

HISTOQUÍMICA FOLIOLAR DE MUDAS DE UMBUZEIRO EM SUBSTRATOS A BASE DE LODO SOB SALINIDADE

Natalia Pimentel Esposito-Polesi¹, Jennifer Lauanny Carvalho Santo², Kleyton Karlos Correia Santos²,
Celso Felype Rodrigues Andrade², Arina Conceição Barreto², Marcos Eric Barbosa Brito³

RESUMO: O umbuzeiro, embora seja nutricionalmente rico e economicamente importante para a agricultura familiar do semiárido, sua obtenção advém, em grande parte, do extrativismo. Contudo, muitos estudos têm se dedicado a estabelecer formas rápidas, produtivas e economicamente viáveis de produção de mudas. Adicionalmente, a limitação imposta pelo uso de água salobras, exige a escolha de substratos que minimizem o estresse salino, como é o caso do lodo de esgoto, um bom condicionador de solo. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da salinidade e dos substratos no metabolismo das mudas de umbu, por meio de técnicas de coloração diferencial dos componentes celulares (amido, lipídeo e compostos fenólicos). Para tanto, foram avaliadas secções transversais a fresco do terço médio foliolar de mudas umbu cultivadas em seis 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. Os compostos fenólicos, como indicadores de estresse, revelaram que o substrato 4 não foi capaz de remediar o estresse salino em mudas de umbu, devido à sua maior produção.

PALAVRAS-CHAVE: *Spondias tuberosa*; salinidade; compostos fenólicos.

ANATOMICAL ALTERATION IN UMBU SEEDLINGS SUBJECTED TO SALINE STRESS

ABSTRACT: Although the umbu tree is nutritionally rich and economically important for family farming in the semiarid region, its harvesting is largely derived from extractivism. However, many studies have focused on establishing rapid, productive, and economically

¹ 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: npepolesi@academico.ufs.br

² Acadêmico(a) do curso de Engenharia Agrônoma, UFS-Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória, SE

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

viable methods of seedling production. Furthermore, the limitations imposed by the use of brackish water require the selection of substrates that minimize saline stress, such as sewage sludge, a good soil conditioner. Therefore, the objective was to evaluate the effect of salinity and substrates on the metabolism of umbu seedlings using differential staining techniques for cellular components (starch, lipids, and phenolic compounds). To this end, fresh cross sections of the middle third of the leaves of umbu seedlings grown on six substrates and subjected to five irrigation water salinity levels were evaluated in a protected environment experiment at the UFS – Campus do Sertão (SE). Phenolic compounds, as stress indicators, revealed that substrate 4 was not able to remedy saline stress in umbu seedlings, due to its higher production.

KEYWORDS: *Spondias tuberosa*; salinity; anatomical phenolic compounds.

INTRODUÇÃO

Spondias tuberosa Arruda Câmara é uma frutífera pertencente à família Anacardiaceae e ao gênero *Spondias* (Lima Filho, 2011) e, popularmente, conhecida como umbu (Maia, 2004; Santos, 2015). Esta árvore endêmica do Bioma Caatinga tem merecido destaque devido às suas características adaptativas nas condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro (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 (Lorenzi, 1998; Lima Filho, 2011).

O umbuzeiro tem desempenhado importante papel socioeconômico tanto pelos frutos que produz, cerca de 300kg de fruto por planta, dependendo das condições climáticas, quanto para as populações locais do Nordeste brasileiro na composição da renda familiar de muitas comunidades (Lima Filho, 2011; Moreira et al., 2021). Em 2023, segundo dados do IBGE, o Brasil produziu pouco mais de 15 mil toneladas de frutos de umbu, um crescimento de 88% na produção e 160% em seu valor, entre 2017 e 2023 (IBGE, 2024).

Seus frutos podem ser utilizados na forma in natura ou como matéria prima na fabricação de sucos, sorvetes, geleias etc. Além disso, são adicionados às rações de caprinos e ovinos para suplementação alimentar (Nunes et al., 2018; Moreira et al, 2021). Outro importante uso da planta de umbu se refere ao potencial de prospecção de compostos bioativos para a produção de fármacos, principalmente, tendo em vista os elevados teores de tiamina, ácido fólico, ácido nicotínico, ácido pantotênico, riboflavina, cianocobalamina, piridoxina e biotina, bem como de

compostos fenólicos (flavonoides, triterpenóides e xantonas), além de carotenoides como α -caroteno e β -caroteno (Assis et al., 2020; Moreira et al., 2021).

