

ALTERAÇÕES ANATÔMICAS EM MUDAS DE UMBUZEIRO SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO

Jennifer Lauanny Carvalho Santos¹, Natalia Pimentel Esposito-Polesi², Kleyton Karlos Correia Santos¹, Rebeka dos Anjos Oliveira¹, Luiz Fernando Oliveira Barreto¹, Marcos Eric Barbosa Brito³

RESUMO: O umbuzeiro, frutífera endêmica do semiárido brasileiro, tem grande importância socioeconômica para a agricultura familiar. Contudo, sua produção é limitada a uma época do ano e suprimida pela degradação ambiental, o que torna importante a produção de mudas. Esta, por sua vez, é limitada pelo uso de águas salinas. O efeito da salinidade nas plantas pode ser minimizado pelo uso de condicionadores de solo, como o lodo de esgoto, apontado como uma alternativa capaz de reduzir os danos causados por esse estresse. A capacidade das plantas tolerarem a salinidade está intimamente relacionada aos seus mecanismos de respostas anatômicas, fisiológicas e bioquímicas. Portanto, objetivou-se avaliar as respostas anatômicas de mudas de umbu cultivadas em seis diferentes substratos e submetidas a cinco níveis de salinidade da água de irrigação, por meio de um experimento em ambiente protegido na UFS – Campus do Sertão, SE, disposto em blocos causalizados com parcelas subdivididas. Para tanto, secções paradérmicas e transversais a fresco de folíolos de umbu foram realizadas e avaliadas em microscópio de luz. O resultado mais significativo foi a alteração da presença e distribuição de tricomas tectores nas epidermes foliolares ao se comparar os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Spondias tuberosa*; salinidade; resposta anatômica.

ANATOMICAL ALTERATION IN UMBU SEEDLINGS SUBJECTED TO SALINE STRESS

ABSTRACT: The umbu fruit tree is endemic to the Brazilian semiarid region, and very important for family farming. However, the production is limited to a certain period of year and the plants have been suppressed due to environmental degradation. Wich makes seedling production important. Nevertheless this process is limited by the use of water with high salt content. The effect of salinity on plants can be minimized by the use of soil conditioners, and sewage sludge is a good alternative capable of reducing the damage caused by this stress. The plants ability to tolerate salinity is closely related to their anatomical, physiological, and

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Agrônoma, UFS-Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE.

² Profa. Doutora, substituta do Depto. Educação em Ciências Agrárias e da Terra, UFS-Campus do Sertão, Av. Vinte e Seis de Setembro, 1126 - Silos, Nossa Sra. da Glória - SE, 49680-000, Fone (79)99907-8644. e-mail: npeplesi@academico.ufs.br

³ Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Agrônoma do Sertão, UFS-Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE, bolsista de produtividade do CNPq

biochemical response mechanisms. Therefore, the objective was to evaluate the anatomical umbu responses of seedlings grown in six substrates and subjected to five levels of irrigation water salinity, through an experiment in a protected environment at the Federal University of Sertão (UFS), SE, arranged in randomized blocks with subdivided plots. To this end, fresh paradermal and transverse sections of umbu leaflets were taken and evaluated under a light microscope. The most significant result was the change in the presence and distribution of tector trichomes in the leaflet epidermis when comparing the treatments.

KEYWORDS: *Spondias tuberosa*; salinity; anatomical response.

INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma frutífera originária do semiárido brasileiro, que se destaca por sua importância socioeconômica, devido às suas características adaptativas nas condições edafoclimáticas da Caatinga (Silva et al., 2023). Seu sistema radicular formado por raízes longas, distribuídas próximas à superfície do solo com estruturas especializadas denominadas de xilopódios conferem à espécie uma alta capacidade de armazenamento de água e regulação do balanço hídrico (Lima Filho, 2011; Lorenzi, 1998). Adicionalmente, outra importante característica ecológica que torna o umbu adaptado a longos períodos de seca, ou xerófita, é a abscisão foliar para redução da superfície transpirante, evitando a perda excessiva de água (Cruz et al., 2016; Lima Filho, 2011).

