



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ANNIE MAIA BATISTA SANTOS

**ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO
NO CRESCIMENTO E NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO**

AREIA

2021

ANNIE MAIA BATISTA SANTOS

**ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO
NO CRESCIMENTO E NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”. Área de Concentração: Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira

Coorientadora: Dra. Marlene Alexandrina Ferreira Bezerra

AREIA

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237á Santos, Annie Maia Batista.

Ácido salicílico e condutividade elétrica da água de irrigação no crescimento e na fisiologia de mudas do mamoeiro / Annie Maia Batista Santos. - Areia:UFPB/CCA, 2021.

40 f. : il.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.

Coorientação: Marlene Alexandrina Ferreira Bezerra.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Carica papaya L. 3. Água salina. 4. Mitigador. 5. Hormônio vegetal. I. Pereira, Walter Esfrain. II. Bezerra, Marlene Alexandrina Ferreira. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

ANNIE MAIA BATISTA SANTOS

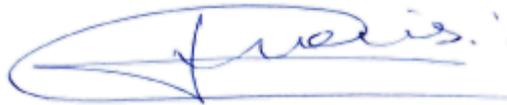
**ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO
CRESCIMENTO E NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/08/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira
Orientador – PPGA/CCA/UFPB



Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
Examinador – PPGA/CCA/UFPB



Dr. Francisco Thiago Coelho Bezerra
Examinador

AREIA

2021

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire (1921-1997)

À minha mãe Liana Maia,
meus tios, Nelson e Luzimar,
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e proteção.

A minha mãe, Liana Maia que nunca mediu esforços para que eu chegasse a alcançar mais essa etapa e que foi essencial para minha formação pessoal e profissional.

A meus tios, Luzimar Medeiros e Nelson Faustino, minhas referências, por todo carinho e apoio em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – CCA – UFPB e colaboradores, pela oportunidade da realização do curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao meu orientador, professor Walter Esfrain Pereira, pelos ensinamentos, paciência, as quais me ajudaram no desenvolvimento profissional.

Aos que me ajudaram na realização desta pesquisa, Mayara Melo, Manoel Maia, Jardel Oliveira, Francisco Thiago, Marlene Bezerra, João Paulo Oliveira.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À todos meu muito obrigada!

RESUMO

O mamoeiro é considerado uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil e no mundo. A região Nordeste do Brasil destaca-se na produção, no entanto, as regiões áridas e semiáridas são caracterizadas por apresentarem excesso de sais na água. O ácido salicílico está entre as principais classes de hormônios encontrados em plantas, considerado um regulador de respostas a estresses abióticos, como a salinidade. O objetivo da pesquisa foi avaliar a ação do ácido salicílico como atenuante dos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação no crescimento e na fisiologia de mudas do mamoeiro. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no viveiro de fruticultura na Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos obtidos segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação e cinco doses de ácido salicílico, com valores mínimo e máximos de 0,3 e 5,0 dSm^{-1} e 0,0 e 2,0 mmol L^{-1} , com três repetições. Foram avaliadas as mudas quanto ao crescimento (altura, diâmetro do caule, área foliar e massa da matéria seca), trocas gasosas, fluorescência da clorofila e teores de clorofila. Houve interação dos fatores estudados para área foliar, diâmetro do caule. De forma isolada constatou-se diferença significativa para, altura, massa da matéria seca da parte aérea. Já para as variáveis fisiológicas houve interação dos fatores estudados para fluorescência inicial, relação F_v/F_m , transpiração e condutância estomática, dessa forma, ambos os fatores interferem de forma simultânea nas mudas de mamoeiro. De forma isolada, os índices de clorofilas *a*, *b* e total, fotossíntese líquida e fluorescência máxima foram influenciadas significativamente para os fatores citados, exceto fotossíntese líquida e fluorescência máxima que foram significativos apenas para condutividades elétricas das águas de irrigação. O estresse salino reduz todas as variáveis estudadas, referentes ao crescimento e fisiologia das mudas de mamoeiro. O ácido salicílico aumenta a F_v/F_m , a transpiração e a condutância estomática nos maiores valores de condutividade elétrica da água de irrigação.

Palavras-chave: *Carica papaya* L.; água salina, mitigador; hormônio vegetal.

ABSTRACT

Papaya is considered a crop of great socioeconomic importance in Brazil and worldwide. The Northeast region of Brazil stands out in terms of production, however, the arid and semi-arid regions are characterized by having an excess of salts in the water. Salicylic acid is among the main classes of hormones found in plants, considered a regulator of responses to abiotic stresses, such as salinity. The objective of the research was to evaluate the action of salicylic acid as a mitigation of the effects of electrical conductivity of irrigation water on the growth and physiology of papaya seedlings. The experiment was carried out in a protected environment, in the fruit nursery at the Federal University of Paraíba, in Areia, Paraíba, Brazil. The experiment was carried out in a protected environment, in the fruit nursery at the Federal University of Paraíba, in Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was in randomized blocks, with the treatments obtained according to the Box Central Composite experimental matrix, referring to five electrical conductivities of irrigation water and five doses of salicylic acid, with minimum and maximum values of 0.3 and 5.0 dSm^{-1} and 0.0 and 2.0 mmol L^{-1} , with three repetitions. Seedlings were evaluated for growth (height, stem diameter, leaf area and dry matter mass), gas exchange, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content. There was an interaction of the studied factors for leaf area and stem diameter. In isolation, a significant difference was found for height and shoot dry matter. As for the physiological variables, there was an interaction of the studied factors for initial fluorescence, F_v/F_m ratio, transpiration and stomatal conductance, thus, both factors interfere simultaneously in papaya seedlings. In isolation, the indices of a, b and total chlorophylls, net photosynthesis and maximum fluorescence were significantly influenced for the aforementioned factors, except for net photosynthesis and maximum fluorescence, which were significant only for electrical conductivities of irrigation waters. Salt stress reduces all the studied variables, referring to the growth and physiology of papaya seedlings. Salicylic acid increases F_v/F_m , transpiration and stomatal conductance at the highest values of electrical conductivity of irrigation water.

Key words: *Carica papaya* L.; saline water; mitigator; plant hormone.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DO MAMOEIRO.

- Figura 1.** Altura de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e concentrações de ácido salicílico (B). Areia –PB, Brasil, 2021. 17
- Figura 2.** Diâmetro do caule (DC) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS). Areia, PB-Brasil, 2021..... 18
- Figura 3.** Área foliar (AF) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS). Areia, PB- Brasil, 2021..... 19
- Figura 4.** Massa seca da parte aérea (A), massa seca do caule (B) e massa seca da raiz (C) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Areia, PB- Brasil, 2021..... 19
- Figura 5.** Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA, A), do caule (MMSC, B) e da raiz (MMSR, C) de mudas de mamoeiro em função das concentrações de ácido salicílico (AS). Areia, PB- Brasil, 2021..... 20

CAPÍTULO II: ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO.

- Figura 1.** Fluorescência inicial – F0 de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS). 30
- Figura 2.** Rendimento quântico potencial do fotossistema II – Fv/Fm de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS). 31
- Figura 3.** Transpiração – E de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS)..... 32
- Figura 4.** Condutância estomática – gs de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS)..... 33
- Figura 5.** Índices de clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)..... 34
- Figura 6.** Clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) de mudas de mamoeiro submetido a concentrações de ácido salicílico (AS)..... 35
- Figura 7.** Fotossíntese líquida (A) e fluorescência máxima (B) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). 36

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DO MAMOEIRO.

Tabela 1. Características de fertilidade do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2020..... 14

Tabela 2. Esquema entre os tratamentos utilizados no experimento. 14

CAPÍTULO II: ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO.

Tabela 1. Características de fertilidade do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2020..... 27

Tabela 2. Esquema entre os tratamentos utilizados no experimento. 28

SUMÁRIO

CAPÍTULO I: ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DO MAMOEIRO	11
RESUMO	11
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO II: ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO	25
RESUMO	25
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS.....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37

CAPÍTULO I ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DO MAMOEIRO.

RESUMO

O mamão é considerado uma fruteira de importância econômica, principalmente para populações tropicais e subtropicais. No entanto, o uso de água salina na irrigação de mudas é uma realidade para os fruticultores das regiões de clima semiárido do Nordeste do Brasil. O objetivo da pesquisa foi avaliar a ação do ácido salicílico como atenuante dos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação no crescimento de mudas do mamoeiro. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, no viveiro de fruticultura na Universidade Federal da Paraíba, em Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos obtidos segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação 0,3 a 5,0 dSm⁻¹ e cinco doses de ácido salicílico, com valores mínimo e máximos de 0,0 e 2,0 mmol L⁻¹, com três repetições. Aos 60 dias após a semeadura, foram avaliadas altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, massas secas (caule, folha, raiz e total). Houve interação dos fatores estudados para área foliar e diâmetro do caule. De forma isolada constatou-se diferença significativa para as variáveis, altura, massa seca da parte aérea, massa seca do caule e massa seca da raiz. O estresse salino reduz todas as variáveis do crescimento das mudas de mamoeiro. Verifica-se decréscimo de 10% no crescimento das mudas de mamoeiro quando a água de irrigação apresenta condutividade elétrica de 1,7 dS m⁻¹. O ácido salicílico não atenua os efeitos do estresse salino nas variáveis de crescimento das mudas de mamoeiro.

