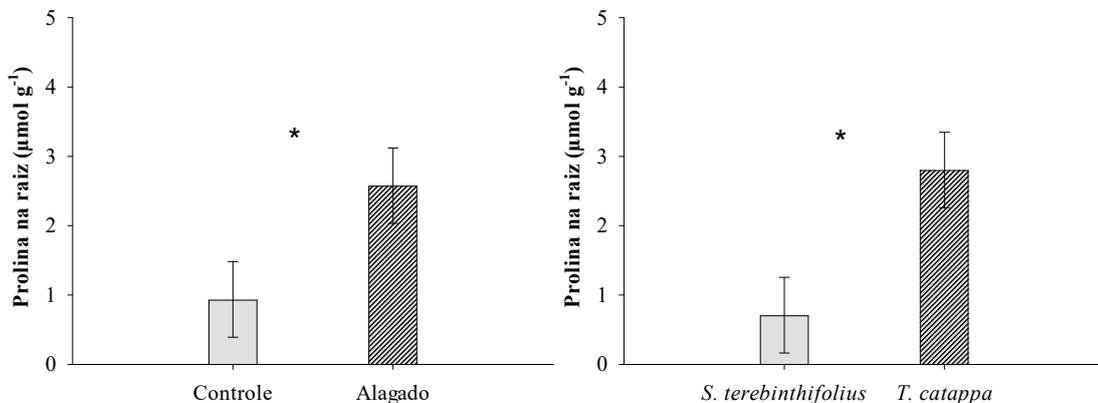
Figura 19. Concentração de prolina nas folhas ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas para espécies dentro de cada tratamento e minúsculas para tratamento dentro de cada espécie, diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Figura 20. Concentração de prolina na raiz ($\mu\text{mol g}^{-1}$) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



O asterisco (*) indica diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Esse resultado foi contrário as respostas de *S. terebinthifolius*, que apresentou taxas de extravasamento de eletrólitos menores na condição de alagamento. Outro fator que reforça esse estresse oxidativo é a maior degradação da clorofila total apenas em *T. catappa*, que pode estar relacionada ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (HASANUZZAMAN *et al*, 2017). Segundo Ribeiro *et al* (2022), as inundações induzem muitas alterações no perfil metabólico das raízes, inclusive o aumento das concentrações dos aminoácidos, lactato, alanina, glicina,

serina e prolina, que são importantes na regulação do acúmulo de piruvato, do pH citoplasmático, e contra o estresse oxidativo.

De modo geral, ao considerar os resultados para os parâmetros avaliados é possível observar algumas respostas diferentes entre as espécies *S. terebinthifolius* e *T. catappa*. Os efeitos negativos do alagamento podem reduzir a produção e recuperação após estresse, inclusive, impedindo a sobrevivência quando prolongados, porém, não é possível mensurar o impacto em ecossistemas como a restinga, ainda que algumas estratégias de sobrevivência sejam observadas em algumas espécies. Segundo Wright *et al* (2016), as plantas menos afetadas pelas inundações pertencem a comunidades ricas em espécies, onde foi observada a redução de 50% do efeito do estresse no acúmulo de biomassa, porém em um curto prazo de estresse, sendo possível observar que as consequências do alagamento não correspondem apenas às características vegetais, mas também ao contexto ambiental.

6. CONCLUSÃO

O alagamento do sistema radicular por dezesseis dias em *S. terebinthifolius* e *T. catappa* resultou em consequências negativas para o desenvolvimento das espécies. Como resposta ao alagamento, as plantas reduziram seu crescimento, o que foi evidenciado principalmente pela abscisão foliar, expressivamente, maior em *T. catappa*. Esta espécie também teve prejuízos consideráveis no teor de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a* e *b*), o que não foi observado em *S. terebinthifolius*.

O alagamento resultou no acúmulo de aminoácidos nas folhas e prolina nas raízes das duas espécies, resposta associada ao estresse oxidativo e osmótico, que protegem contra os danos na membrana celular. As reduções nas concentrações de carboidratos solúveis e proteínas podem estar associadas ao fornecimento de energia pelo metabolismo de fermentação durante o período de estresse. A maior concentração de açúcares nas folhas em *T. catappa* indicam que o alagamento pode ter afetado a translocação das folhas para as raízes, afetando o suprimento energético e crescimento da planta.