Além da escassez hídrica, característica dessa região, a salinidade é outro fator que pode limitar o cultivo, pois afeta negativamente o desenvolvimento das plantas (Gul et al., 2024). O estresse desenvolvido pelo excesso de sal é consequência de dois componentes distintos, o primeiro deles é o componente osmótico – resultante da elevada concentração de solutos na rizosfera e consequente limitação na absorção de água pela redução do potencial osmótico (Machado & Serralheiro, 2017). Ele será mais severo quanto maior for a escassez de água no solo (Silva Junior et al., 2017). O segundo componente é o iônico – decorrente dos elevados teores de Na^+ e Cl^- , que acarreta toxicidade, altera a relação K^+/Na^+ e a absorção de outros nutrientes (Machado & Serralheiro, 2017; Silva, 2022).

Neste contexto, a agricultura bioassalada se destaca como uma importante alternativa de cultivo no semiárido (Porto et al., 2019), bem como, o uso de condicionantes de solo, como é o caso do lodo de esgoto tratado. Segundo, Pereira e Garcia (2017) o lodo de esgoto age na capacidade de troca catiônica, na estrutura e atividade microbiana que, por meio da respiração, geram um ambiente oxirredutor essencial na dinâmica dos nutrientes e de compostos orgânicos na solução do solo. Outro aspecto relevante, é sua ação como atenuador dos efeitos da salinidade, uma vez que o excesso de sais causa a dispersão das partículas e o rompimento dos agregados, diminuindo a retenção de água e nutrientes (Hou et al., 2020).

Contudo, as espécies apresentam níveis variados de tolerância à salinidade que podem estar intimamente relacionados à capacidade que as plantas têm em desencadear rapidamente respostas ou ajustes, sejam anatômicos, fisiológicos e/ou bioquímicos. Eles, também, se configuram como aspectos chave quando se investiga o comportamento das plantas frente aos diferentes tipos de estresses a que são submetidas constantemente. Neste contexto, respostas como a redução da área foliar e/ou abscisão foliar (Carneiro et al., 2002; Gondim, et al., 2010), aumento de barreiras que impeçam a evapotranspiração (cutícula espessa e aumento da densidade de tricomas tectores nas epidermes), alteração do número de camadas de células epidérmicas e parenquimáticas no mesofilo, além do aumento da densidade estomática das folhas (Neves et al., 2022; Oliveira et al., 2012), são descritos como eventos anatômicos importantes para reduzir os efeitos do estresse salino. Dessa forma, a anatomia vegetal torna-se uma ferramenta fundamental para compreender os ajustes anatômicos necessários à sobrevivência da espécie frente ao estresse salino e por essa razão, a presente pesquisa objetivou avaliar as possíveis alterações anatômicas em resposta ao uso de diferentes substratos e níveis de salinidade da água de irrigação na produção de mudas de umbu.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em ambiente protegido (casa de vegetação) da Universidade Federal de Sergipe – Campus do Sertão, localizado no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, SE (10°12'18" de latitude S e 37°19'39" de longitude W e altitude de 294 m) com temperatura média anual 25.1°C e média anual de pluviosidade de 720 mm, conforme classificação de Novais, o clima da região é o Tropical seco do Nordeste do Brasil, onde se tem entre 8 e 11 meses sem chuva e o mês mais frio é julho (Novais & Machado, 2023).

Usando o delineamento de blocos casualizados, com tratamentos formados a partir de parcelas subdivididas, foram estudados, na parcela, cinco níveis de salinidade da água de irrigação, correspondentes as condutividades elétricas da água (CEa) de 0,14 dS m⁻¹, 1,5 dS m⁻¹, 3,0 dS m⁻¹, 4,5 dS m⁻¹ e 6,0 dS m⁻¹. Já na subparcela foram preparados seis substratos (Tabela 1), sendo quatro deles a base de lodo de esgoto tratado e casca de coco triturada, além de solo local em diferentes proporções (de modo a possibilitar o uso de resíduos sólidos e otimizar o sistema de produção de mudas), e outros dois substratos: o substrato comercial, que foi composto por casca de pinus, humus e vermiculita, e um usado na produção de mudas de Spondias no viveiro de mudas da Chesf, denominado Substrato 5.