Embora seja uma planta rica nutricionalmente e se configure como potencial econômico e ambiental para muitas famílias do semiárido, sua comercialização está em grande parte, condicionada ao extrativismo dos frutos (Pereira et al., 2021). Uma importante alternativa para mitigar essa prática, incrementar a produção e consolidar o cultivo dessa espécie é o incentivo a estudos voltados para a elaboração de protocolos de produção de mudas com qualidade em intervalos de tempo reduzidos, que possam servir para o estabelecimento de pomares comerciais e de recuperação de áreas desmatadas da caatinga (Cunha et al., 2005). De modo a fomentar pesquisas com enfoque nas melhores fontes de propágulo (sementes, estacas, enxertos e porta-enxertos), em ajustes adequados de macro e micronutrientes, escolha de substratos, recipientes, métodos de irrigação, entre outros (Cruz et al., 2016).

A escolha adequada do substrato também é imprescindível, não apenas pelo desenvolvimento adequado das mudas, mas por poder representar uma fonte atenuadora do estresse. O lodo de esgoto tem sido apontado como um condicionador de solo, capaz de atuar na estrutura e atividade microbiana, na capacidade de troca catiônica do solo (Pereira e Garcia, 2017), além de ter 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).

Pesquisas com essa finalidade têm sido desenvolvidas utilizando ferramentas de análise que permitam compreender os mecanismos de respostas das plantas ao estresse. Uma delas é a análise histoquímica, técnica importante dentro da anatomia vegetal, que pode ser utilizada para avaliar as respostas da planta frente ao estresse salino, uma vez que muitos compostos identificados por essa metodologia, servem como indicativos do status metabólico e de estresses bióticos e abióticos (Santos et al., 2009; Esposito-Polesi et al., 2013). Sendo assim, na presente pesquisa, objetivou-se avaliar, por meio de análises histoquímicas, as possíveis alterações metabólicas 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 as análises histoquímicas foram coletadas folhas maduras e completamente expandidas de umbuzeiro provenientes dos 3° e 4° 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 para a realização de cortes transversais a fresco. Para a caracterização de lipídeos utilizou-se Sudan Black B, para o amido o Lugol, e para compostos fenólicos o cloreto férrico. Lâminas semi-permanentes foram montadas e avaliadas em microscópios de luz, atribuindo-se o critério de avaliação segundo os parâmetros: ausência (-) ou presença (+) das substâncias e, quantitativamente, como pouco presente (+), moderadamente presente (++) ou intensamente presente (+++) (Esposito-Polesi et al., 2013), destacando-se que simultaneamente aos testes foram realizadas secções-controle, ou seja, sem nenhuma coloração (Figura 1A e 1B).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização histoquímica foliolar de mudas de umbuzeiro provenientes dos diferentes tratamentos permitiu evidenciar uma grande variedade de respostas, como pode ser verificado na Tabela 1. Com exceção das amostras provenientes do nível de salinidade 1 dos substratos comercial, 2 e 5, a presença de compostos fenólicos foi evidenciada, na forma de pequenas pontuações marrom escuro (setas), predominantemente na nervura central, próximo ao feixe vascular e de ductos secretores (Fig. 2D, 2B e 2D), quando em maior quantidade estes puderam ser observados nas células da epiderme adaxial e no mesofilo também (Fig. 2C).