Assim, o impacto do alagamento foi diferente para as duas espécies, principalmente, pelos maiores danos à espécie exótica, que foi mais sensível ao alagamento quanto ao crescimento, abscisão foliar e teor de pigmentos fotossintéticos. Deste modo, *S. terebinthifolius*, nativa da Restinga, apresentou maior tolerância ao estresse causado pelo alagamento quando comparada a *T. catappa*.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, T.; *et al.* Enhanced formation of aerenchyma and induction of a barrier to radial oxygen loss in adventitious roots of *Zea nicaraguensis* contribute to its waterlogging tolerance as compared with maize (*Zea mays* ssp. *mays*). *Plant, Cell & Environment*, v.35, ed. 9, p. 1618-1630, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02513.x> . Acesso em janeiro de 2024.
- AMRI, M.; OUNI, M.H.EL.; SALEM, M.B. Waterlogging affect the development, yield and components, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence of six bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v. 20, n. 3, p. 647-657, 2014. Disponível em: <https://www.agrojournals.org/20/03-23.pdf> . Acesso em janeiro de 2024.
- ARAÚJO, W.L.; *et al.* Protein degradation – an alternative respiratory substrate for stressed plants. *Trends in Plant Science*, vol. 16, n. 9, p. 489-498, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.05.008> . Acesso em fevereiro de 2024.
- ARMSTRONG, W., DREW, M. C. Root growth and metabolism under oxygen deficiency. In Y. Waisel, A. Eshel, T. Beeckman, & U. Kafkafi (Eds.), *Plant Roots: The Hidden Half* (3rd ed.) (pp. 729–761). Boca Raton, FL: CRC Press. 2002
- BAJJI, M.; KINET, J.M; LUTTS, S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant growth regulation*, v. 36, n. 1, p. 61-70, 2002.
- BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses: I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil*, v. 164, p. 87-96, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00010114> . Acesso em dezembro de 2023.
- BATES, L.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, v. 39, p. 205-207, 1973.
- BELO, E.S., *et al.* Impact of drought and flooding stresses on Gabiroba plants. *Rev. Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 58, n. 4, p. 379-387, out./dez. 2016. Disponível em <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1952> Acesso em outubro 2023
- BENDER, B. *et al.* Growth responses and accumulation of soluble sugars in *Inga marginata* Wild. (Fabaceae) subjected to flooding under contrasting light conditions. *Braz. J. Biol.*, v. 77, n.2, p. 260-266, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.11315> . Acesso em janeiro de 2024.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, v. 72, n. 1-2, p. 248-250, 1976.
- BRASIL. Lei nº. 7.661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1988. Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Resolução CONAMA Nº 147, de 23 de novembro de 2009. Dispõe sobre parâmetros básicos para definição de vegetação primária e dos estágios sucessionais secundários da vegetação de Restinga na Mata Atlântica e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

CAMPOS, M.P., *et al.* Métodos de determinação do limite superior de água disponível no solo em casa de vegetação. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Natal/RN. 2015. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1722.pdf> Acesso em março de 2023.

CARDONA, W.A.; *et al.* Desarrollo de la biomasa y raíz en plantas de lulo (*Solanum quitoense* var. septentrionale) en respuesta al sombrero y anegamiento. Revista Colombiana de Ciencias Hostícolas, v. 10, n.1, p. 53-65, enero-junio, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.5124> . Acesso em janeiro de 2024

CASTRO, B.M. *et al.* O mar de amanhã, com as mudanças climáticas de hoje. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 40-42, 2010. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000300016&lng=en&nrm=iso . Acesso em: janeiro de 2022.

CERQUEIRA, R. Biogeografia das Restingas, p 65-75. In: ESTEVES, F.A.; LACERDA, L.D. Ecologia de Restingas e lagoas costeiras. NUPEM/UFRJ, Macaé, Rio de Janeiro, Brasil.

CHEN, H.; ZAMORANO, M.F.; IVANOFF, D. Effect of Flooding Depth on Growth, Biomass, Photosynthesis, and Chlorophyll Fluorescence of *Typha domingensis*. Wetlands, v. 30, p. 957–965, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13157-010-0094-y> . Acesso em dezembro de 2023.

CHOLE, P.; RAVI, L. A review on medicinal potencial of *Terminalia catappa*. International Journal of Green Pharmacy, 14 (3), p. 229- 234, jul-set, 2020. Disponível em : <https://www.greenpharmacy.info/index.php/ijgp/article/view/2932/1117> Acesso em dezembro de 2023.

COLLI, S.; PURGATTO, E. Etileno. In: KERBAUY, G.B. Fisiologia Vegetal, 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. p. 253-301.

COLMER, T.D.; FLORES, T.J. Flooding tolerance in halophytes. New Phytologist, v. 179, issue 4, 2008. p- 964-974. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02483.x> Acesso em outubro de 2023.

DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related compounds. Analytical Chemistry, v.28, n. 3, p. 350-356, mar. 1956. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017> . Acesso em: junho de 2022.

ELSE, M.A.; *et al.* Root signals and stomatal closure in relation to photosynthesis, chlorophyll a fluorescence and adventitious rooting of flooded tomato plants. Annals of Botany, v. 103, ed. 2, p. 313–323, january 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn208> . Acesso em janeiro de 2024.