Tabela 1. Detalhamento da formulação dos diferentes substratos utilizados no experimento

Substrato	Proporções Dos Componentes
Comercial Tropstrato®	composto por casca de pinus, humus e vermiculita
1	50% de casca de coco, 20% de lodo de esgoto e 30% de solo local
2	40% de casca de coco, 30% de lodo de esgoto e 30% de solo local
3	30% de casca de coco, 40% de lodo de esgoto, 30% de solo local
4	20% de casca de coco, 50% de lodo de esgoto e 30% de solo local
5	Chesf

As águas de irrigação foram provenientes da mistura de águas do Rio São Francisco e de poço tubular localizado no município de Nossa Senhora da Glória, até se obter as águas com as condutividades elétricas desejadas. A irrigação foi realizada manualmente, sendo o volume determinado por meio de balanço hídrico, obtido por lisimetria de pesagem, adicionando-se uma fração de lixiviação (FL) de 10%. Até os 90 dias após a semeadura (DAS) as mudas receberam águas com baixa condutividade elétrica, água do São Francisco, a partir deste período, foram aplicadas águas com os diferentes níveis de condutividade elétrica até as plantas estarem aptas ao transplante, que ocorreu aos 180 DAS.

Para a análise anatômica foram coletadas folhas maduras e completamente expandidas de umbuzeiro provenientes dos 3º e 4º nós das mudas (para cada tratamento). As amostras foliares coletadas foram imediatamente transportadas para o laboratório e lavadas com água deionizada para remoção de sujidades superficiais. Na sequência retiraram-se os folíolos da região mediana da folha (Fig. 1) para a realização de cortes paradérmicos e transversais. Os cortes paradérmicos foram realizados em ambas as epidermes por meio da extração manual das epidermes (abaxial e adaxial). Já as secções transversais foram feitas por meio de cortes a fresco da região mediana do folíolo. Em seguida, procedeu-se a coloração das secções transversais com azul de toluidina (0,05%) em tampão-fosfato e ácido cítrico e das secções paradérmicas com safranina 1%. Lâminas semipermanentes foram preparadas, analisadas em microscópio óptico e fotomicrografadas.