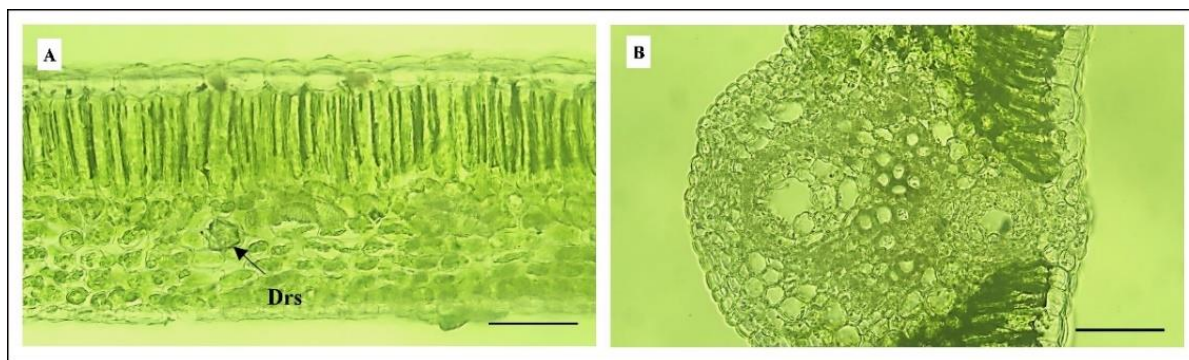


Figura 1. Fotomicrografia de secções transversais de folíolos de umbuzeiro, sem coloração (controle). A: destaque ao mesofilo dorsiventral, com parênquima paliádico provido de uma única camada de células e parênquima lacunoso formado por 4 a 6 camadas celulares, apresentando idioblastos com cristais de oxalato de cálcio em forma de drusas (Drs) e B - feixes vasculares colaterais. (Barra = 100 µm).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários provenientes da rota do ácido chiquímico ou da rota do ácido mevalônico (Cunha & Roque 2005). Eles atuam na defesa da planta contra patógenos, herbivoria e radiação UV (Taiz & Zeiger, 2017). Estes compostos podem atuar, ainda, como sinalizadores de estresses e/ou alta taxa metabólica (Esposito-Polesi et al., 2013), bem como atuar como antioxidantes capazes de suprimir o estresse oxidativo em

plantas (Deus et al., 2019; Peixoto et al., 2007). Sua presença em altos níveis no substrato 1 na salinidade 1 e no substrato 4 na salinidade 5, pode indicar uma via de resposta ao estresse salino mais intensa ou uma maior taxa de estresse oxidativo, que culmina, na maior produção desse composto na tentativa de se proteger ou defender. Em outras palavras, as mudas desses substratos foram mais exigidas em relação aos outros substratos, portanto, eles não foram capazes de atuarem como atenuadores.

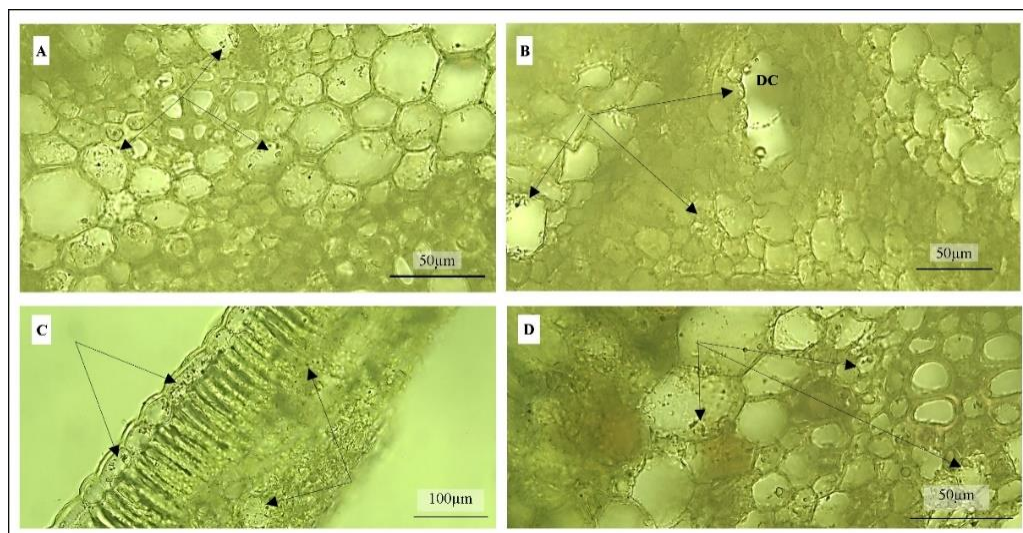


Figura 2. Fotomicrografia de seções transversais de folíolos de umbuzeiro. Reação para compostos fenólicos (setas), próximo ao feixe vascular, ductos secretores (A B e D), nas células da epiderme adaxial e no mesofilo (C). Destaque à intensidade de reação, na qual em A é pouco intenso, em B é moderado e em C é mais intenso. Sigla: DC = Ducto Glandular.

O substrato pode ter papel fundamental no fornecimento de nutrientes e na retenção de água para as mudas. O lodo de esgoto pode atuar como um atenuador de estresse ao reduzir o potencial osmótico no interior do sistema radicular, contribuindo para a absorção de água e ajustamento osmótico das plantas no meio salino (Lacerda et al., 2010; Freire et al., 2015). Contudo as combinações utilizadas podem eventualmente não terem sido suficientes para evitar o estresse oxidativo promovido pela salinidade, como se vê nos substratos 1 e 4.