EMBRAPA. Aroeira-Pimenteira *Schinus terebinthifolius*. In: EMBRAPA. Espécies Arbóreas Brasileiras. Embrapa Informação Tecnológica, v.1., Colombo, PR, Embrapa Florestas, 2003.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/publicacoes/especies-arboreas-brasileiras> . Acesso em dezembro de 2023.

EMBRAPA. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. Disponível em http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf Acesso em dezembro de 2023

EVANS, D.E. Aerenchyma formation. *New Phytologist*, v.161, ed.1, p 35-49, jan/2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00907.x> . Acesso em dezembro de 2023

FABRICANTE, J.R; *et al.* Invasão biológica em sítios de Restinga no Nordeste do Brasil. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, [S. l.] , v. 6, n.10, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15942. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15942>. Acesso em dezembro de 2023

FAÇANHA, A.R.; CANELLAS, L.P.; DOBBS, L.B. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G.B. *Fisiologia Vegetal*, 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. p. 253-301.

FALCÃO, M.P.M.M., *et al.* *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) e suas propriedades na Medicina Popular. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Vol. 10, Nº. 5, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3455> . Acesso em dezembro de 2023.

FALKENBERG, D.B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da Restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. *INSULA*, Florianópolis, 28, 1-30, 1999. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/insula/article/view/21771/19743> acesso em dezembro 2023

FANTE, C.A.; *et al.* Respostas fisiológicas em cultivares de soja submetidas ao alagamento em diferentes estádios. *Bragantia*, Campinas, v.69, n.2, p. 253-261, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200001> . Acesso em janeiro de 2024.

FUJITA, M.; HASANUZZAMAN, M. Approaches to Enhancing Antioxidant Defense in Plants. *Antioxidants (Basel)*, v. 11, n. 5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox11050925> . Acesso em janeiro de 2024.

FUKAO T.; *et al.* Submergence and Waterlogging Stress in Plants: A Review Highlighting Research Opportunities and Understudied Aspects. *Front Plant Sci*. Vol. 10. 2019. Disponível em DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00340> Acesso em dezembro de 2023.

FUKAO, T.; *et al.* A variable cluster of ethylene response factor–like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. *The Plant Cell*, v. 18, ed. 8, August 2006, p. 2021–2034. Disponível em: <https://doi.org/10.1105/tpc.106.043000>. Acesso em fevereiro de 2024.

GHOSH, U.K.; *et al.* Understanding the roles of osmolytes for acclimatizing plants to changing environment: a review of potential mechanism. *Plant Signaling & Behavior*, v. 16, ed. 8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15592324.2021.1913306> . Acesso em janeiro de 2024.

GOBBI, K.F.; *et al.* Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. *R. Bras. Zootec.*,v. 40, N. 7, P. 1436-

1444, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700006> . Acesso em janeiro de 2024

GOMES, M.C.V.; *et al.* Vegetação de Restinga: Condicionantes pedológicos e geomorfológicos em costa de alta energia (Florianópolis-SC). Geosul, Florianópolis, v. 37, n.83 -Dossiê de Biogeografia, p. 72-91, out. 2022. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e84111> Acesso dezembro 2023

GONÇALVES, J.F.C.; *et al.* Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. Acta Botanica Brasilica, v. 26, n. 2, p. 391-398, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000200014> . Acesso em janeiro de 2024

HANG, N.T.N.; YANG, Y.S. Physiological responses of Papaya (*Carica papaya* L.) plants to flooding. Horticulture NCHU, v. 30, ed. 3, p. 1-14, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366091234_Physiological_Responses_of_Papaya_Carica_papaya_L_Plants_to_Flooding . Acesso em janeiro de 2024

HASANUZZAMAN, M.; *et al.* Responses, Adaptation, and ROS Metabolism in Plants Exposed to Waterlogging Stress. Springer, Singapore, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-10-5254-5_10 . Acesso em janeiro de 2024.

HATORRI, Y.; NAGAI, K.; ASHIKARI, M. Rice growth adapting to deepwater. Current Opinion in Plant Biology, V. 14, ED.1, P. 100-105, FEV/2011. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2010.09.008> . Acesso em dezembro de 2023

HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. (Ed.), Methods in Comparative Plant Ecology. London: Chapman & Hall, 1993. p. 148-152.

HENRIQUE, P.C.; *et al.* Características fisiológicas e anatômicas de plantas de sibipiruna submetidas à hipoxia. Ciência Rural, v. 40, ed. 1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000221> . Acesso em janeiro de 2024.