Palavras-chave: *Carica papaya* L; hormônios vegetais; salinidade hídrica.

ABSTRACT

Papaya is considered a fruit tree of economic importance, especially for tropical and subtropical populations. However, the use of saline water in the irrigation of seedlings is a reality for fruit growers in the semiarid climate regions of Northeast Brazil. The objective of the research was to evaluate the action of salicylic acid as a mitigation of the effects of electrical conductivity of irrigation water on the growth of papaya seedlings. The experiment was carried out in a protected environment, in the fruit nursery at the Federal University of Paraíba, in Areia, Paraíba, Brazil. The experimental design was in randomized blocks, with treatments obtained

according to the Box Central Composite experimental matrix, referring to five electrical conductivities of irrigation water 0.3 to 5.0 dSm⁻¹ and five doses of salicylic acid, with minimum values and maximum of e 0.0 and 2.0 mmol L⁻¹, with three repetitions. At 60 days after sowing, plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, dry mass (stem, leaf, root and total) were evaluated. There was an interaction of the studied factors for leaf area and stem diameter. In isolation, a significant difference was found for the variables height, shoot dry mass, stem dry mass and root dry mass. Salt stress reduces all the growth variables of papaya seedlings. There is a 10% decrease in the growth of papaya seedlings when the irrigation water presents an electrical conductivity of 1.7 dS m⁻¹. Salicylic acid does not attenuate the effects of salt stress on the growth variables of papaya seedlings.

Keywords: *Carica papaya* L; plant hormones; water salinity.

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é originário dos trópicos das Américas e é cultivado principalmente em climas tropicais na Ásia, América do Sul, África e Polinésia (ANWAR et al., 2018). É considerado uma fruteira de importância econômica, principalmente para populações tropicais e subtropicais. A fruta pode ser consumida fresca ou usada como produto tratado (AL-SHARA et al., 2020). De acordo com dados da FAO (2021), em 2019 a produção de mamão atingiu 13,74 milhões t/ano, neste mesmo ano o Brasil obteve uma produção de 1,16 milhões t/ano, sendo considerado o terceiro maior produtor mundial de mamão, atrás apenas da Índia e República Dominicana. (FAOSTAT, 2021).

O uso de água salina na irrigação de mudas de espécies frutíferas é uma realidade para os fruticultores das regiões de clima semiárido do Nordeste do Brasil, pois muitas vezes é a única fonte de água disponível (OLIVEIRA FILHO et al., 2020). Contudo, o uso indiscriminado de águas de má qualidade para irrigação deteriora a produtividade dos solos por meio de salinidade, alcalinidade e efeitos tóxicos (KALEDHONKAR et. al., 2019).

As altas concentrações de sais impõem estresses osmóticos e iônicos às plantas, o que, por sua vez, leva a várias mudanças morfológicas e fisiológicas (PUVANITHA, et al. 2017). Os efeitos osmóticos e iônicos impostos pelo estresse salino afetam diretamente o desenvolvimento das plantas, tanto pela limitação na absorção de água quanto pela toxicidade por íons específicos, principalmente sódio e cloreto (SÁ et al. 2020).

Recentemente, grandes esforços têm sido realizados para aumentar os mecanismos de proteção das plantas contra o estresse salino. Um desses esforços promissores é a aplicação de regulador, como o ácido salicílico (ABDELHAMEED et al., 2021). O ácido salicílico é um metabólito secundário solúvel em água e um composto fenólico produzido em muitos organismos, inclusive em plantas (SOURI; TOHIDLOO, 2019), que influencia em várias funções fisiológicas e bioquímicas (FAGHIH, 2017).

Os reguladores de crescimento vegetal são substâncias químicas que influenciam o crescimento interagindo com redes de sinalização para equilibrar as respostas aos sinais de defesa da planta (KHAN et. al. 2019). Também, desempenham um papel significativo no processo de desenvolvimento das plantas e, portanto, modulam as respostas das plantas aos estresses abióticos. (KHAN et. al. 2020).

Pesquisadores, buscam encontrar estratégias adequadas que minimizem os efeitos tóxicos causados pela salinidade e também plantas com níveis de tolerância a sais (TAHJIB-UL-ARIF, et al. 2018). Atualmente, existem várias estratégias para aumentar a tolerância ao estresse abiótico em espécies agrícolas, como por exemplo a aplicação exógena de fitohormônios que tem se mostrado uma forma eficaz de aumentar a tolerância das plantas ao estresse (GODOY et al. 2021).

Desta maneira, tendo em vista a necessidade da utilização de águas salinas para irrigação, com base nas pesquisas disponíveis, foi proposto a hipótese de que a aplicação do regulador de crescimento na produção de mudas do mamoeiro pode mitigar os efeitos da salinidade. O objetivo com a pesquisa foi avaliar a ação do ácido salicílico como atenuante dos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação no crescimento de mudas do mamoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de julho a outubro de 2020, em ambiente protegido com estufa coberta, no viveiro de fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, Paraíba, Brasil.

Utilizou-se a cultivar de mamão Formosa, cuja semeadura foi realizada em sacos de polietileno, contendo três sementes por saco. Aos 15 dias após emergência, quando as mudas apresentavam de 3 a 5 cm realizou-se o desbaste deixando-se apenas uma plântula por saco. Aos 30 dias após a semeadura, foram iniciados os tratamentos referentes ao manejo de irrigação com água salina.

As unidades experimentais foram representadas por sacos de polietileno com capacidade para 1,5 dm³. Os sacos foram preenchidos com substrato contendo material de um solo e esterco bovino curtido na proporção de 3:1, respectivamente. O solo foi retirado da camada de 0-20 cm de profundidade do perfil de um Neossolo Regolítico coletado no sítio Macaquinhos, município de Remígio, PB. O substrato foi peneirado em malha de 4,0 mm e posteriormente feita a análise de fertilidade, cujos resultados da análise são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características de fertilidade do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2020.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	CTC	V	PST	MO
	Mgdm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----								---- (%) ----		g kg ⁻¹
7,50	8,72	0,86	0,09	4,38	2,08	7,41	0,00	0,00	7,41	100	1,21	28,33

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; PST: Percentagem de sódio trocável

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial reduzido de $2^2 + 2 \times 2 + 1$, conforme a matriz Composto Central de Box, referente a cinco níveis de condutividades elétricas da água de irrigação (CEai) e cinco doses de ácido salicílico, com valores mínimos e máximos, respectivamente 0,3 e 5,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 2,0 mmol L⁻¹, totalizando 10 tratamentos, com três repetições (Tabela 2).

Tabela 2. Esquema entre os tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Níveis		Valores e doses	
	CEai	AS	CEai (dS m ⁻¹)	AS (mmol L ⁻¹)
1	-1	-1	1,1	0,3
2	-1	1	1,1	1,7
3	1	-1	4,3	0,3
4	1	1	4,3	1,7
5	-1,41 (-α)	0	0,3	1,0
6	1,41 (α)	0	5,0	1,0
7	0	-1,41 (-α)	2,7	0,0
8	0	1,41 (α)	2,7	2,0
9	0	0	2,7	1,0
10	-	-	0,3	0,0

¹Número de tratamentos = $2^k + 2k + 1$ ($k = 2$, n^0 de fatores) $\therefore 2^2 + 2 \times 2 + 1 = 9$; $\alpha = \sqrt{k}$.

O manejo de irrigação foi realizado diariamente, logo após a semeadura com água de menor condutividade elétrica ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) proveniente do sistema de abastecimento da UFPB. Para a preparação das águas com as condutividades elétricas foram realizadas pela diluição de água salina ($\text{CEa} > 10 \text{ dS m}^{-1}$), proveniente do sítio Macaquinhos na cidade de Remígio, com água de abastecimento não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$). A aferição da água de abastecimento e da água salina utilizada no experimento, foram realizadas utilizando o condutivímetro portátil microprocessado Instrutherm® (modelo CD-850).

As aplicações do ácido salicílico foram de acordo com os tratamentos, com a frequência a cada 15 dias após o início da aplicação da água salina. As doses foram diluídas separadamente em água destilada e aplicada via pulverização foliar. As plantas que não receberam regulador foram pulverizadas somente com água destilada.

