

ÁCIDOS ORGÂNICOS MITIGAM O ESTRESSE SALINO EM MAMOEIRO

Alex Alvares da Silva¹, Gabriel Sidharta dos Santos Rego², Rita de Cássia do Nascimento Medeiros-Sá², Alexandre Xavier de Oliveira², Luan Cordeiro de Souza Barbosa³, Francisco Vaniés da Silva Sá⁴

RESUMO: A espécie *Carica papaya* L. é uma planta herbácea, tropical, originária, provavelmente, do Noroeste da América do Sul ou da Bacia Amazônica Superior, onde sua diversidade genética é máxima. O Brasil é o primeiro produtor mundial de mamão e também um dos maiores exportadores. No Nordeste os maiores produtores são Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, estados que registram problemas com estresse salino. Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar aplicação exógena de ácidos orgânicos para mitigar o estresse salino em mudas de mamoeiro. A pesquisa foi desenvolvida em uma casa de vegetação, na Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campus IV, Catolé do Rocha-PB. O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo duas cultivares mamoeiro (C1: Havaí e C2: Formosa) e cinco tratamentos de salinidade com atenuadores: T1: água de 0,3 dS m⁻¹ (controle); T2: água de 2,5 dS m⁻¹ (estresse salino); T3: estresse salino + aplicação exógena de ácido ascórbico (40 µmol L⁻¹); T4: estresse salino + aplicação exógena de ácido giberélico (40 µmol L⁻¹); e T5: estresse salino + aplicação exógena de ácido salicílico (40 µmol L⁻¹), respectivamente. As plantas foram cultivadas em sacos plásticos com 1 dm³ de Neossolo Flúvico e aos 60 dias avaliou-se a altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR). A cultivar Havaí apresentou desempenho superior à Formosa. A salinidade influenciou negativamente o desenvolvimento das mudas de mamão, mesmo com o uso de mitigadores. O ácido giberélico foi promissor na atenuação do estresse.

PALAVRAS-CHAVE: *Carica papaya* L.; Salinidade; fitormônios.

¹ Engenheiro Agrônomo, Bolsista de pós-doutorado, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB – Campus Catolé do Rocha, PB, CEP: 58884-000, Fone: (84) 9.9622-1661, e-mail: dralexalvares@gmail.com;

² Discente de Agronomia, UEPB – Campus Catolé do Rocha, PB;

³ Discente de Mestrado, UEPB – Campina Grande, PB;

⁴ Prof. Dr. de Agronomia, UEPB – Campus Catolé do Rocha, PB.

ORGANIC ACIDS MITIGATE SALINE STRESS IN PAPAYA SEEDLINGS

ABSTRACT: The species *Carica papaya* L. is a tropical herbaceous plant, likely native to northwestern South America or the Upper Amazon Basin, where its genetic diversity is greatest. Brazil is the world's leading producer of papaya and also one of the largest exporters. In the Northeast, the largest producers are Bahia, Ceará, and Rio Grande do Norte, states that experience problems with saline stress. Therefore, this study aimed to evaluate the exogenous application of organic acids to mitigate saline stress in papaya seedlings. The research was conducted in a greenhouse at the Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Campus IV, Catolé do Rocha-PB. The experimental design was a randomized complete block design, in a 2 x 5 factorial arrangement, with four replicates, two papaya cultivars (C1: Hawaii and C2: Formosa) and five salinity treatments with attenuators: T1: 0.3 dS m⁻¹ water (control); T2: 2.5 dS m⁻¹ water (saline stress); T3: saline stress + exogenous application of ascorbic acid (40 µmol L⁻¹); T4: saline stress + exogenous application of gibberellic acid (40 µmol L⁻¹); and T5: saline stress + exogenous application of salicylic acid (40 µmol L⁻¹), respectively. The plants were grown in plastic bags with 1 dm³ of Fluvic Neosol and at 60 days, plant height (AP), stem diameter (DC), shoot dry mass (MSPA) and root dry mass (MSR) were evaluated. The cultivar Hawaii showed superior performance to Formosa. Salinity negatively influenced the development of papaya seedlings, even with the use of mitigators. Gibberellic acid showed promise in attenuating stress.