HUANG, B. *et al.* Growth, physiological and anatomical responses of two wheat genotypes to waterlogging and nutrient supply. Journal of Experimental Botany, v. 45, Issue 2, p. 193–202, 1994. Disponível em <https://doi.org/10.1093/jxb/45.2.193> Acesso em outubro de 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas de ecossistemas: espécies ameaçadas de extinção no Brasil: 2014. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101754.pdf> Acesso em outubro de 2023

IMA. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas. Plano de manejo - APA da Marituba. 2006. Disponível em <https://www2.ima.al.gov.br/unidades-de-conservacoes-publicas/uso-sustentavel/apa-do-marituba-do-peixe/> Acesso em dezembro de 2023

IMA - Instituto do Meio Ambiente. Plano de Manejo e Gestão: APA de Santa Rita. SEMARH. Maceió: IMA, 2015. 510 p. Disponível em: <http://ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/Plano-de-Manejo-APA-Santa-Rita-IMA-Alagoas.pdf> . Acesso em: junho de 2022.

- JESUS, N.B.; GOMES, L.J. Conflitos socioambientais no extrativismo da aroeira (*Schinus Terebenthifolius* Raddi, Baixo São Francisco - Sergipe/Alagoas. Revista Ambiente e Sociedade. V.15, n. 3. p-55-73, São Paulo, set-dez.2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000300005> . Acesso em dezembro de 2023.
- JIA, W. *et al.* Plant Morphological, Physiological and Anatomical Adaption to Flooding Stress and the Underlying Molecular Mechanisms. International Journal of Molecular Sciences. 22(3): 1088, 2021. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7865476/> Acesso em outubro de 2023
- JUSTINO, G.C.; SODEK, L. Recovery of nitrogen fixation after short-term flooding of the nodulated root system of soybean. Journal of Plant Physiology, v. 170, p235-241, 2013.
- KALAJI, H.M., *et al.* Identification of nutrient deficiency in maize and tomato plants by in vivo chlorophyll a fluorescence measurements. Plant Physiology and Biochemistry, vol. 81, p. 16-25, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.03.029> . Acesso em fevereiro de 2024.
- KAUR, G., *et al.* Impacts and management strategies for crop production in waterlogged or flooded soils: A review. Agronomy Journal. V. 112, ed. 3, p. 1475-1501, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/agj2.20093>. Acesso em fevereiro de 2024
- KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology, v. 17, ed. 7, p. 490 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490> . Acesso em janeiro de 2024.
- KUMUTHA, D.; *et al.* Waterlogging induced oxidative stress and antioxidant activity in pigeonpea genotypes. Biologia plantarum, v. 53, n. 1, p. 75-84, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10535-009-0011-5> .Acesso em janeiro de 2024
- LEE, S.B.; MING, L.; ZHANG, F. Impact of sea level rise on tidal range in Chesapeake and Delaware Bays. Journal of Geophysical Research Oceans, v. 122, ed. 5, p. 3917-3938, mai. 2017. Disponível: <https://doi.org/10.1002/2016JC012597> . Acesso em: janeiro de 2022.
- LÉON-BURGOS, A.F.; UNIGARRO, C.A.; LÓPEZ, H.E.B. Soil Waterlogging Conditions Affect Growth, Water Status, and Chlorophyll “a” Fluorescence in Coffee Plants (*Coffea arabica* L.). Agronomy, v. 12, n.6, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061270> . Acesso em janeiro de 2024.
- LIAO, C.T.; LIN, C.H. Physiological Adaptation of Crop Plants to Flooding Stress. Proc Natl Sci Counc Repub China B. v, 25, n. 3, p. 148-157. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11480770/> . Acesso em janeiro de 2024.
- LI, C.X.; *et al.* Effects of submergence on photosynthesis and growth of *Pterocarya stenoptera* (Chinese wingnut) seedlings in the recently-created Three Gorges Reservoir region of China. Wetlands Ecol Manage, v. 18, p. 485–494, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11273-010-9181-3> . Acesso em janeiro de 2024
- MAGNESCHI, L.; PERATA, P. Rice germination and seedling growth in the absence of oxygen. Annals of Botany, v. 103, ed. 2, p. 181-196, jan. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn121> . Acesso em janeiro de 2024.

MAIA, M.C.R., *et al.* Propriedades terapêuticas da espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermeha). REAS, v.13 (4). Disponível em <https://doi.org/10.25248/REAS.e6791.2021> Acesso em dezembro de 2023.

MATOS, F.S.; *et al.* Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L. Revista Agrarian, Goiás, 2011. Disponível em <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1226/918>> Acesso em março de 2023.

MARTINI, A.M.Z.; *et al.* Restinga e Ecologia. In: AZEVEDO, N.H.; *et al.* Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa. São Paulo: Edição dos autores, 2014, 140p. http://labtrop.ib.usp.br/lib/exe/fetch.php?media=projetos:restinga:restsul:divulga:apostila:ecologia_na_restinga_cap2p22-41.pdf . Acesso em dezembro de 2023.

MEDEIROS, D.P.W., *et al.* Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, p. 155-159, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i3.232647>. Acesso em dezembro de 2023.

MEDRI, C.; *et al.* O alagamento do solo afeta a sobrevivência, o crescimento e o metabolismo de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae)? Semin. Cienc. Biol. Saúde, v.33, n.1, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2012v33n1p123> Acesso em janeiro de 2024

MUSTROPH, A. Improving Flooding Tolerance of Crop Plants. Agronomy, v. 8, n. 9. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy8090160> . Acesso em janeiro de 2024.