Aos 60 dias após a semeadura, foram analisadas respectivamente as variáveis de crescimento como altura de plantas medindo-se a partir do colo da planta até a última inserção foliar, com régua graduada em centímetros; diâmetro do caule: determinado a 2 cm do solo, utilizando paquímetro digital; e contagem do número de folhas. Após a coleta destes dados, foram analisadas as seguintes variáveis: área foliar, mensurada com as folhas de cada planta com scanner e processadas no programa ImageJ; massas secas do caule, folha, raiz, parte aérea, total e relação parte aérea/raiz: os materiais foram colocados em sacos de papel kraft e, em seguida, colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 horas. Após este processo, o material foi pesado em balança de precisão ($0,01 \text{ g}$).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação e das concentrações de ácido salicílico ajustados a regressão polinomial, utilizando o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

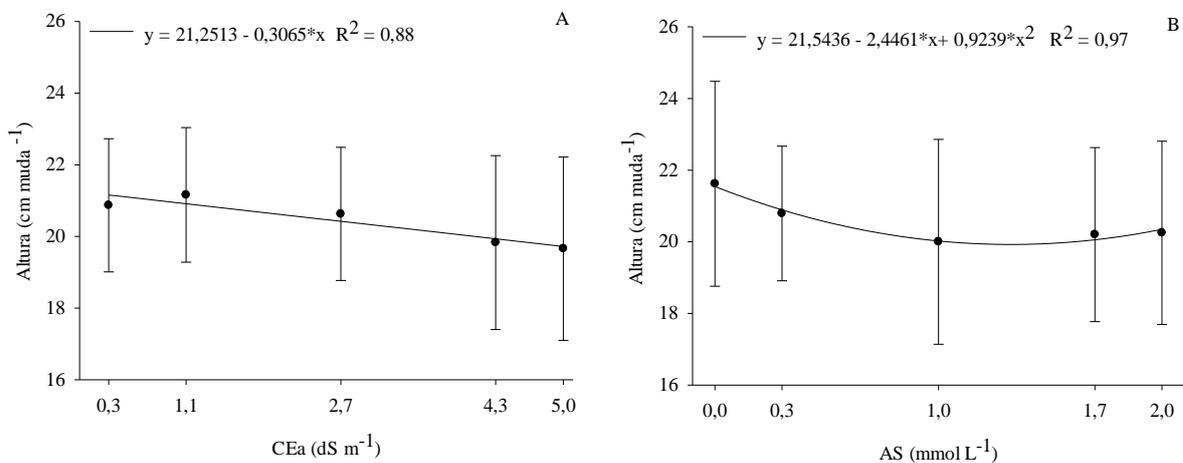
Houve interação da condutividade elétrica da água de irrigação x concentrações de ácido salicílico para área foliar ($p < 0,05$), diâmetro do caule ($p < 0,01$). De forma isolada, a altura de plantas ($p < 0,05$), massa seca da parte aérea ($p < 0,05$), massa seca do caule ($p < 0,01$) e massa seca da raiz ($p < 0,05$) foram influenciadas significativamente para os fatores citados.

A altura das mudas de mamoeiro declinou em função do incremento de sais na água de irrigação, reduzindo de $21,15 (0,3 \text{ dS m}^{-1})$ para $19,71 \text{ cm} (5,0 \text{ dS m}^{-1})$, equivalente a perda de $6,80\%$ nesse intervalo (Figura 3A). Em relação ao uso de ácido salicílico (AS), houve redução na altura das mudas até concentração estimada de $1,33 \text{ mmol L}^{-1}$ com 20 cm de altura,

aumentando a partir dessa concentração de AS (Figura 3B). Jini & Joseph (2017) enfatizam que o crescimento vegetativo é uma variável muito importante para o aumento dos índices de produção, verificando em sua pesquisa que os níveis de salinidade, mesmo que mais baixos, causam efeitos de redução da altura de plantas, por outro lado, verificaram uma tendência de aumento desta variável com aplicação de ácido salicílico em baixos níveis de salinidade, em que sugere que esses resultados tornam o AS também capaz de aliviar a condição de estresse no solo.

Diminuições nos valores da altura de plantas sob estresse salino também foram constatadas por Fardus et al. (2018), porém, os resultados mostraram que a aplicação de ácido salicílico como atenuante da salinidade aumentaram esse parâmetro.

Resultados positivos de melhorias com a aplicação de ácido salicílico foram encontrados em diversas culturas, em que a aplicação exógena de AS pode atuar como uma ferramenta poderosa no aumento de parâmetros fisiológicos e na proteção de plantas de estresses abióticos, como o estresse salino (ABDELHAMEED et al., 2021). Contudo, a redução significativa em altura da plantas sob estresse salino em comparação com plantas controle é evidenciada pelos efeitos osmóticos das células com a presença de sais (SOURI; TOHIDLOO 2019).

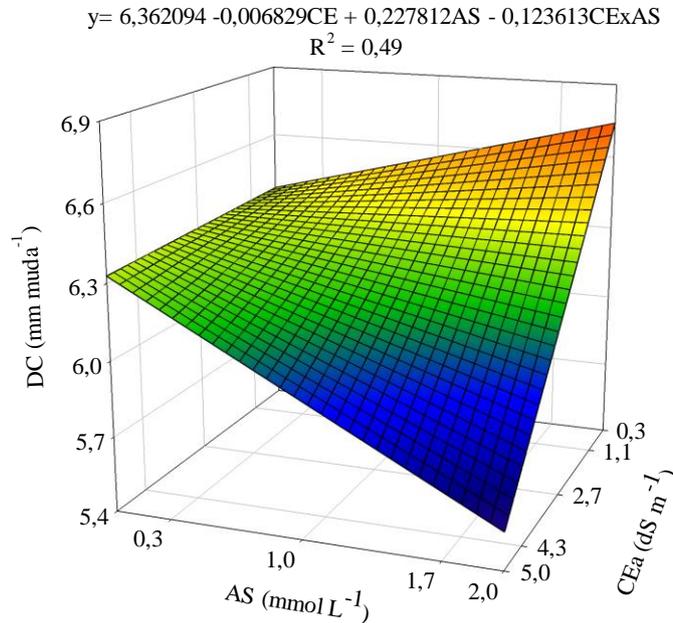


*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1. Altura de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e concentrações de ácido salicílico (B). Areia –PB, Brasil, 2021.

Observou-se o diâmetro do caule das mudas de mamoeiro com maiores valores ao utilizar a condutividade elétrica estimada de 0,3 dS m⁻¹ com concentração de ácido salicílico de 2 mmol L⁻¹, obtendo 6,7 mm de diâmetro (Figura 1). Peçanha et al. (2017), avaliando o crescimento de genótipos de mamão sob condutividades elétricas constataram efeitos negativos

e decréscimos na altura, diâmetro do caule e também na área foliar, em valores de condutividades elétricas superiores a $2,8 \text{ dS m}^{-1}$ essa inibição do crescimento pode ser atribuída a mudanças no potencial osmótico causado pela incidência de sais nas células.



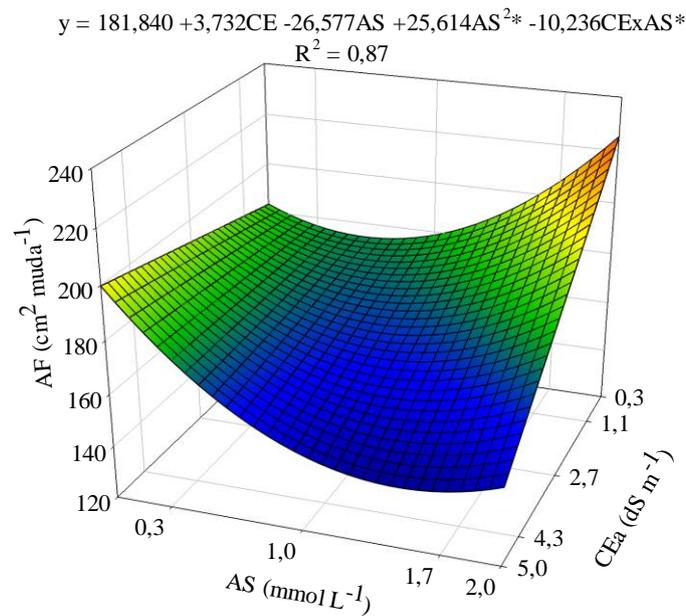
*Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Figura 2. Diâmetro do caule (DC) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS). Areia, PB- Brasil, 2021.

A área foliar das mudas de mamoeiro apresentou valor de 225 cm^2 (Figura 2) ao utilizar a condutividade elétrica estimada de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ com concentração de ácido salicílico de 2 mmol L^{-1} . Além disso, apresentaram aumento com as doses de ácido salicílico até a condutividade elétrica de $2,4 \text{ dS m}^{-1}$, reduzindo após o incremento de sais na água de irrigação.

Corroborando, Diniz et al., (2018) em estudo com mamoeiro, afirmam que a salinidade da água de irrigação surtiu efeitos negativos na altura, diâmetro do caule, no número de folhas que consequentemente influi na diminuição dos valores da área foliar.