KEYWORDS: *Carica papaya* L.; Salinity; phytohormones.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma de cultura de clima tropical quente e úmido e sua importância alimentar se difundiu no Brasil e no mundo, tendo Índia, Brasil e México como os principais produtores do fruto. No ano de 2022 as exportações de mamão chegaram a 372 toneladas de frutos (FAO. 2023). A demanda de empregos e renda, torna a cultura do mamoeiro importante socialmente e economicamente, pois possui atividades desenvolvidas de forma contínua que vão do plantio até a comercialização (LUCENA et al., 2021).

A produção de mudas com águas salinas deve ser estudada. De acordo Sá et al. (2013) a qualidade das mudas utilizadas na formação de um pomar define o potencial produtivo da

cultura, necessitando, portanto, de mudas de alta qualidade, porém essa qualidade pode ser drasticamente afetada pela qualidade da água de irrigação.

A região Nordeste do Brasil, apresenta predominância de clima semiárido, no entanto, o mamoeiro é bastante apreciado nessa região, com produção em torno de 571.693 toneladas (IBGE 2022). Baixa precipitação de chuvas na região semiárida, impulsiona a utilização de águas oriundas de açudes, lagos e poços, com altas concentrações de salinas para atender as demandas hídricas da cultura.

C. papaya L. é moderadamente sensível ao estresse salino. Segundo Sá et al. (2013), ao avaliar o crescimento inicial de duas cultivares irrigadas com água salina, os autores concluíram que águas com salinidade acima de 2,0 dS m⁻¹ não são adequadas para a irrigação de *C. papaya* L. na fase de plântula, limitando drasticamente seu crescimento.

Pesquisadores têm explorado o uso de reguladores de crescimento vegetal (fitormônios) como estratégia para mitigar os efeitos deletérios da salinidade, visando manter a divisão e expansão celular, além da translocação de solutos compatíveis (TABUR; DEMIR, 2010; JAVID et al., 2011). Estudos com mamoeiro indicam que o ácido giberélico (GA3) possui um papel promissor na atenuação dos efeitos do estresse salino, superando outros hormônios como auxinas e citocininas (SÁ et al., 2020). Contudo, a literatura ainda carece de investigações mais aprofundadas sobre o potencial de outros ácidos orgânicos em modular a resposta do mamoeiro a condições salinas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar aplicação exógena de ácidos orgânicos na atenuação de estresse salino em mudas de mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação no Campus IV, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, (6°21'2,55" sul, 37°43'31,33" oeste e 253 m altitude). O clima é tipo BSh, segundo Köppen (ALVARES et al., 2013). O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo duas cultivares mamoeiro (C1: Havaí e C2: Formosa) e cinco tratamentos de salinidade com atenuadores: T1: água de 0,3 dS m⁻¹ (controle); T2: água de 2,5 dS m⁻¹ (estresse salino); T3: estresse salino + aplicação exógena de ácido ascórbico (40 µmol L⁻¹); T4: estresse salino + aplicação exógena de ácido giberélico (40 µmol L⁻¹); e T5: estresse salino + aplicação exógena de ácido salicílico (40 µmol L⁻¹), respectivamente, totalizando 10 tratamentos. Os atenuantes foram aplicados no fim da tarde no 35° e 50° dia após a semeadura (DAS), aplicando-se 5,0 e 7,5 ml planta⁻¹,

respectivamente. As concentrações dos ácidos orgânicos e metodologia de aplicação seguiram as recomendações de Sá et al., (2020), Costa et al., (2021) e Pereira et al. (2024).