NISHIUCHI, S. *et al.* Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. Rice, v.5 (1), 2012. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3834488/> Acesso em outubro de 2023

OGUNMOYE, A.O. *et al.* GC-MS ANALYSIS of the volatile constituents from the air-dried leaves of *Terminalia catappa* (LINNAEUS). FUW Trends in Science & Technology Journal, v.05, n 3, p 948-951, dez.2020. Disponível em: <https://www.ftstjournal.com/uploads/docs/53%20Article%2058.pdf> Acesso em dezembro de 2023.

OLIVEIRA, A.K.M.; GUALTIERI, S.C.J. Trocas gasosas e grau de tolerância ao estresse hídrico induzido em plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Paratudo) submetidas a alagamento. Ciência Florestal, v. 27, n.1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509826457> . Acesso em janeiro de 2024.

PAIS, I.P.; *et al.* Wheat crop under waterlogging: Potential soil and plant effects. Plants, v.12, n.1, 149, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants12010149> . Acesso em janeiro de 2024.

PAN, J.; *et al.* Mechanisms of Waterlogging Tolerance in Plants: Research Progress and Prospects. Front Plant Sci, v.10, feb 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.627331> . Acesso em janeiro de 2024.

PARVIN, D.; KARMOKER, J.L. Effects of waterlogging on ion accumulation and sugar, protein and proline contents in *Corchorus capsularis* L. Bangladesh Journal of Botany, v. 42,

n. 1, p. 55-64, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3329/bjb.v42i1.15864> . Acesso em janeiro de 2024.

PAZ, A.A.; *et al.* Induced flooding as environmental filter for riparian tree species. *Environmental and Experimental Botany*, v. 139, p. 31-38, jul 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.03.017> . Acesso em janeiro de 2024.

PEREIRA, D.P.; *et al.* Potencial biotecnológico da aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Uma revisão narrativa. *Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA-UFMS- Três Lagoas* v. 13 n. 1, p.25-37, Julho/Dezembro de 2021. Disponível em <https://periodicos.ufms.br/index.php/sameamb/article/view/13282> Acesso em dezembro de 2023.

PÍCCOLO, M.P.; *et al.* Análise fitoquímica e microbiológica de amostras de pimenta-rosa obtidas de propriedades familiares da região norte do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.8, n.3, p.20-25, Setembro, 2018. Disponível em DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i3.3048> . Acesso em dezembro de 2023.

PINTO-COELHO, R.M. O significado ambiental da *Terminalia catappa* (castanheira) na arborização da orla litorânea de Vila Velha (ES). *Acta Biologica Brasiliensia*, v. 4, n. 1, 2021. Disponível em <https://crbio04.gov.br/acta/acta-biologica-brasiliensia-vol-4-no1-jun-21/> Acesso em dezembro de 2023.

PLUCÊNIO, R.M.; DECHOUM, M.S.; CASTELLANI, T.T. Invasão Biológica em Restinga: O Estudo de caso de *Terminalia catappa* L. (Combretaceae). *Biodiversidade Brasileira*, 3(2); 118-136, 2013. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/BioBR/article/view/424> Acesso em dezembro de 2023

QIU, S.; *et al.* Changes in multiple environmental factors additively enhance the dominance of an exotic plant with a novel trade-off pattern. *Journal of Ecology*, v. 108, ed. 5, p. 1989-1999, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13386> . Acesso em fevereiro de 2024.

RIBEIRO, I.; *et al.* Differences in the metabolic and functional mechanisms used to tolerate flooding in *Guazuma ulmifolia* (Lam.) from flood-prone Amazonian and dry Cerrado savanna populations. *Tree Physiology*, vol. 42, ed. 10, p. 2116–2132, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac059> . Acesso em fevereiro de 2024.

ROSA, T.D.; *et al.* Alagamento do solo: efeito no crescimento inicial da aveia branca (*Avena sativa* L.). *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 14, n. 2, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18188/sap.v14i2.10101> . Acesso em janeiro de 2024.

RUAS, F.G.; VENTURA, J.A.; DIAS, G.F.B. Indicação de Procedência "São Mateus" para a Pimenta-Rosa no Espírito Santo. *Incaper em Revista, Vitória*, v. 11 e 12, p. 79-98, jan. 2020/dez. 2021. Disponível em: DOI: 10.54682/ier.v11e12 .Acesso em dezembro de 2023.

SAIRAM, R.K.; *et al.* Waterlogging induced oxidative stress and antioxidant enzyme activities in pigeon pea. *Biologia Plantarum*, 53, 493-504. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10535-009-0090-3> Acesso em outubro de 2023.