Os efeitos encontrados contrastam com Sourì & Tohidloo (2019) onde a aplicação de ácido salicílico mostra efeitos positivos nas características de crescimento que são reduzidas pela salinidade. A aplicação do fitohormônio tende a diminuir a concentração foliar de Na^+ sob salinidade. Atribuindo que essa capacidade é aprimorada, provavelmente por meio de seu efeito de sinalização, embora outras funções de AS também possam estar envolvidas nesse fenômeno.

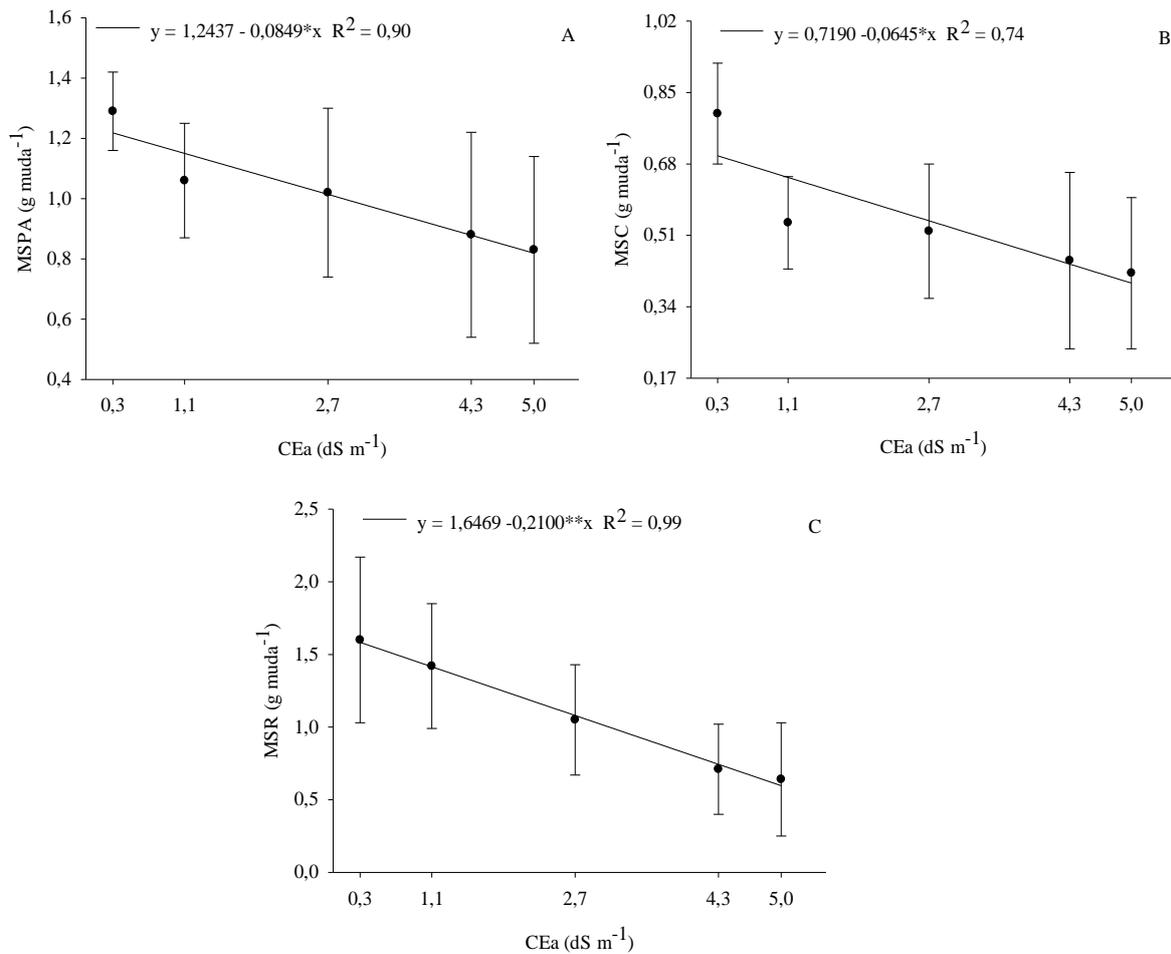


*Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Figura 3. Área foliar (AF) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS). Areia, PB- Brasil, 2021.

Os acúmulos de matéria seca da parte aérea (Figura 4A), caule (Figura 4B), e raízes (Figura 4C) do mamoeiro foram interferidos significativamente pelo aumento na condutividade elétrica da água com reduções de 32,32, 43,35 e 62,22% entre 0,3 e 5,0 dS m⁻¹. Em experimento de uso de água salinas em mamoeiro, Souza et al. (2019) verificaram que salinidade da água reduz o crescimento do mamão, especialmente em termos de crescimento e formação foliar, e observaram também que as massas secas de caule e da parte aérea, reduzem em altas concentrações de sais.

O estresse salino nas plantas de mamoeiro foi intensificado devido a irrigação com água de alta salinidade, atingindo níveis prejudicáveis para o acúmulo de fitomassa. Igualmente encontrado por Sá et al. (2020), que identificaram que o aumento da salinidade reduz o acúmulo de matéria seca de plantas de *C. papaya*. Essa redução foi atribuída a efeitos osmóticos e iônicos causados pelo acúmulo excessivo de sais no substrato, esses efeitos impostos pelo estresse salino afetam diretamente o desenvolvimento das plantas, seja por limitar a absorção de água ou pela toxicidade por íons específicos, principalmente sódio e cloreto.

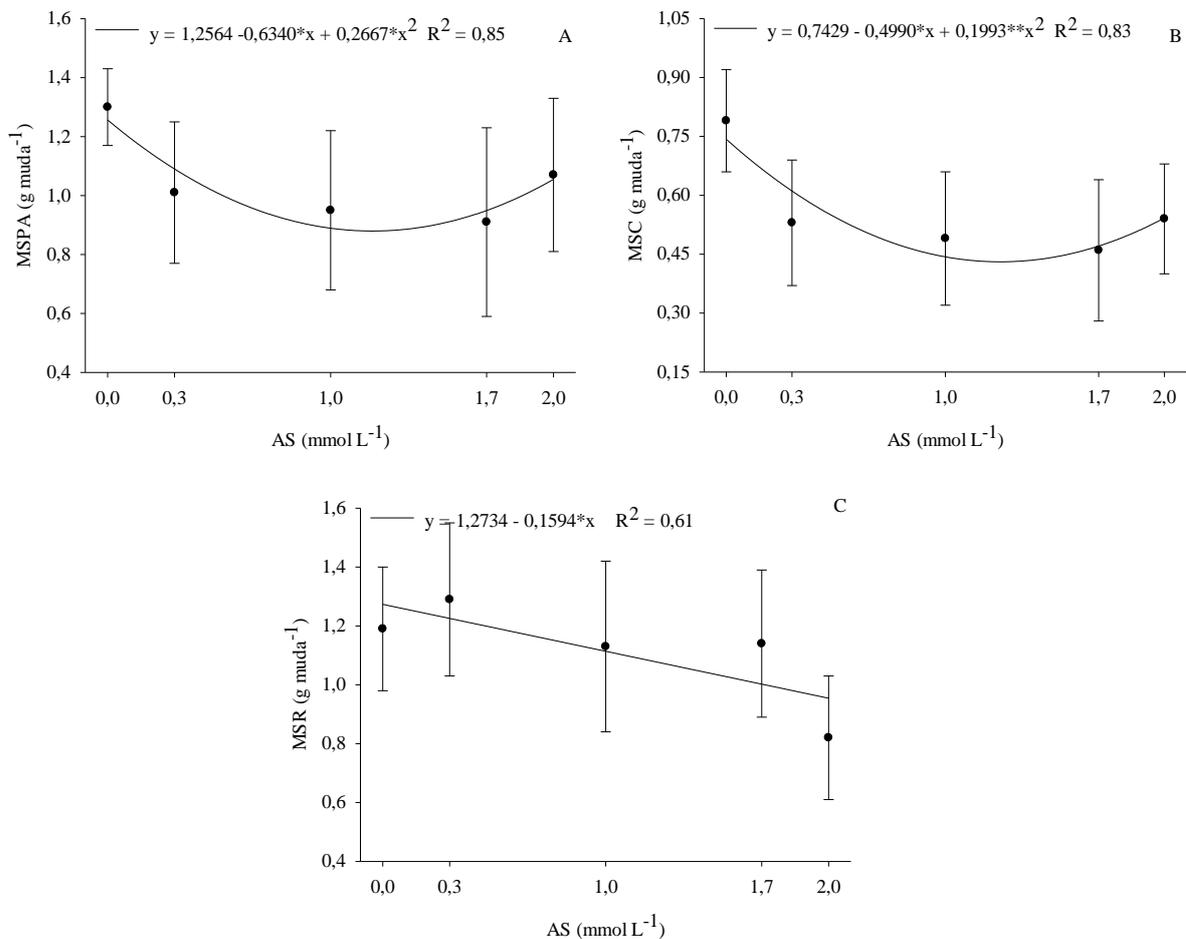


*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Figura 4. Massa seca da parte aérea (A), massa seca do caule (B) e massa seca da raiz (C) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa). Areia, PB- Brasil, 2021.