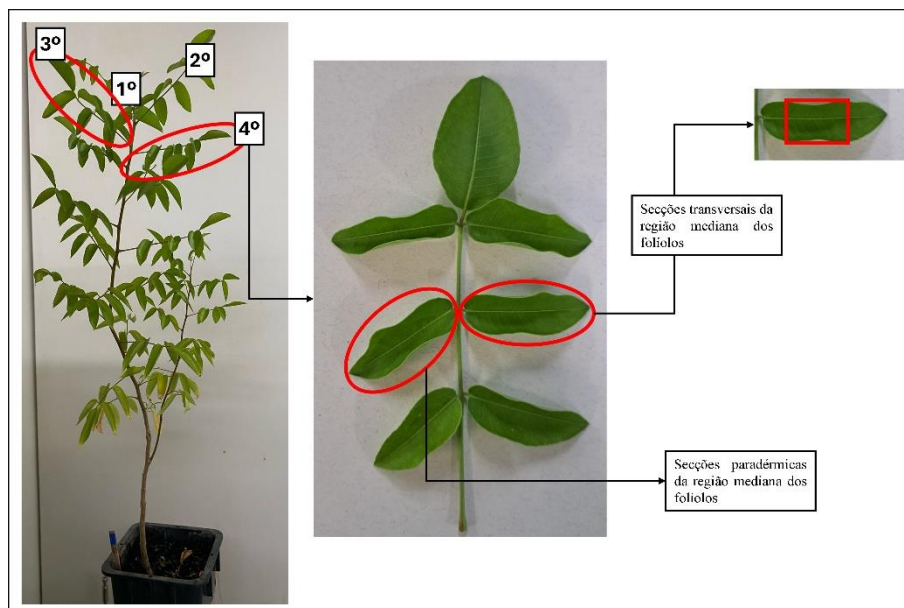


Figura 1. Detalhamento da coleta das amostras de cada tratamento. Com destaque aos nós nos quais foram extraídas as folhas e posteriormente os folíolos utilizados para proceder os cortes paradérmicos e transversais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos anatômicos foliolares de umbuzeiro, independentemente do nível de salinidade e do tipo de substrato, mostraram uma lâmina anfiestomática, com estômatos mesmo nível das células epidérmicas. Na face abaxial houve maior predominância de estômatos e todos do tipo anomocíticos (Fig. 2A). Segundo Kundu e Tigerstedt (1998), o predomínio de estômatos na epiderme abaxial auxilia na proteção contra condições microambientais desfavoráveis, como temperatura mais elevada na face adaxial e o grau de umidade, que é maior na face abaxial. Na epiderme adaxial, foram observados estômatos do tipo paracíticos em uma densidade muito baixa e restritos às proximidades das nervuras (Fig. 2B). Alguns estudos com *Spondias tuberosa* caracterizam seus folíolos como hipoestomáticos (Nascimento-Silva & Paiva, 2007; Neves, et al. 2022). Contudo, variações na distribuição dos estômatos podem indicar maior adaptabilidade das mudas frente às condições ambientais da região, uma vez que folhas anfiestomáticas tendem a ter uma maior eficiência fotossintética. Segundo Mott et al. (1982), a presença de estômatos em ambas as faces pode representar um mecanismo de aumento da taxa fotossintética, uma vez que permite uma troca gasosa eficiente se comparada com folhas hipoestomáticas. Em condições de alta salinidade as plantas tendem a exibir um comportamento semelhante quando em condições de escassez de água (xérico), dessa forma o aumento da eficiência em realizar as trocas gasosas está diretamente relacionado à maior área estomática útil (Elias et al., 2003).

Ainda em vista paradérmica, a epiderme abaxial é composta por células de parede sinuosas, enquanto na epiderme adaxial é composta por células de paredes retas (Fig. 2A e 2B).

A sinuosidade é outro aspecto adaptativo importante para as plantas de ambientes como a Caatinga. Sendo assim paredes celulares retas e justapostas, como aquelas presentes na epiderme adaxial de folíolos de umbu, podem representar maior adaptação à perda excessiva de água (Elias et al., 2003; Neves, et al. 2022).

Em corte transversal, observou-se uma única camada de células epidérmicas para ambas as faces (Fig. 2C, D e E), sendo maiores e com cutícula mais espessa na face adaxial. A cutícula mais espessa na face adaxial atua como uma barreira contra dessecação e dissipação do calor pelo excesso de irradiância, especialmente em se tratando de espécies do semiárido ou ambientes xéricos (Esposito-Polesi et al., 2011). Mesofilo dorsiventral com parênquima paliçádico provido de uma única camada de células e parênquima lacunoso formado por 4 a 6 camadas celulares (Fig. 2C), apresentando idioblastos com cristais de oxalato de cálcio em forma de drusas (Fig.2C e F) e feixes vasculares colaterais. Adicionalmente, verificou-se, nas nervuras centrais, a presença de ductos secretores – resiníferos, ao longo de toda a nervura central (Fig.2G, H, I) e em quantidade e frequência menores no mesofilo (Fig. 2J).

Tanto a presença de drusas (idioblastos) como dos ductos resiníferos são relatados como presentes em umbu e podem ser correlacionados com processos adaptativos da espécie (Elias et al., 2003; Nascimento-Silva & Paiva, 2007; Neves, et al. 2022). As drusas de oxalato de cálcio podem auxiliar na regulação do equilíbrio de íons no citosol das células vegetais, ao remover o excesso cálcio do sistema (Fahn, 1990; Franceschi & Horner, 1980). Esses cristais podem, ainda, atuar como protetores contra a herbivoria e na manutenção de nutrientes, como reserva de cálcio ou oxalato para a planta (Esposito-Polesi et al., 2011; Volk et al., 2002).