SANCHES, J.H.; MAGRO, T.C.; SILVA, D.F. Distribuição espacial da *Terminalis catappa* L. em área de restinga no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba/SP. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil*, 21-26 abril

- 2007, INPE, p. 1831-1838. Disponível em <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.11.53/doc/1831-1838.pdf> Acesso em dezembro de 2023.
- SANTOS, D.M. *et al.* Uso de extrato aquoso da folha desidratada de amendoeira (*Terminalia catappa*) no cultivo de *Betta splendens*. PUBVET, Londrina, V. 7, N. 4, Ed. 227, Art. 1505, 2013. Disponível em <https://www.pubvet.com.br/uploads/be3f524890f8ba79733c178a83a74d56.pdf> Acesso em dezembro de 2023.
- SANTOS, J.P.B.; FABRICANTE, R. Estrutura populacional e efeitos causados pela exótica invasora chapéu-de-sol sobre a vegetação autóctone de uma Restinga. Neotropical Biology and Conservation. v. 13, n, 4, p. 295-302, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4013/nbc.2018.134.03> . Acesso em dezembro de 2023
- SAPTININGSIH, E.; DARMANTI, S.; SETIARI, N. Tolerance of *Capsicum frutescens* L. (Solanales: Solanaceae) to the duration of waterlogging and impact on the post-waterlogging and recovery periods. Natural History Sciences, v. 10, n.2, p. 3-14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4081/nhs.2023.641> . Acesso em janeiro de 2024
- SASIDHARAN, R.; *et al.* Signal Dynamics and Interactions during Flooding Stress. Plant Physiology. V. 176, ed.2, p. 1106-1117. Fev/2018. Disponível em <https://doi.org/10.1104/pp.17.01232> . Acesso em dezembro de 2023
- SCARANO, F. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. Annals of Botany, Oxford, v. 90, ed. 4, p. 517-524, out. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcf189> . Acesso em: outubro de 2023
- SHIMAMURA, S.; *et al.* Stem hypertrophic lenticels and secondary aerenchyma enable oxygen transport to roots of soybean in flooded soil. Ann Bot. v 106, n.2, p. 277–284, 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2908175/> . Acesso em janeiro de 2024.
- SILVEIRA, N.M.; *et al.* Crescimento e partição de carboidratos em plantas de *Sebastiania membranifolia* submetidas ao alagamento. Cerne, v. 21, n. 1, p. 67-74, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01047760201521011257> . Acesso em janeiro de 2024.
- SOUZA, C.R.G.; *et al.* "Restinga": Conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na Legislação Ambiental. São Paulo: Instituto Geológico, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2008.
- STEFFENS, B.; RASMUSSEN, A. The Physiology of Adventitious Roots. Plant Physiology, v 170, ed. 2, p. 603–617, February 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.15.01360> . Acesso em janeiro de 2024.
- SUPRASANNA, P.; NIKALJE, G.C.; RAI, A.N. Osmolyte Accumulation and Implications in Plant Abiotic Stress Tolerance. In: Iqbal, N., Nazar, R., A. Khan, N. (eds) Osmolytes and Plants Acclimation to Changing Environment: Emerging Omics Technologies. Springer, New Delhi, p 1-12, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2616-1_1 . Acesso em janeiro de 2024.

TÁVORA, F.J.A.F.; FERREIRA, R.G.; HERNANDEZ, F.F.F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 441-446, ago. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200050> . Acesso em: maio de 2022.

THOMSON, L.A.J.; EVANS, B. *Terminalia catappa* (tropical almond), ver. 2.2. In: ELEVITCH, C.R. (Ed.). *Species profiles for pacific Island agroforestry: permanent agriculture resources (PAR)*, 2006. Disponível em: <http://www.traditionaltree.org>. Acesso em dezembro de 2023.

VIDAL, D.B.; *et al.* Photosynthesis and growth of Copaiba seedlings subjected to soil flooding. *Floresta e Ambiente*, v. 26, ed.1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.056916> . Acesso em janeiro de 2024.

VISSER, E.J.W. PIERIK, R. Inhibition of root elongation by ethylene in wetland and non-wetland plant species and the impact of longitudinal ventilation. *Plant, Cell & Environment*, v. 30, ed.1, p. 31-38. Jan/2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01601.x> . Acesso em dezembro de 2023

VOESENEK, L.A.C.J.; BAILEY-SERRES, J. Flood adaptive traits and processes: an overview. *New Phytologist*, v.206, ed. 1,p.57-73. abr/2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.13209> Acesso em dezembro de 2023

WANG, G.; *et al.* Proline responding1 Plays a Critical Role in Regulating General Protein Synthesis and the Cell Cycle in Maize. *Plant Cell*, v. 26, ed. 6, p. 2582-2600, jun 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1105/tpc.114.125559> . Acesso em janeiro de 2024

WATANABE, K.; *et al.* Does suberin accumulation in plant roots contribute to waterlogging tolerance? *Front. Plant Sci., Sec. Plant Physiology*. v. 4, june 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00178> . Acesso em janeiro de 2024

WRIGHT, A.J., *et al.* Plants are less negatively affected by flooding when growing in species-rich plant communities. *New Phytologist*, v. 213, ed. 2, p. 645-656, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.14185> . Acesso em janeiro de 2024.