A semeadura foi em sacos de polietileno com capacidade de 1 dm³ com quatro. O material foi adquirido em casa comercial. Após a emergência foi realizado desbaste deixando uma planta por saco. O solo usado foi um Neossolo Flúvico coletado em área virgem próximo a casa de vegetação. As amostras de solos foram coletadas na camada de 0,0 a 30,0 cm e caracterizadas quanto aos atributos físicos e químicos, conforme tabela 1 (EMBRAPA, 2009).

Tabela 1: Análise físico-química do solo utilizado no experimento

	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC	V	PST	
pH	%	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmolc dm ⁻³ -----			----- % -----				
							--					
	6,50	9,70	156,80	6,00	1,10	5,78	0,95	0,00	1,20	7,44	86,00	1,30
	CEes	Ds		Areia			Silte		Argila			
	dS m ⁻¹	Kg dm ⁻³		----- g kg ⁻¹ -----								
	0,35	1,53		691,82			192,57		115,60			

MO – Matéria orgânica; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; Ds – Densidade do solo.

A adubação de macronutriente foi feita por fertirrigações aos 30, 37, 44 e 51 DAS. Aplicou-se no total 50 mg de N, 127 mg de P₂O₅, 75 mg de K₂O, 29 mg de Ca, 18 mg de Mg e 30 mg SO₄⁻ por dm³ de solo, adaptada de Novais et al. (1991). As fontes de nutrientes foram: Fosfato Monoamônico (MAP), nitrato de cálcio, cloreto de cálcio, sulfato de Magnésio, sulfato de potássio e cloreto de potássio. Já a adubação com micronutrientes foi via foliar com Liqui-Plex Fruit® (Tabela 2), aos 35 e 45 DAS, na proporção de 3 ml L⁻¹ de calda, segundo fabricante.

Tabela 2: Caracterização química do fertilizante foliar Liqui-Plex Fruit®.

N	Ca	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn-	C.O.
----- g L ⁻¹ -----								%
73,50	14,70	78,68	14,17	0,74	73,50	1,47	73,50	2,43

N: Nitrogênio; Ca: Cálcio; S: Enxofre; B: Boro; Cu: Cobre; Mn: Manganês; Mo: Molibdênio; Zn: Zinco; e C.O.: carbono orgânico

A água para irrigação foi obtida em poço raso e para se obter a salinidade de 2,5 dS m⁻¹ adicionou-se NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS et al., 2003), obedecendo a relação entre a condutividades elétrica (CEa) e concentração (mmolc L⁻¹ = CE x 10), extraída de Rhoades et al. (1992). As irrigações foram realizadas em turno de rega de dois dias, com base no método da lisimetria de drenagem. O volume aplicado foi estimado

em parcela adicional, a partir da média de consumo hídrico de 4 plantas, uma por tratamento. O volume aplicado (Va) por planta foi obtido pela diferença entre a lâmina anterior (La) aplicada menos a média de drenagem (D), dividido pelo número de plantas (n).

Aos 60 DAS analisou-se altura de planta (AP) em centímetros, com régua graduada a partir do solo até a inserção do meristema apical; o diâmetro do caule (DC) em milímetros, com paquímetro digital, 1,0 cm acima da superfície do solo; e comprimento radicular (CR), em centímetros, com régua graduada, do colo da planta até o final da raiz mais longa. Após essas medições, os tecidos vegetais foram separados em parte aérea e raiz, acondicionados em sacos de papel do tipo Kraft, levados à estufa com circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem peso constante e pesadas em balança analítica (0,0001g) para obtenção da massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) em gramas.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA) pelo teste 'F' ao nível de 5% de significância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05), utilizando-se o software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2019).

modelo de Figura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito isolado do fator tratamentos para as variáveis AP e DC. As demais variáveis (MSPA e MSR) tiveram interação entre os fatores avaliados (Tabela 3)

Tabela 3: Significância do Teste F para altura de planta (AP), comprimento de raiz (CR), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) de mudas de mamoeiro submetidas ao estresse salino e aplicação de atenuadores.