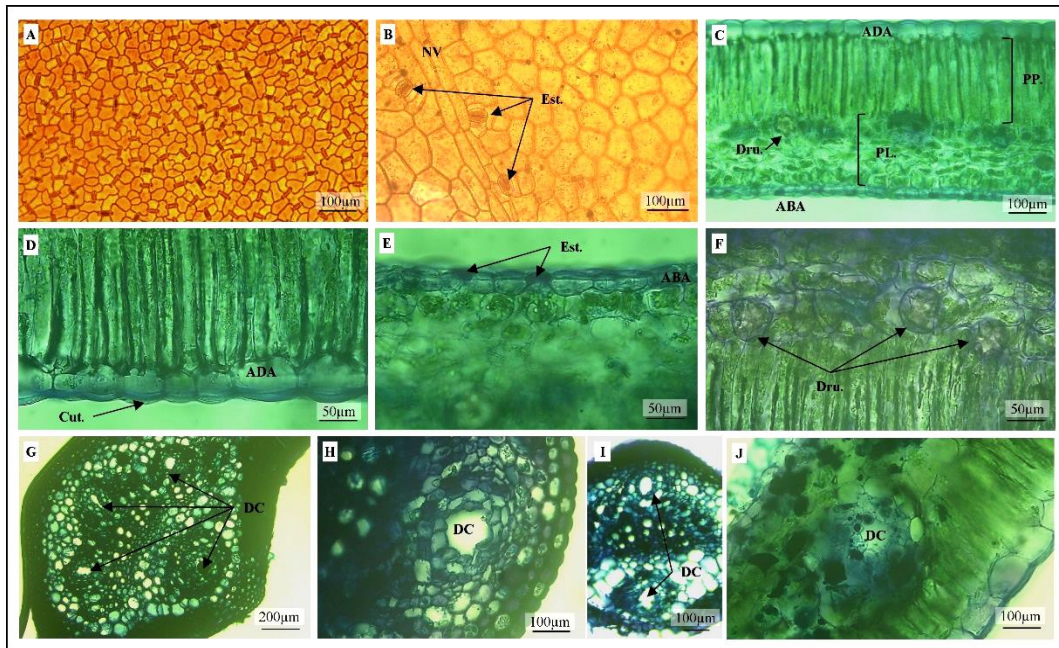


Figura 2. Fotomicrografias de folíolos de umbuzeiro. A e B - Seções Paradérmicas da face abaxial (A) com alta densidade estomática e da face adaxial (B) com poucos estômatos (Est.) próximos à nervura (NV). C-J: Seções transversais, evidenciando o mesofilo dorsiventral (C), epiderme adaxial (ADA) com uma camada espessa (D) de cutícula (Cut.), epiderme abaxial (ABA) com cutícula fina (E) e estômatos (Est.) no nível das células epidérmicas. Além de drusas (Dru.) de oxalato de cálcio ao longo de todo mesofilo (E e F) e ductos secretores (DC) nas nervuras centrais (G, H e I) e no mesofilo foliolar (J).

A anatomia comparada de todas as amostras não revelou diferenças discrepantes em relação ao número de camadas de células tanto do parênquima paliçádico, quanto do lacunoso, densidade estomática (de forma visual), espessura da cutícula bem como presença de drusas ou ductos secretores com o aumento da salinidade ou tipo de substrato. Entretanto, diferenças significativas em relação a presença e densidade de tricomas tectores nas epidermes, foi observada. De maneira geral, estudos com anatomia de umbu apontam a presença de tricomas tectores em ambas as epidermes (Neves et al., 2022), todavia, na presente pesquisa, essas estruturas foram observadas em folíolos de alguns substratos e algumas salinidades apenas. No substrato comercial, por exemplo, os tricomas tectores estiveram presentes apenas na epiderme adaxial e restritos à nervura central, independentemente da concentração salina (Fig. 3A). Nos demais substratos ocorreu variação significativa na presença e densidade dessas estruturas, de tal modo que no substrato 1 na salinidade 4 observou-se tricomas tectores distribuídos na epiderme adaxial (Fig. 3B) e na salinidade 5 não se observou tricomas em nenhuma das faces. No substrato 2, salinidades 2 e 3 essas estruturas foram observadas tanto na face adaxial quanto na abaxial (Fig.3C e D). O substrato 3 apresentou nas salinidades 2, 3, 4 e 5 tricomas tectores distribuídos por toda a epiderme tanto na face adaxial quanto na abaxial, com maior densidade dessas estruturas nas salinidades 4 e 5. Da mesma forma, no substrato 4 (Fig.3E, F, G e H). Por fim, no substrato 5 eles foram observados na epiderme abaxial apenas na salinidade 5, contudo na face adaxial sua presença variou entre os níveis de salinidade. A presença de tricomas tectores pareceu estar condicionada ao nível de salinidade, tanto é que na menor concentração salina não ocorreu essa estrutura na epiderme abaxial independentemente do substrato.