YAMAUCHI,T.; *et al.* Regulation of Root Traits for Internal Aeration and Tolerance to Soil Waterlogging-Flooding Stress. *Plant Physiology*, v 176, ed 2, p. 1118–1130, February 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1104/pp.17.01157> . Acesso em janeiro de 2024.

YANG, F.F., *et al.* Rapid determination of leaf water content for monitoring waterlogging in winter wheat based on hyperspectral parameters. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 20, ed. 10, p. 2613-2626, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63306-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63306-8) . Acesso em janeiro de 2024.

YEMM, E.W.; COCKING, E.C.; RICKETTS, R.E. The Determination of Amino Acids With Ninhydrin. *The Analyst*, ed. 948, p. 209-213, 1955.

ZANANDREA, I.; *et al.* Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. *Australian Journal of Botany*, v. 57, p. 661-669, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/BT09144> . Acesso em janeiro de 2024

ZENG, F.; *et al.* Barley responses to combined waterlogging and salinity stress: separating effects of oxygen deprivation and elemental toxicity. *Front. Plant Sci. Sec. Plant Physiology*, V.4, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00313> . Acesso em dezembro de 2023

ZHANG, H. *et al.* Elucidating the molecular responses to waterlogging stress in *Cucumis melo* by comparative transcriptome profiling. *Horticulturae*, v.8, 891, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100891> . Acesso em janeiro de 2024.

ZHANG, Q.; *et al.* Benefits of flooding-induced aquatic adventitious roots depend on the duration of submergence: linking plant performance to root functioning. *Annals of Botany*, v. 120, ed. 1, p. 171–180, July 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcx049> . Acesso em janeiro de 2024.

ZHANG, R.D.; *et al.* Changes in photosynthesis, chloroplast ultrastructure, and antioxidant metabolism in leaves of sorghum under waterlogging stress. *Photosynthetica*, v. 57, ed. 4, p. 1076-1083, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.32615/ps.2019.124> . Acesso em janeiro de 2024.

ZHU, X.; *et al.* Effects of waterlogging on growth, biomass and antioxidant enzymes on upper ground and roots of two peony cultivars. *African Journal of Plant Science*, v.12, n. 12, p. 341-349, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJPS2018.1722>. Acesso em janeiro de 2024.

ZULFIQAR, F.; AKRAM, N.A.; ASHRAF, M. Osmoprotection in plants under abiotic stresses: new insights into a classical phenomenon. *Planta*, v. 251, n.3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03293-1> . Acesso em janeiro de 2024.

APÊNDICE A – Imagens do Experimento

Imagem 1. Germinação em substrato de terra, fibra de coco e torta de filtro e processo de aclimatação.



Fonte: Autora

Imagem 2. Organização dos vasos em casa de vegetação



Fonte: Autora

Imagem 3. Crescimento de *S. terebinthifolius* e *T. Catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.



Fonte: Autora

Imagem 4. Pigmentação em folhas de *T. Catappa* submetida ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação (02/03/2023)



Fonte: Autora

APÊNDICE B – Tabelas de dados

Tabela 2. Comprimento final da raiz (cm) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	26,400	31,325	28,863 A
<i>T. catappa</i>	39,625	30,913	35,269 A
Médias	33,013 a	31,119 a	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 3. Crescimento do caule (cm) em *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	4,368	2,693	3,530 A
<i>T. catappa</i>	2,550	1,812	2,181 B
Médias	3,459 a	2,253 b	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 4. Variação do número de folhas, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	5,889 Aa	-9,960 Ab	-2,035
<i>T. catappa</i>	5,060 Aa	-24,400 Bb	-9,670
Médias	5,474	-17,180	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 5. Razão de folhas cloróticas e/ou necróticas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,063	0,130	0,096 B
<i>T. catappa</i>	0,179	0,347	0,263 A
Médias	0,121 a	0,239 a	

Dados transformados em raiz (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 6. Área foliar em cm^2 de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	707,344	482,228	594,786 A
<i>T. catappa</i>	590,103	340,772	465,437 B
Médias	648,723 a	411,500 b	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 7. Área foliar específica em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	102,611	111,638	107,124 A
<i>T. catappa</i>	78,805	89,533	84,169 B
Médias	90,708 b	100,585 a	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 8. Alocação de biomassa nas folhas (ABF), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,363	0,313	0,338 A