FV	Significância do Teste F				
	GL	AP	DC	MSPA	MSR
Bloco	3	0,35 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 [*]
Cultivar (C)	1	0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}
Tratamentos (T)	4	0,01 [*]	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}	0,00 ^{**}
C*T	4	0,35 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,01 [*]	0,00 ^{**}
CV (%)		23,02	23,77	40,20	28,68

** , * e ns correspondem a significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente. Letras maiúscula (A e B) comparam cultivar e letras minúsculas (a e b) comparam atenuadores pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As diferentes combinações de salinidade e atenuadores impactaram AP (Figura 1A) DC (figura 1B). Para AP, o tratamento controle, T1, apresentou a maior média (17,38 cm), superando significativamente ($p < 0,05$) dos tratamentos T2, T3 e T5 em 33,7%, 28,7% e 27,4% respectivamente. T1 não diferiu do tratamento T4, que por sua vez também não diferiu dos tratamentos T2, T3 e T5 (Figura 1A). Souri & Tohidloo (2019) avaliando a aplicação de fitohormônios concluiu que seu uso promoveu a redução nos teores de sódio (Na^+) nos tecidos vegetais corroborando com os achados nesse estudo. Já para DC, o controle apresentou maior média (7,99 mm), superando os demais tratamentos (Figura 1B). O estresse salino teve efeito marcante e os atenuadores não foram eficazes para reverter esse impacto específico.