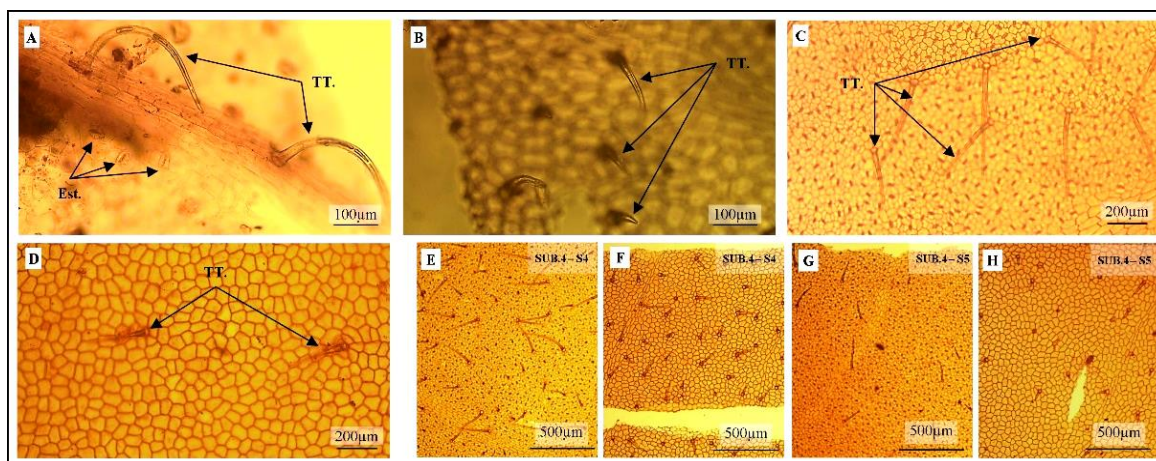


Figura 3. Fotomicrografias de secções paradérmicas dos folíolos de umbuzeiro. A – Epiderme adaxial de folíolos em substrato comercial com os tricomas tectores (TT.) na nervura central, juntamente de alguns estômatos (Est.). B – (substrato 1 na salinidade 4), epiderme adaxial com tricomas tectores distribuídos pelo tecido todo. C e D – (substrato 2, salinidades 2) tricomas tectores tanto na face abaxial (C) quanto na face adaxial (D). E – H (substrato 4) tricomas tectores presentes em grande densidade nas epidermes abaxiais (E e G) e adaxiais (F e H) na salinidade 4 (E e F) e na salinidade 5 (G e H).

Ao avaliar a presença de tricomas tectores como estruturas capazes de controlar a perda excessiva de água, por criarem um microambiente rico em vapor de água em torno da folha

(Esposito-Polesi et al., 2011; Nascimento-Silva & Paiva, 2007) e entendendo o estresse salino como um desencadeador de respostas anatômicas e fisiológicas para a economia de água, é possível inferir que essa resposta seja vista como um mecanismo de defesa contra a salinidade, ou como uma estratégia adaptativa frente a esse tipo estresse. No presente trabalho foi verificado que à medida que o grau de salinidade aumentou, a presença dessas estruturas foi cada vez mais frequente, e isso é corroborado quando se observa dentro de alguns substratos, como é o caso dos substratos 3 e 4. Todavia, no substrato comercial não ocorreu tricoma tector na face abaxial em nenhuma salinidade e nos substratos 1 e 2 eles não foram detectados nos maiores níveis de salinidade, mostrando que embora haja essa tendência de maior densidade quando a salinidade cresce, o substrato pode ter interferido nessa dinâmica.

CONCLUSÕES

Em virtude dos resultados obtidos e da diversidade de tratamentos a que as mudas de umbuzeiro foram submetidas, a correlação direta entre os atributos anatômicos e possíveis mecanismos de resposta ao estresse salino torna-se difícil e arbitrária. No entanto, a presença de tricomas tectores pode ser sugerida como um mecanismo adaptativo do controle da perda excessiva de água e, conseqüentemente, como uma estratégia de mitigar o estresse causado pela elevação da concentração de sal na água de irrigação. A variação quanto à presença e distribuição dos tricomas tectores parece estar condicionada ao nível de salinidade, haja visto que na menor concentração salina não ocorreu essa estrutura na epiderme abaxial independentemente do substrato. Contudo, os substratos que mais influenciaram ou promoveram essa estratégia adaptativa de forma visível foram os substratos 3 e 4. Comprovando o importante papel do substrato como um atenuador de estresse salino em mudas de umbuzeiro.