Os acúmulos de massa seca da parte aérea (Figura 5A) e caulinar (Figura 5B) declinaram com adição de AS até dose estimada de 1,20 e 1,26 mmol L⁻¹ de AS respectivamente com 0,87 e 0,43 g muda⁻¹, crescendo em seguida os valores de massa seca. Ao tempo que, a massa seca da raiz (Figura 5C) decresceu linearmente com aumento da concentração de AS, reduzindo de 1,27 (0 mmol L⁻¹) para 0,95 g muda⁻¹ (2 mmol L⁻¹). Sá et al., (2020), também relataram que o aumento da salinidade reduziu o acúmulo de matéria seca de plantas de *C. papaya*, independente da aplicação exógena de reguladores. Methenni et al., (2018) observaram que a redução no acúmulo de matéria seca em plantas é uma consequência da salinidade, no entanto, encontraram resultados em que plantas tratadas com 1 mmol L⁻¹ de AS atenuaram os efeitos deletérios do estresse salino na massa seca.

Miao et al. (2020), analisaram que os tratamentos com águas salinas diminuiriam significativamente as matérias secas da planta, porém, a interação de ácido salicílico e água salinizada minimizou o efeito negativo, aumentando os valores dos pesos. A incidência de sais induz crescimento subótimo da planta, principalmente por inibir a capacidade fotossintética e suprimir o crescimento da raiz. O aumento do rendimento pelo ácido salicílico pode ser devido ao aumento da tolerância por diferentes estresses abióticos como seca, estresse de temperatura e estresse salino. (DEVARAKONDA et al., 2020).



*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Figura 5. Massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA, A), do caule (MMSC, B) e da raiz (MMSR, C) de mudas de mamoeiro em função das concentrações de ácido salicílico (AS). Areia, PB- Brasil, 2021.

Os reguladores vegetais em concentrações extremamente baixas, são capazes de ativar respostas em células-alvo. Essa percepção de sinais resulta em uma série de eventos que induz resposta fisiológica e de desenvolvimento. O ácido salicílico, regula o crescimento e desenvolvimento vegetal, bem como, ativa sinais de respostas a estresses. Por sua vez, a

salinidade nas plantas, em sua fase osmótica é responsável por uma redução no crescimento da parte aérea e expansão foliar. (TAIZ et al., 2017). Dessa maneira, os resultados evidenciam que a alta condutividade elétrica da água de irrigação utilizada interferiram negativamente, causando uma redução do crescimento e desenvolvimento da plantas.

CONCLUSÕES

1. O estresse salino reduz todas as variáveis do crescimento das mudas de mamoeiro.
2. Verifica-se decréscimo de 10% no crescimento das mudas de mamoeiro quando a água de irrigação apresenta condutividade elétrica de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$
3. O ácido salicílico não atenua os efeitos do estresse salino nas variáveis de crescimento das mudas de mamoeiro

REFERÊNCIAS

- ABDELHAMEED, R. E.; ABDEL-LATEF, A. A. H.; SHEHATA, R. S. Physiological responses of salinized fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Plants to foliar application of salicylic acid. **Plants**, v. 10, n. 4, p. 657, 2021.
- AL-SHARA, B.; TAHA, R. M.; MOHAMAD, J.; ELIAS, H.; KHAN, A. somatic embryogenesis and plantlet regeneration in the *Carica papaya* L. cv. Eksotika. **Plants**, v. 9, n. 3, p. 360, 2020.
- ANWAR, M.; RASUL, M. G.; ASHWATH, N. Production optimization and quality assessment of papaya (*Carica papaya*) biodiesel with response surface methodology. **Energy Conversion and Management**, v. 156, p. 103-112, 2018.
- DEVARAKONDA, S., MADHUMATHI, C., UMAMAHESH, V., MUKUNDA, L., LAKSHMI, M., BHASKAR, V. V., RAJASEKHARAM, T. Growth, flowering and yield Responce of papaya (*Carica papaya* L.) cv. red lady to exogenous application of salicylic acid and jasmonic acid. **The Pharma Innovation Journal**, v. 9, n. 5, p. 160-165, 2020.
- DINIZ, G. L., SALES, G. N.; VALÉRIA, F. D. O.; DE ANDRADE, F. H.; DA SILVA, S. S.; NOBRE, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 218-228, 2018.
- FAGHIH, S.; GHOBADI, C.; ZAREI, A. Response of strawberry plant cv. 'Camarosa' to salicylic acid and methyl jasmonate application under salt stress condition. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 36, n. 3, p. 651-659, 2017.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021). Crops: 2019. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> . Acesso em: 27 de novembro de 2021.
- FARDUS, J.; MATIN, M. A.; HASANUZZAMAN, M.; HOSSAIN, M. A.; HASANUZZAMAN, M. Salicylic acid-induced improvement in germination and growth parameters of wheat under salinity stress. **J. Anim. Plant Sci**, v. 28, p. 197-207, 2018.
- GODOY, F.; OLIVOS-HERNÁNDEZ, K.; STANGE, C.; HANDFORD, M. Abiotic stress in crop Species: improving tolerance by applying plant metabolites. **Plants**, v. 10, n. 2, p. 186, 2021.

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.

KALEDHONKAR, M. J.; MEENA, B. L.; SHARMA, P. C. Reclamation and nutrient management for salt-affected soils. **Indian Journal of Fertilisers**, v. 15, n. 5, p. 566-575, 2019.

KHAN, N.; BANO, A.; BABAR, A. M. D. Metabolic and physiological changes induced by plant growth regulators and plant growth promoting rhizobacteria and their impact on drought tolerance in *Cicer arietinum* L. **PloS one**, v. 14, n. 3, p. e0213040, 2019.

KHAN, N.; BANO, A.M.D; BABAR, A. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture. **PloS one**, v. 15, n. 4, p. e0231426, 2020.

METHENNI, K.; ABDALLAH, M. B.; NOUAIRI, I.; SMAOUI, A.; ZARROUK, M.; YOUSSEF, N. B. Salicylic acid and calcium pretreatments alleviate the toxic effect of salinity in the oueslati olive variety. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 349-358, 2018.

MIAO, Y.; LUO, X.; GAO, X.; WANG, W.; LI, B.; HOU, L. Exogenous salicylic acid alleviates salt stress by improving leaf photosynthesis and root system architecture in cucumber seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109577, 2020.

OLIVEIRA FILHO, F. S.; MEDEIROS, J. F.; GURGEL, M. T.; ABRANTES, E. G.; ROLIM, H. O.; CASSIMIRO, C. A. L. Arbuscular mycorrhizal fungi as mitigating agents of salt stress in formosa papaya seedlings. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3188-e3188, 2020.

PECANHA, A. L.; DA SILVA, J. R.; RODRIGUES, W. P.; FERRAZ, T. M.; NETTO, A. T.; LIMA, R. S. N.; CAMPOSTRINI, E. Leaf gas exchange and growth of two papaya (*Carica papaya* L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 230-239, 2017.

PUVANITHA, S.; MAHENDRAN, S. Effect of salinity on plant height, shoot and root dry weight of selected rice cultivars. **Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences**, v. 4, n. 4, p. 126-131, 2017.

SÁ, F. V. D. S.; BRITO, M. E.; SILVA, L. D. A.; MOREIRA, R. C.; PAIVA, E. P. D.; 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.

SOUSA, M. S. D. S.; DE LIMA, V. L.; BRITO, M. E.; SILVA, L. D. A.; MOREIRA, R. C.; OLIVEIRA, C. J. Organic fertilization to attenuate water salinity effect on papaya growth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 79-83, 2019.

TAHJIB-UL-ARIF, M.; SIDDIQUI, M. N.; SOHAG, A. A. M.; SAKIL, M. A.; RAHMAN, M. M.; POLASH, M. A. S.; TRAN, L. S. P. Salicylic acid-mediated enhancement of photosynthesis attributes and antioxidant capacity contributes to yield improvement of maize plants under salt stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 37, n. 4, p. 1318-1330, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. 735p

CAPÍTULO II

ÁCIDO SALICÍLICO E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO NA FISIOLOGIA DE MUDAS DO MAMOEIRO.