<i>T. catappa</i>	0,268	0,182	0,225 B
Médias	0,316 a	0,247 b	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 9. Alocação de biomassa no caule (ABC), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,338 Aa	0,325 Aa	0,331
<i>T. catappa</i>	0,286 Bb	0,359 Aa	0,323
Médias	0,312	0,342	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 10. Alocação de biomassa na raiz (ABR), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,299	0,363	0,331 B
<i>T. catappa</i>	0,446	0,460	0,453 A
Médias	0,372 a	0,411 a	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 11. Relação raiz:parte aérea de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,434	0,576	0,505 B
<i>T. catappa</i>	0,824	0,883	0,854 A
Médias	0,629 a	0,730 a	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 12. Teor relativo de água (TRA), em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	88,442 Aa	92,583 Aa	90,512
<i>T. catappa</i>	81,239 Ba	76,272 Ba	78,756
Médias	84,840	84,428	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 13. Taxa de extravasamento de eletrólitos, em porcentagem, de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	5,328 Aa	4,823 Bb	5,076
<i>T. catappa</i>	5,754 Aa	6,094 Aa	5,924
Médias	5,541	5,924	

Dados transformados em raiz (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 14. Índice SPAD de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	41,937	35,875	38,90 A
<i>T. catappa</i>	43,200	30,575	36,88 A
Médias	42,56 a	33,22 b	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 15. Clorofila *a* (mg. g⁻¹ MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,828 Ba	0,659 Aa	0,743
<i>T. catappa</i>	1,113 Aa	0,610 Ab	0,862
Médias	0,971	0,634	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 16. Clorofila *b* (mg. g⁻¹ MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécie	Tratamento		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,304 Ba	0,265 Aa	0,285
<i>T. catappa</i>	0,450 Aa	0,282 Ab	0,366
Médias	0,377	0,274	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 17. Clorofila total (mg. g⁻¹ MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	1,132 Ba	0,924 Aa	1,028
<i>T. catappa</i>	1,563 Aa	0,892 Ab	1,228
Médias	1,348	0,908	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 18. Relação clorofila *a/b* (mg. g⁻¹ MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	2,720	2,465	2,592 A
<i>T. catappa</i>	2,469	2,148	2,309 B
Médias	2,594 a	2,306 b	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 19. Carotenoides (mg. g^{-1} MF) de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	0,458	0,443	0,450 B
<i>T. catappa</i>	0,602	0,480	0,541 A
Médias	0,530 a	0,461 a	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 20. Concentração de açúcares solúveis ($\mu\text{mol g}^{-1}$) nas folhas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	21,171 Aa	19,130 Bb	20,151
<i>T. catappa</i>	20,132 Ab	24,717 Aa	22,424
Médias	20,652	21,924	

Dados transformados em raiz (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 21. Concentração de açúcares solúveis ($\mu\text{mol g}^{-1}$) na raiz de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	22,018	19,251	20,634 A
<i>T. catappa</i>	20,843	15,291	18,067 A
Médias	21,430 a	17,271 b	

Dados transformados em raiz (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 22. Concentração de proteínas ($\mu\text{g g}^{-1}$) nas folhas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	6,452	6,152	6,302 A
<i>T. catappa</i>	4,098	3,922	4,010 B
Médias	5,275 a	5,037 a	

Dados transformados em raiz (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 23. Concentração de proteínas ($\mu\text{g g}^{-1}$) na raiz de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	4,739	3,368	4,054 A
<i>T. catappa</i>	4,933	3,666	4,299 A
Médias	4,836 a	3,517 b	

Dados transformados em raiz (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 24. Concentração de aminoácidos ($\mu\text{g g}^{-1}$) nas folhas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	1,468	1,611	1,540 B
<i>T. catappa</i>	1,622	1,882	1,752 A
Médias	1,545 b	1,746 a	

Dados transformados em log (x)

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 25. Concentração de aminoácidos ($\mu\text{g g}^{-1}$) na raiz de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	44,203	43,490	43,847 A
<i>T. catappa</i>	31,440	35,171	33,305 B
Médias	37,822 a	39,330 a	

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 26. Concentração de prolina ($\mu\text{g g}^{-1}$) nas folhas de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	-0,379 Aa	-0,223 Ba	-0,301
<i>T. catappa</i>	-0,286 Ab	1,098 Aa	0,406
Médias	-0,333	0,438	

Dados transformados em $\log(x)$

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 27. Concentração de prolina ($\mu\text{g g}^{-1}$) na raiz de *S. terebinthifolius* e *T. catappa* submetidas ao alagamento por 16 dias em casa de vegetação.

Espécies	Tratamentos		Médias
	Controle	Alagado	
<i>S. terebinthifolius</i>	-0,295	-0,072	-0,184 B
<i>T. catappa</i>	-0,129	0,460	0,166 A
Médias	-0,212 b	0,194 a	

Dados transformados em $\log(x)$

Médias seguidas de letras distintas, letras maiúsculas na coluna (espécies) e minúsculas nas linhas (tratamentos), diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)