AGRADECIMENTOS

Ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap), e a CHESF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 199-206, 2002.
- CRUZ, F. R. S.; de ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 69-80, 2016.
- ELIAS, S. R.; ASSIS, R. M.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; REZENDE, M. H. Anatomia foliar em plantas jovens de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil.(Solanaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 26, p. 169-174, 2003.
- ESPOSITO-POLESI, N. P.; RODRIGUES, R. R.; ALMEIDA, M. D. Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* Kiaersk (Myrtaceae). **Revista Árvore**, 35, 255-263, 2011.
- FAHN, A. **Plant anatomy**. New York: Pergamon Press, 1990.
- FRANCESCHI, V. R.; HORNER, H. T. Calcium oxalate crystals in plants. **The Botanical Review**, v. 46, n. 4, p. 361-427, 1980.
- GONDIM, T. M. S.; CAVALCANTE, L. F.; BELTRÃO, N. E. M. Aquecimento global: salinidade e consequências no comportamento vegetal. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas.**, Campina Grande, v.14, n.1, p.37-54, 2010
- GUL, N.; SAEED, A.; KHAN, A. I.; AWAN, F. S. Assessment of Cotton Genotypes at the Seedling Stage: A Comparative Study of Morphophysiological and Biochemical Responses to Various Salinity Stress Levels. *Journal of Xi'an Shiyou University*, **Natural Science Edition**, v. 20, n.3, p. 388 – 402, 2024.
- HOU, R. J.; LI, T. X.; FU, Q.; LIU, D.; LI, M.; ZHOU, Z. Q.; YAN, J. W.; ZHANG, S. Research on the distribution of soil water, heat, salt and their response mechanisms under freezing conditions. **Soil Tillage Research**, v. 196, Article 104486, Feb. 2020.
- KUNDU, S. K.; TIGERSTEDT, P. M. A. Variation in net photosynthesis, stomatal characteristics, leaf area and whole plant phytomass production among ten provenances of neem (*Azadirachta indica*). **Tree Physiology**, n.19, p.47-52, 1998.
- LIMA FILHO, J.M. P. **Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) - Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 24 p.** (Embrapa Semiárido. Documentos, 240).
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ª edição. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. p. 10.

- MACHADO, R. M. A.; SERRALHEIRO, R. P. Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. **Horticulturae**, v. 3, n. 2, p. 30, 2017.
- MOTT, K.A.; GIBSON, A.C.; O'LEARY, J.W. The adaptative significance of amphistomatic leaves. **Plant Cell and Environment** 5:455-460. 1982.
- NASCIMENTO-SILVA, O; DE PAIVA, J. G. A. Estudos morfológicos e anatômicos em folhas adultas de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae Lindley). **Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas**, v. 6, n. 2, p. 36-43, 2007.
- NEVES, J. S. F.; DE SOUSA, B. S.; DE SOUZA, M. L.; PEREIRA, E. J.; ROQUE, J. L.; PORTO, J. M. P.; BRAGA, F. T. Initial growth of Umbuzeiro seedlings (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) subjected to different water regimes: morphoanatomical characteristics: **Brazilian Journal of Development**, 60254-60272, 2022.
- NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Los climas de Brasil: según la clasificación climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, Jan./Jun. 2023.
- OLIVEIRA, M. A. D.; BARROS, I. M. S. D.; PEREIRA, P. M.; POMPILHO, W. M.; MIGUEL, T. B. A. R.; MIGUEL, E. D. C. Morfoanatomia de *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) expostas a estresse salino. *Perspectiva Online: Ciências Biológicas e da Saúde*, v.7, n.2, p. 76-88, 2012.
- PEREIRA, A. C. A.; GARCIA, M. L. Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: Estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 531-538, Mai./Jun. 2017.
- PORTO, E. R.; HERMES, L. C.; FERREIRA, R. S.; VEIGA, H. P.; SAIA, A. Agricultura biosalina: desafios e alternativas para o uso de águas salobras e salinas no semiárido brasileiro. **Embrapa Meio Ambiente**. Documentos, 12, 38p. 2019.
- SILVA JÚNIOR, E. G.; SILVA, A. F.; LIMA, S. J.; SILVA, M. F. C.; MAIA, J. M. Vegetative development and content of calcium, potassium, and sodium in watermelon under salinity stress on organic substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1149-1157, 2017.
- SILVA, E. F. D. Características fisiológicas envolvidas na resistência diferencial ao estresse salino em porta-enxertos de videira. 2022. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada – PE. 2022.
- SILVA, L. A.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; ROQUE, I. A.; FÁTIMA, R. T.; LIMA, A. S. Morphophysiology and water relations of *Spondias* rootstocks under different irrigation frequencies. **Revista Caatinga**, v. 36, p. 865-874, 2023.
- VOLK, G. M. et al. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. **Plant Biology**, v.4, p.34-45, 2002.