RESUMO

Estresses ambientais como salinidade e seca, reduzem a produtividade agrícola mais do que outros fatores. No entanto, o ácido salicílico está entre as principais classes de hormônios encontrados em plantas, considerado um regulador de respostas a estresses abióticos, como a salinidade. Objetivou-se neste experimento avaliar as respostas fisiológicas das mudas de mamoeiro ao utilizar ácido salicílico como atenuante dos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos obtidos segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco condutividades elétricas da água de irrigação e cinco doses de ácido salicílico, com valores mínimo e máximos de 0,3 e 5,0 dSm⁻¹ e 0,0 e 2,0 mmol L⁻¹, respectivamente, com três repetições. Aos 60 dias após a semeadura foram avaliadas o índice de clorofila, fluorescência da clorofila e trocas gasosas. O estresse salino diminuiu a fotossíntese e a eficiência quântica do fotossistema II das mudas de mamoeiro. A aplicação de doses entre 0,5 e 0,84 mmol L⁻¹ de ácido salicílico maximiza os índices de clorofilas. O ácido salicílico aumenta a Fv/Fm, a transpiração e a condutância estomática nos maiores valores de condutividade elétrica da água de irrigação. O ácido salicílico não atenua os efeitos do estresse salino na fisiologia das mudas de mamoeiro.

Palavras-chave: *Carica papaya* L.; regulador de crescimento; fluorescência da clorofila.

ABSTRACT

Environmental stresses such as salinity and drought reduce agricultural productivity more than other factors. However, salicylic acid is among the main classes of hormones found in plants, considered a regulator of responses to abiotic stresses, such as salinity. The objective of this experiment was to evaluate the physiological responses of papaya seedlings when using salicylic acid as a mitigation of the effects of electrical conductivity of irrigation water. The experimental design was in randomized blocks, with the treatments obtained according to the Box Central Composite experimental matrix, referring to five electrical conductivities of irrigation water and five doses of salicylic acid, with minimum and maximum values of 0.3 and 5.0 dSm⁻¹ and 0.0 and 2.0 mmol L⁻¹, respectively, with three repetitions. At 60 days after sowing, the chlorophyll index, chlorophyll fluorescence and gas exchange were evaluated. Salt

stress reduces photosynthesis and the quantum efficiency of photosystem II in papaya seedlings. The application of doses between 0.5 and 0.84 mmol L⁻¹ of salicylic acid maximizes chlorophyll levels. Salicylic acid increases Fv/Fm, transpiration and stomatal conductance at the highest values of electrical conductivity of irrigation water. Salicylic acid does not attenuate the effects of salt stress on the physiology of papaya seedlings.

Keywords: *Carica papaya* L.; growth regulator; chlorophyll fluorescence.

INTRODUÇÃO

A *Carica papaya* L., é uma planta típica de clima tropical, pertencente à família Caricaceae, possui grande importância socioeconômica e alimentar no Brasil e no mundo (SÁ et al. 2020). É uma das culturas mais produzidas nas zonas tropicais e subtropicais do mundo, e embora seja considerada uma cultura tolerante, o estresse salino afeta sua produção (GIRÓN-RAMÍREZ, 2021).

No Brasil, no ano de 2019, obteve-se uma quantidade produzida estimada em 1.161.808 toneladas. Na região Nordeste, a produção estimada foi de 637.665 toneladas equivalente a aproximadamente 54,9% da produção de mamoeiro do país (IBGE, 2021). Para a produção dessa cultura, a formação de mudas no cultivo é uma etapa extremamente importante para as plantas expressarem o máximo produtivo potencial (OLIVEIRA, 2019).

A qualidade das mudas é um componente importante para melhorar a cultura de mudas em viveiros e para prever a sobrevivência e o crescimento das mudas após o plantio (GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018). Ademais, é necessária a renovação de pomares em períodos determinados para garantir alta produtividade, dependendo da cultivar e das condições de cultivo. Tal necessidade, acarreta em uma grande demanda para a produção de mudas de boa qualidade (GUEDES, et al. 2018).

Estresses ambientais, como salinidade e seca reduzem a produtividade agrícola mais do que outros fatores. Alta concentração de sal inibe o crescimento da planta por um efeito osmótico ou efeito de déficit de água e por excesso de íon ou específico de sal efeito do NaCl (AL-TAEY, 2018). Nestes casos, a condutância estomática, a transpiração e a disponibilidade de CO₂ diminuem e o processo fotossintético é alterado (PÉREZ-LABRADA et al. 2019).

Os fitohormônios são substâncias endógenas importantes para moderar as respostas fisiológicas e moleculares (AL-TAEY, 2018). Desempenham papéis regulatórios importantes na adaptação das plantas às condições de estresse abiótico. O ácido salicílico está entre as

principais classes de hormônios encontrados em plantas, considerado um regulador de respostas a estresses abióticos, como a salinidade (ASGHER et. al. 2017).

Entre suas funções, o ácido salicílico atua na modulação do equilíbrio redox através das membranas, neutralizando os efeitos negativos das espécies reativas de oxigênio (ROS) geradas pelo estresse oxidativo por meio do aumento da atividade de enzimas antioxidantes (FAGHIIH, 2017). Em baixas concentrações, as ROS atuam como moléculas de sinal para regular as respostas a estresses abióticos. Um acúmulo excessivo de ROS em condições salinas, entretanto, tem efeitos prejudiciais nos tecidos vegetais (ZHAO, 2020).

É necessário pesquisas e tecnologias que permitam a utilização de áreas salinizadas principalmente encontradas nas regiões áridas e semiáridas, com a finalidade da produção agrícola. Dessa maneira, estudos são realizados em diversas culturas afim de encontrar um mitigador desse efeito. O objetivo com este experimento foi avaliar as respostas fisiológicas do mamoeiro ao utilizar ácido salicílico como atenuante dos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de julho a outubro de 2020, em ambiente protegido com estufa coberta, no viveiro de fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, Paraíba, Brasil.

As unidades experimentais foram representadas por sacos de polietileno com capacidade para 1,5 dm³. Os sacos foram preenchidos com substrato contendo material de um solo e esterco bovino curtido na proporção de 3:1, respectivamente. O solo foi retirado da camada de 0-20 cm de profundidade do perfil de um Neossolo Regolítico coletado no sítio Macaquinhos, município de Remígio, PB. O substrato foi peneirado em malha de 4,0 mm e posteriormente feita a análise de fertilidade, cujos resultados da análise são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características de fertilidade do substrato utilizado no experimento. Areia-PB, 2020.

pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	CTC	V	PST	MO
	Mgdm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³					-----			---- (%)	----	g kg ⁻¹
7,50	8,72	0,86	0,09	4,38	2,08	7,41	0,00	0,00	7,41	100	1,21	28,33

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases; PST: Percentagem de sódio trocável

Utilizou-se a cultivar de mamão Formosa, cuja sementeira foi realizada em sacos de polietileno, contendo três sementes por saco. Aos 15 dias após emergência, quando as mudas apresentavam de 3 a 5 cm realizou-se o desbaste deixando-se apenas uma plântula por saco. Aos 30 dias após a sementeira, foram iniciados os tratamentos referentes ao manejo de irrigação com água salina.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em fatorial reduzido de $2^2 + 2 \times 2 + 1$, conforme a matriz Composto Central de Box, referente a cinco níveis de condutividades elétricas da água de irrigação (CEai) e cinco doses de ácido salicílico, com valores mínimos e máximos, respectivamente 0,3 e 5,0 dS m⁻¹ e 0,0 e 2,0 mmol L⁻¹, totalizando 10 tratamentos, com três repetições (Tabela 2).

Tabela 2. Esquema entre os tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Níveis		Valores e doses	
	CEai	Prolina	CEai (dS m ⁻¹)	AS (mmol L ⁻¹)
1	-1	-1	1,1	0,3
2	-1	1	1,1	1,7
3	1	-1	4,3	0,3
4	1	1	4,3	1,7
5	-1,41 (- α)	0	0,3	1,0
6	1,41 (α)	0	5,0	1,0
7	0	-1,41 (- α)	2,7	0,0
8	0	1,41 (α)	2,7	2,0
9	0	0	2,7	1,0
10	-	-	0,3	0,0

¹Número de tratamentos = $2^k + 2k + 1$ ($k = 2$, n^o de fatores) $\therefore 2^2 + 2 \times 2 + 1 = 9$; $\alpha = \sqrt{k}$.

O manejo de irrigação foi realizado diariamente, logo após a sementeira com água de menor condutividade elétrica (0,3 dS m⁻¹) proveniente do sistema de abastecimento da UFPB. Para a preparação das águas com as condutividades elétricas foram realizadas pela diluição de água salina (CEa > 10 dS m⁻¹), proveniente do sítio Macaquinhos na cidade de Remígio, com água de abastecimento não salina (0,3 dS m⁻¹). A aferição da água de abastecimento e da água salina utilizada no experimento, foram realizadas utilizando o condutivímetro portátil microprocessado Instrutherm[®] (modelo CD-850).