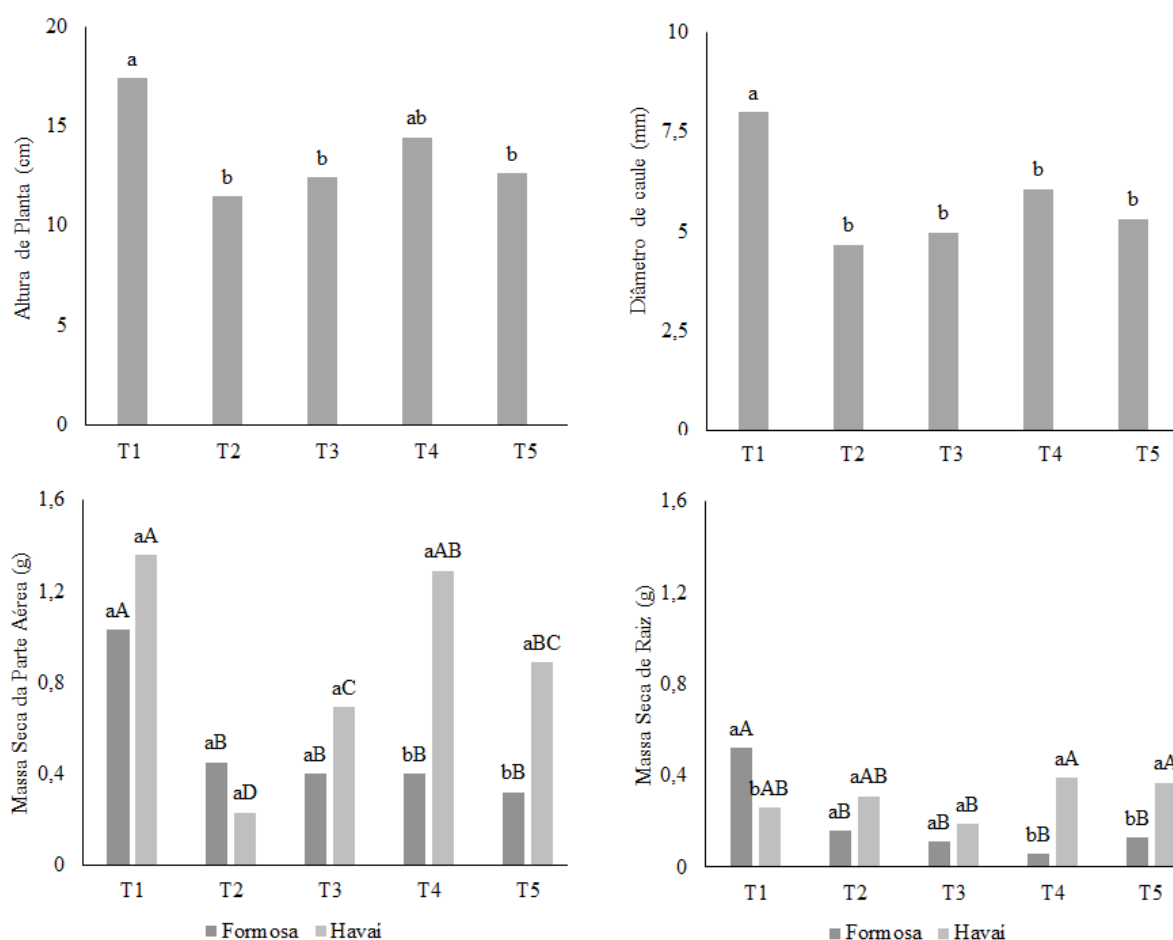


Figure 1. Teste de médias (LSD) para altura de plantas, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea e massa seca de raiz de mudas de duas cultivares de mamoeiro submetidas ao estresse salino e aplicação de tratamentos. T1 (0,3 dS m⁻¹, sem atenuador), T2 (2,5 dS m⁻¹, sem atenuador), T3 (2,5 dS m⁻¹ + ácido ascórbico), T4 (2,5 dS m⁻¹ + ácido giberélico) e T5 (2,5 dS m⁻¹ + ácido salicílico). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($p < 0,05$) entre tratamentos nas figuras A e B e entre cultivares nas figuras B e C, enquanto médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($p < 0,05$) entre os tratamentos dentro da mesma cultivar.

A redução das variáveis de crescimento (AP e DC) e acúmulo de matéria seca demonstra que a combinação de salinidade com a aplicação de diferentes atenuadores impacta a alocação

de biomassa na planta como um todo. Jini & Joseph (2017) verificaram em seu estudo que o incremento da salinidade reduziu a AP, mas que o uso de ácidos orgânicos mitiga seus efeitos.

A MSPA e MSR foram significativamente influenciadas pela interação entre os fatores (Figura 1C e D). Para MSPA, o T2 em comparação com T1 apresentou redução de 56,3 e 83,1 %, respectivamente para as cultivares Formosa e Havaí. O uso do atenuador ácido giberélico em T4, apresentou resposta satisfatória ao manter alto o teor de MSPA em comparação com T3 para cv. Havaí. Para MSR, a salinidade teve menor impacto na cv. Havaí, embora ela tenha apresentado menor MSR que a cv. Formosa em T1, não sofreu redução na MSR, já a cv. Formosa, sofreu redução significativa com o incremento da salinidade e tratamentos com atenuadores não tiveram resposta positiva. Esse comportamento divergente entre os cultivares apontam características intrínsecas, associadas a própria cultivar (EVARISTO et al. 2025; SÁ et al., 2024).

A presença de sais no solo pode induzir uma série de alterações, dentre as quais podemos citar a redução do potencial osmótico, tornando a absorção hídrica pelas plantas um processo mais árduo, mesmo quando há abundância de água. *C. papaya* é moderadamente sensível ao estresse salino. Segundo Sá et al. (2013), ao avaliar o crescimento inicial de duas cultivares de *C. papaya* irrigadas com água salina, concluiu-se que águas com salinidade acima de 2,0 dS m⁻¹ não são adequadas para a irrigação de *C. papaya* na fase de plântula, limitando drasticamente seu crescimento.