Na reação para lipídeos, as respostas foram todas positivas (Fig. 3A a 3C) como pontuações e contornos que variaram de azul escuro a preto nas paredes das células de todos os tecidos do mesofilo, e azul mais claro nas células de ambas as epidermes e cutícula. Os lipídeos, além de constituintes das membranas celulares, podem auxiliar na prevenção de perda excessiva de água (Taiz & Zeiger, 2017). Dessa forma, é possível verificar que a maior intensidade de resposta à medida que o nível de salinidade aumentou, para a maioria dos substratos, pode indicar uma tentativa de mitigar os efeitos da salinidade ao criar barreiras para evitar a perda

excessiva de água. No substrato 4, porém, a menor intensidade pode indicar que as mudas não acessaram essa via como uma estratégia de tolerância.

Tabela 1 – Caracterização histoquímica de amido, lipídeo e compostos fenólicos em amostras do terço médio foliolar de mudas de umbuzeiro.

Perfil Histoquímico				
Substrato	Nível de Salinidade (dS m ⁻¹)	Compostos Fenólicos	Lipídeos	Amido
		Intensidade		
Comercial	0,14	-	+	-
	1,5	+	+++	++
	3,0	+	++	+
	4,5	+	++	-
	6,0	-	++	-
1	0,14	+++	+++	-
	1,5	+	+++	+
	3,0	+	++	-
	4,5	++	+++	-
	6,0	++	++	-
2	0,14	-	++	+
	1,5	+	++	++
	3,0	+	++	-
	4,5	+	+++	++
	6,0	+	++	+
3	0,14	+	+++	+++
	1,5	+	++	+++
	3,0	+	+++	-
	4,5	+	+++	+
	6,0	+	++	++
4	0,14	+	+	+
	1,5	+	+	-
	3,0	++	+	+
	4,5	++	++	-
	6,0	+++	++	+
5	0,14	-	+	+
	1,5	+	+++	-
	3,0	+	++	-
	4,5	+	+	-
	6,0	+	++	-

Nota: Os sinais (-) ou (+) representam respectivamente ausência ou presença das substâncias e, quantitativamente, classificados como pouco presente (+), moderadamente presente (++) ou intensamente presente (+++), de acordo com a intensidade das respostas aos testes aplicados.

O amido foi a substância ergástica com menor intensidade de reação. Quando presente, (coloração azul arroxeadada dos grânulos de amido) foi detectado na nervura central, próximo ao feixe vascular (Fig. 3D a 3F). Para amostras do substrato 3 nas salinidades 1 e 2, observou-se a presença desses grânulos também em células do mesofilo próximas aos ductos secretores (Fig. 3G). Embora o amido seja um polissacarídeo importante para reserva e para os períodos em que a fotossíntese não está ocorrendo, sua quantidade excessiva pode afetar diretamente as reações carboxilação da Rubisco (Nascimento-Silva, 2008; Esposito-Polesi et al., 2013). Dessa forma,

maiores intensidades de resposta podem estar relacionadas a desequilíbrios metabólicos ou desencadear alterações nas taxas fotossintéticas.

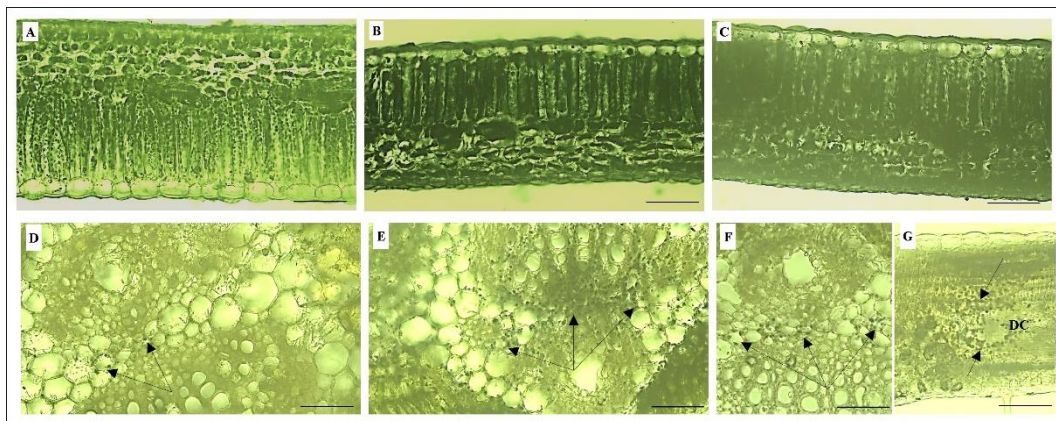


Figura 3. Fotomicrografia de secções transversais de folíolos de umbuzeiro. A – B. Reação para lipídeos positiva para todas as amostras, porém com variação de intensidade, sendo pouco intenso (A), moderado (B) e intenso (C). D – G. Reação para amido positiva para algumas amostras com predomínio de reação na região próxima aos feixes vasculares (D a F) e em alguns casos presente no mesofilo também (G). Nota-se a variação de intensidade em pouco intenso (D), moderado (E) e intenso (F e G). (Barra = 100 μ m).