As aplicações do ácido salicílico foram de acordo com os tratamentos, com a frequência a cada 15 dias após o início da aplicação da água salina. As doses foram diluídas separadamente

em água destilada e aplicada via pulverização foliar. As plantas que não receberam regulador foram pulverizadas somente com água destilada.

Aos 60 dias após a semeadura, foram analisadas o índice de clorofila (clorofilas *a*, *b*, total), fluorescência da clorofila (fluorescência inicial – F₀, fluorescência máxima – F_m, rendimento quântico potencial do fotossistema II – F_v/F_m) e trocas gasosas (fotossíntese líquida – A, transpiração – E, condutância estomática – g_s).

Os índices de clorofila *a*, *b* e total foram obtidos com auxílio de um clorofilômetro eletrônico portátil (modelo CFL 1030, ClorofiLOG®), realizando-se duas leituras por planta. As análises de fluorescência da clorofila foram feitas colocando pinças foliares 30 minutos antes das leituras com auxílio de um fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II® (Hansatech Instruments Co., UK). As determinações das trocas gasosas transpiração, condutância estomática e fotossíntese líquida foram realizadas com auxílio de um analisador de gases infravermelho (IRGA, modelo portátil LI-6400XT, LICOR®, Nebraska, USA), com as leituras sendo realizadas entre 08:00min e 10:00min.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, sendo os efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação e das concentrações de ácido salicílico ajustados a regressão polinomial, utilizando o software R.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação e das concentrações de ácido salicílico ajustados a regressão polinomial, utilizando o software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação dos fatores estudados (condutividade elétrica da água de irrigação x concentrações de ácido salicílico) para a fluorescência inicial ($p < 0,05$), relação F_v/F_m ($p < 0,05$), transpiração ($p < 0,01$) e condutância estomática ($p < 0,01$), dessa forma, ambos os fatores interferem de forma simultânea nas mudas de mamoeiro. De forma isolada, os índices de clorofilas *a*, *b* e total ($p < 0,01$), fotossíntese líquida ($p < 0,05$) e fluorescência máxima ($p < 0,01$) foram influenciadas significativamente para os fatores citados, exceto fotossíntese líquida e fluorescência máxima que foram significativos apenas para condutividades elétricas das águas de irrigação.

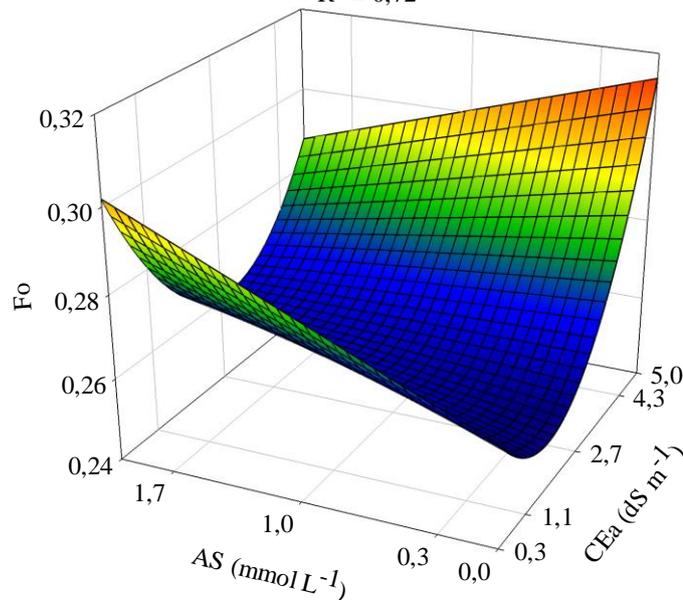
A fluorescência inicial declinou com o aumento da CE_{ai} até a condutividade de 1,75 dS m⁻¹, apresentando menor valor (0,2511) na dose de 0 mmol L⁻¹ do ácido salicílico, com sucessivo acréscimo até a maior CE_{ai} (5 dS m⁻¹) correspondente maior fluorescência 0,314

(Figura 1). O incremento na concentração de ácido salicílico aumentou os valores de fluorescência nas menores CE_{Ei}, enquanto que nas maiores CE_{Ei} o ácido salicílico reduziu linearmente os valores de fluorescência inicial. Resultados semelhantes foram reportados por Lotfi et al (2020), que observaram acréscimo da fluorescência inicial com o aumento dos níveis de salinidade e uma redução desses valores com a aplicação de concentrações de ácido salicílico.

Embora o ácido salicílico seja uma molécula sinalizadora que desempenha um papel nas respostas de defesa da planta, a aplicação não é uma via isolada. Podendo obter efeitos positivos em aplicações de dosagens mais baixas, onde mostra-se mais vantajoso sobre concentrações mais altas que podem causar toxicidade (KHAN et al., 2019).

$$y = 0,269527 - 0,020991CE + 0,021085AS + 0,005987CE^{2*} - 0,006937CE \times AS$$

$$R^2 = 0,72$$

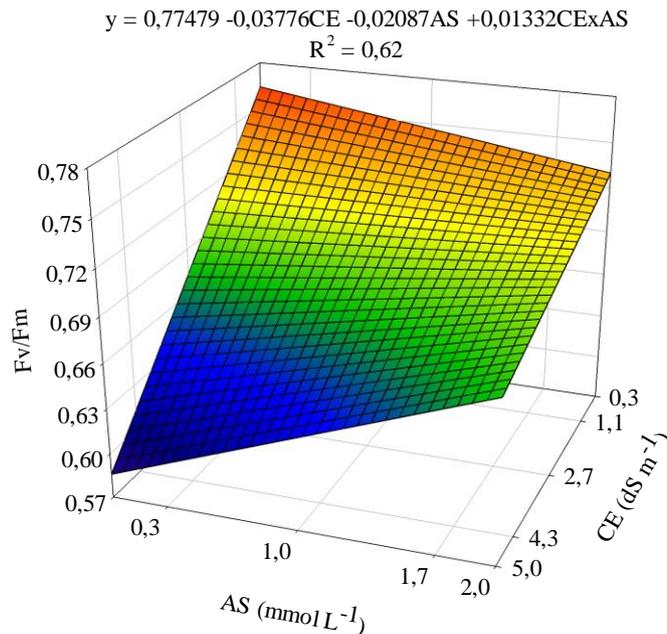


* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1. Fluorescência inicial – F₀ de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) e concentrações de ácido salicílico (AS).

Os valores de rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m) com a adição de sais e ácido salicílico promoveram ponto máximo estimado na concentração de 0,3 dS m⁻¹ de CE_{Ea} e 0,017 mmol L⁻¹ de AS (Figura 2), posteriormente tanto o ácido quanto a condutividade elétrica da água de irrigação reduziram a relação F_v/F_m nas mudas. Hamani et al. (2020), observaram que o rendimento quântico potencial do fotossistema II mostrou-se sensível aos tratamentos com estresse salino, porém, com o tratamento com ácido salicílico aumentou significativamente os valores da F_v/F_m.

Bukhat et al. (2020), verificaram que o estresse salino diminuiu significativamente o rendimento quântico de PSII enquanto a aplicação de ácido salicílico aumentou o rendimento quântico de PSII, determinando que o tratamento com AS reduziu os efeitos negativos do estresse salino, porém, o modo de ação do regulador de crescimento depende da concentração aplicada. Baseando-se em outros estudos também notou que doses mais altas de AS tornam-se inibitórias para alguns processos fotossintéticos.



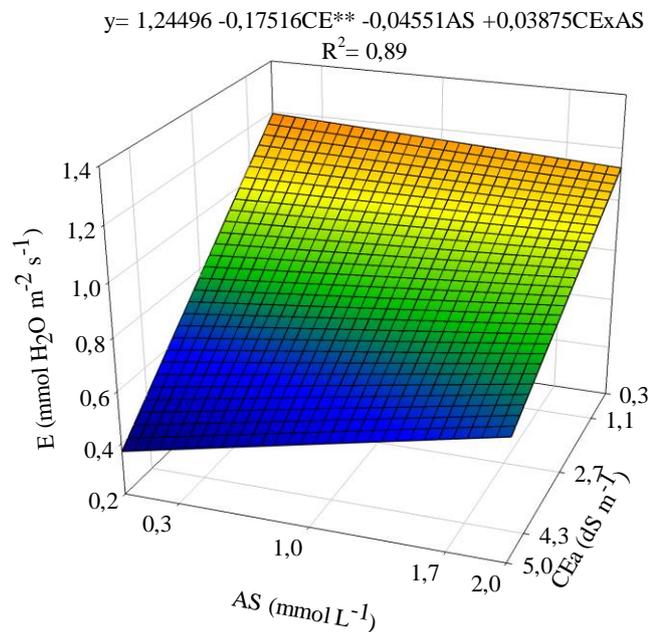
* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2. Rendimento quântico potencial do fotossistema II – Fv/Fm de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) e concentrações de ácido salicílico (AS).