As cultivares divergiram quanto a atividade dos mitigadores nas variáveis testadas. Para cv. Formosa, nenhum dos atenuados foram eficazes em reduzir o efeito do estresse salino, já para cv. Havaí, o ácido giberélico e o ácido salicílico apresentaram maiores médias em comparação com ácido ascórbico.

Corroborando os achados desse estudo, Sá et al. (2020) estudando a cultura do mamoeiro indicaram que o ácido giberélico (GA₃) possui um papel promissor na atenuação dos efeitos do estresse salino, superando outros hormônios como auxinas e citocininas. Ainda sobre o tema, Tabur & Demir (2010) e Javid et al. (2011). demonstraesquisadores têm explorado o uso de reguladores de crescimento vegetal (fitormônios) como estratégia para mitigar os efeitos deletérios da salinidade, visando manter a divisão e expansão celular, além da translocação de solutos compatíveis

CONCLUSÕES

A cultivar Havaí apresentou desempenho superior à Formosa. A salinidade influenciou negativamente o desenvolvimento das mudas de mamão, mesmo com o uso de mitigadores. O ácido giberélico foi promissor na atenuação do estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.
- COSTA, A. A.; PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; SOUZA NETA, M. L.; PEREIRA, K. T. O.; LEITE, M. S.; SÁ, F. V. S. Seed priming improves *Salvia hispanica* L. seed performance under salt stress. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 43, p. e52006, 2021.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009.
- EVARISTO, S. S.; OLIVEIRA, V. R.; CARLINI, T. C.; ÂNGELO, T. P.; PAIXÃO, M. V. S. Substratos comerciais na emergência de plântulas de mamoeiro cv. Aliança e BS 2000. **Desarrollo Local Sostenible**, v.18, n.65, p.e4300–e4300, 2025.
- FAO. **Major Tropical Fruits Market Review – Preliminary results 2022**. Rome. 2023.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p. 529-535, 2019.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Sidra – **Produção Agrícola Municipal**, 2022. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acessado em: nov 2023.
- JAVID, M. G.; SOROOSHADEH, A.; SANAVY, S. A. M. M.; ALLAHDADI, I.; MORADI, F. Effects of the exogenous application of auxin and cytokinin on carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. **Plant Growth Regulation**, v.65, n.2, p.305-313, 2011.
- JINI, D.; JOSEPH, B. Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. **Rice Science**, v.24, n.2, p.97-108, 2017.

LUCENA, C. C.; GERUM, A. F. A. A.; SANTANA, M. A.; SOUZA, J. S. **Aspectos socioeconômicos**. In: OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. A cultura do mamoeiro. Brasília: Embrapa, 2021. p. 10-40.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.469-472, 2003.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (org.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa, 1991. p.189-254.

PEREIRA, K. T. O.; SÁ, F. V. S.; TORRES, S. B.; PAIVA, E. P.; ALVES, T. R. C.; OLIVEIRA, R. R. Exogenous application of organic acids in maize seedlings under salt stress. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p.e250727, 2024.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q. M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO. 1992. 133p.

SÁ, F. V. S., BARBOSA, L. C. S., REGO, G. S. S., SILVA JÚNIOR, J. P., OLIVEIRA, A. X. LIMA, A. S. Biomassa de cultivares de mamoeiro sob estresse salino. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.13, n.3, p. e10820, 2024.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; NETO, P. A.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.10, p.1047–1054, 2013.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; PAIVA, E. P.; SOUTO, L. S. Exogenous application of phytohormones mitigates the effect of salt stress on *Carica papaya* plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.3, p.170–175, 2020.

SOURI, M. K.; TOHIDLOO, G. Effectiveness of different methods of salicylic acid application on growth characteristics of tomato seedlings under salinity. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.6, n.1, p.1-7, 2019.

TABUR, S.; DEMIR, I. Efeito da salinidade na fisiologia de plantas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 2, p. 157-165, 2010.