CONCLUSÕES

Em virtude do que foi exposto é possível inferir que a variação quanto à presença e intensidade dos compostos não permitiu estabelecer uma correlação direta do substrato ou salinidade com a diversidade de respostas. Todavia, tomando-se a presença de compostos fenólicos como indicador de estresse é possível inferir que o substrato 4 seguido do substrato 1, foram os que induziram uma maior atividade metabólica na busca por tolerar ou mitigar o estresse salino e/ou oxidativo, com o aumento gradativo de sua produção à medida que a salinidade aumentou (substrato 4). O papel do substrato como atenuador pode ser observado também para a reação de lipídeos, na qual sua produção foi menos intensa no substrato 4, comprovando que ele não foi capaz de estimular ou induzir esse mecanismo de resposta e proteção contra a perda excessiva de água.

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

- ASSIS, R. C.; SOARES, R. D. L. G.; SIQUEIRA, A. C. P.; de ROSSO, V. V.; de SOUSA, P. H. M.; MENDES, A. E. P.; ... MAIA, C. S. C. Determination of water-soluble vitamins and carotenoids in Brazilian tropical fruits by High Performance Liquid Chromatography. **Heliyon**, v. 6, n. 10, e05307, 2020.
- 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.
- CUNHA, A. O.; de ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; da SILVA, J. A. L.; de SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.
- CUNHA, A.P.; ROQUE, O.R. 2005. Produtos Resinosos, p. 423-431. In: CUNHA, A.P. de, 2005. **Farmacognosia e Fitoquímica**. Fundação Calouste Guilbenkian, Lisboa, p. 670.
- DEUS, V. L. et al. Compostos fenólicos em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico: uma revisão. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**, v. 1, n. 1, p. 70-84, 2019.
- ESPOSITO-POLESI, N. P.; ALMEIDA, C. V.; ALMEIDA, M.. Avaliação histoquímica de espécies de micropilantas hospedeiras de endófitos. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 19, n. 2, p. 61-71, 2013.
- FREIRE, J. L. O. et al. Teores de micronutrientes no solo e no tecido foliar do maracujazeiro amarelo sob uso de atenuantes do estresse salino. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 65-81, 2015.
- 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.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. **Levantamento Sistemático da produção agrícola: Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.
- LACERDA, C. F. et al. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 303-318.
- 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.

- MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora. 2004.
- MOREIRA, M. N.; COSTA, E. K. C; DONATO, S. L. R.; NARAIN, N. Perfil fitoquímico e propriedade antioxidante de diferentes genótipos de frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, e58101623116, 2021.
- NASCIMENTO-SILVA, O.; CHINALIA, L. A.; PAIVA, J. G. A. de. Caracterização histoquímica dos folíolos de *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae Lindl.). **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 62-68, 2008.
- 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.
- NUNES, E. N.; GUERRA, N. M.; ARÉVALO-MARÍN, E.; ALVES, C. A. B.; NASCIMENTO, V. T. do, CRUZ, D. D. da; LADIO, A. H.; SILVA, S. de M.; OLIVEIRA, R. S. de; LUCENA, R. F. P. de. Local botanical knowledge of native food plants in the semiarid region of Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 14, n. 1, p. 1–13, 2018.
- PEIXOTO, P. H. P.; PIMENTA, D. S.; CAMBRAIA, J. Alterações morfológicas e acúmulo de compostos fenólicos em plantas de sorgo sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 66, p. 17-25, 2007.
- 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.
- PEREIRA, F. R. A.; PEREIRA, W. E.; PESSOA, A. M. DOS S.; VASCONCELOS, E. S. A. G. DE. Biometry in Umbu fruits from the semi-arid region of Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Oct. 2021.
- SANTOS, M. M. de O. **Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de plantas jovens de amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All. AC Smith) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Com.)**. 2015. 90 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA, Bahia, 2015.
- 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.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.