Os valores de transpiração e condutância estomática das mudas de mamoeiro, decresceram em função do incremento de sais, com transpiração de $1,19 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e condutância máximas $0,048 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, na condutividade de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ com 0 mmol L^{-1} de ácido salicílico, respectivamente (Figura 3) e (Figura 4). Alcançando os menores valores de transpiração de $0,36 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $0,009 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de condutância estomática na condutividade elétrica de 5 dS m^{-1} . Decréscimo observado em ambos os fatores. O estresse salino leva a reduções significativas dos valores de E e G_s , resultados que se assemelham ao relatado em culturas como manjerição, melancia, gravioleira (SILVA et al., 2018; RIBEIRO et al., 2020; SILVA et al., 2020).

O estresse osmótico não específico causa efeitos iônicos devido a acumulação de íons tóxicos e déficit hídrico, que por sua vez, afeta diretamente o crescimento vegetativo. O déficit

hídrico resulta uma acumulação de ácido abscísico (ABA) que induz o fechamento estomático, reduzindo as trocas gasosas e inibindo a fotossíntese (TAIZ et al., 2017).



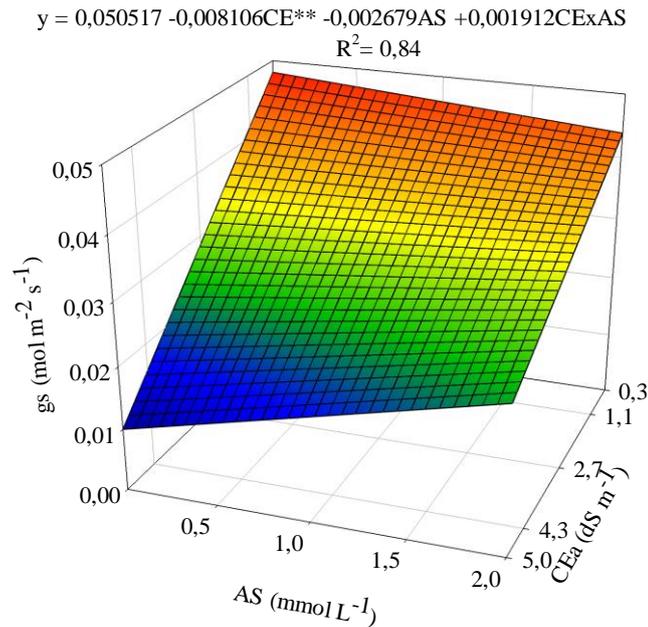
** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3. Transpiração – E de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) e concentrações de ácido salicílico (AS).

Faghig et al. (2017), também verificaram reduções significativas de Gs em plantas expostas ao estresse salino, contudo, plantas tratadas com AS mostram aumento na condutância estomática onde afirma que a aplicação do ácido salicílico, molécula de sinalização produzidas por plantas que são responsáveis por induzir tolerância a uma série de estresses bióticos e abióticos, poderia proteger parcialmente as plantas contra o estresse salino.

A redução da expansão celular pela transpiração e condutância estomática diminuídas é um resultado da elevada condutividade elétrica, explicado pela redução do potencial osmótico em altas concentração de soluto, conseqüentemente, causando redução no crescimento do mamoeiro (PEÇANHA et al. 2017).

O estresse salino promove diversas limitações nos atributos fisiológicos das plantas, a resposta mais precoce com a incidência de sais é o fechamento estomático, o que leva a diminuição da condutância estomática e transpiração. O ácido salicílico, por sua vez, promove aumento das taxas fotossintéticas e trocas gasosas. Entretanto, os efeitos benéficos do ácido salicílico varia de acordo com a concentração e o parâmetro estudado (SOUANA et al., 2020).



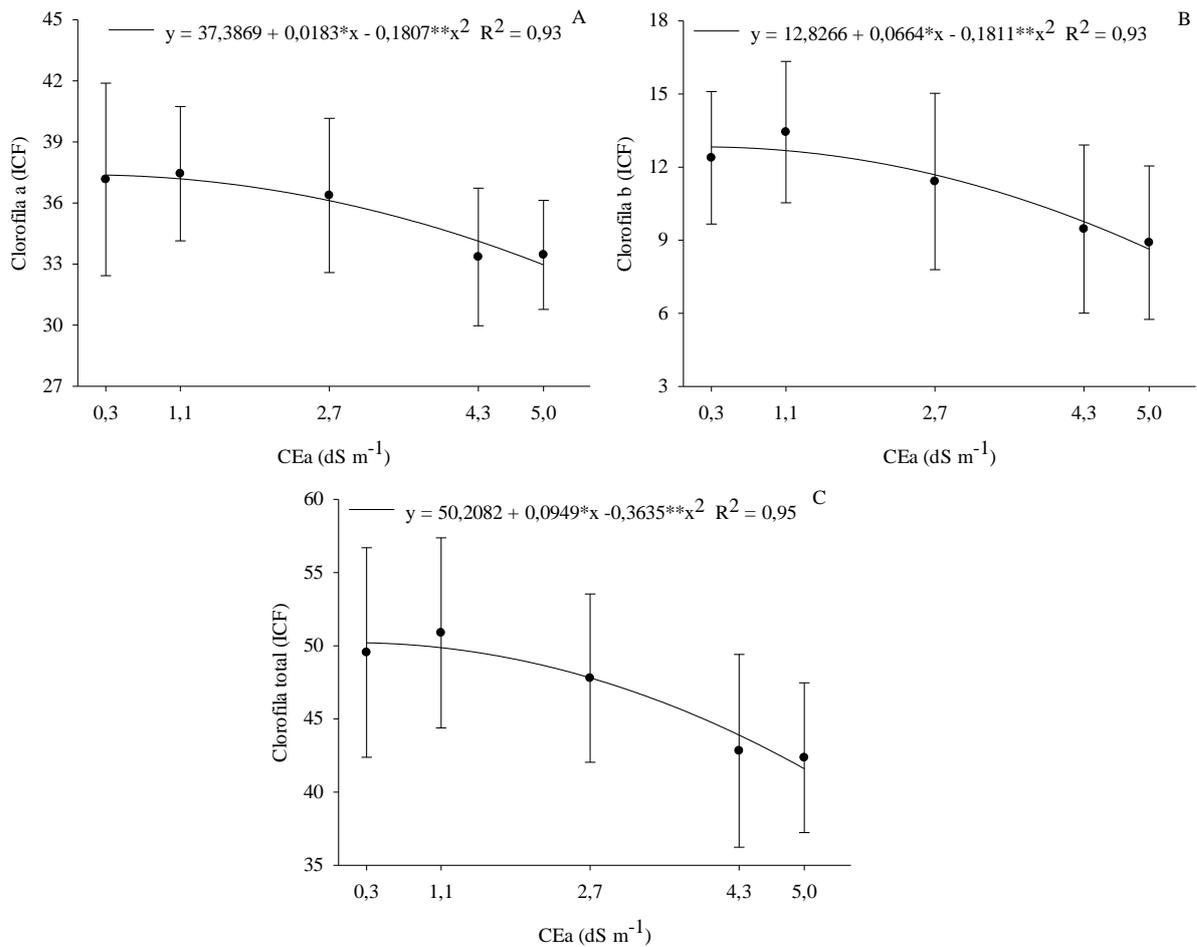
** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4. Condutância estomática – g_s de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE) e concentrações de ácido salicílico (AS).

A salinidade elevada reduz a fotossíntese significativamente, portanto, usamos a atividade fotossintética e vários parâmetros de indução da fluorescência da clorofila a como indicadores importantes da tolerância das plantas a um estresse abiótico (HORVÁTH et al., 2015).

O índice de clorofila a (Figura 5A) apresentou comportamento quadrático com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, com ponto máximo estimado de 37,36 até a condutividade de 0,42 $dS\ m^{-1}$, decrescendo em seguida, enquanto que as clorofilas b e total reduziram de 12,83 (Figura 5B) e 50,20 ICF (Figura 5C) na condutividade 0,3 $dS\ m^{-1}$, respectivamente, para 8,63 e 41,59 com 5 $dS\ m^{-1}$. Corroborando com os resultados encontrados, Bukhat et al. (2020) constataram diminuição nos índices de clorofilas a, b e total em plantas submetidas a estresse salino, em que atribuem que esse decréscimo pode ser relacionado à redução na biossíntese de clorofila. Igualmente abordado por Baniyasi et al. (2018) onde conferem que a redução dos pigmentos fotossintéticos sob estresse salino pode ser o resultado da destruição da estrutura do cloroplasto, do aparato fotossintético e foto-oxidação das clorofilas.

Os efeitos danosos da salinidade nas concentrações das clorofilas, podem ser atribuídos ao papel da salinidade na inibição da RUBISCO, aumento da degradação do cloroplasto e desordem da estrutura do cloroplasto, conseqüentemente, diminuição das concentrações de clorofila (ABDELAAL et al., 2020).



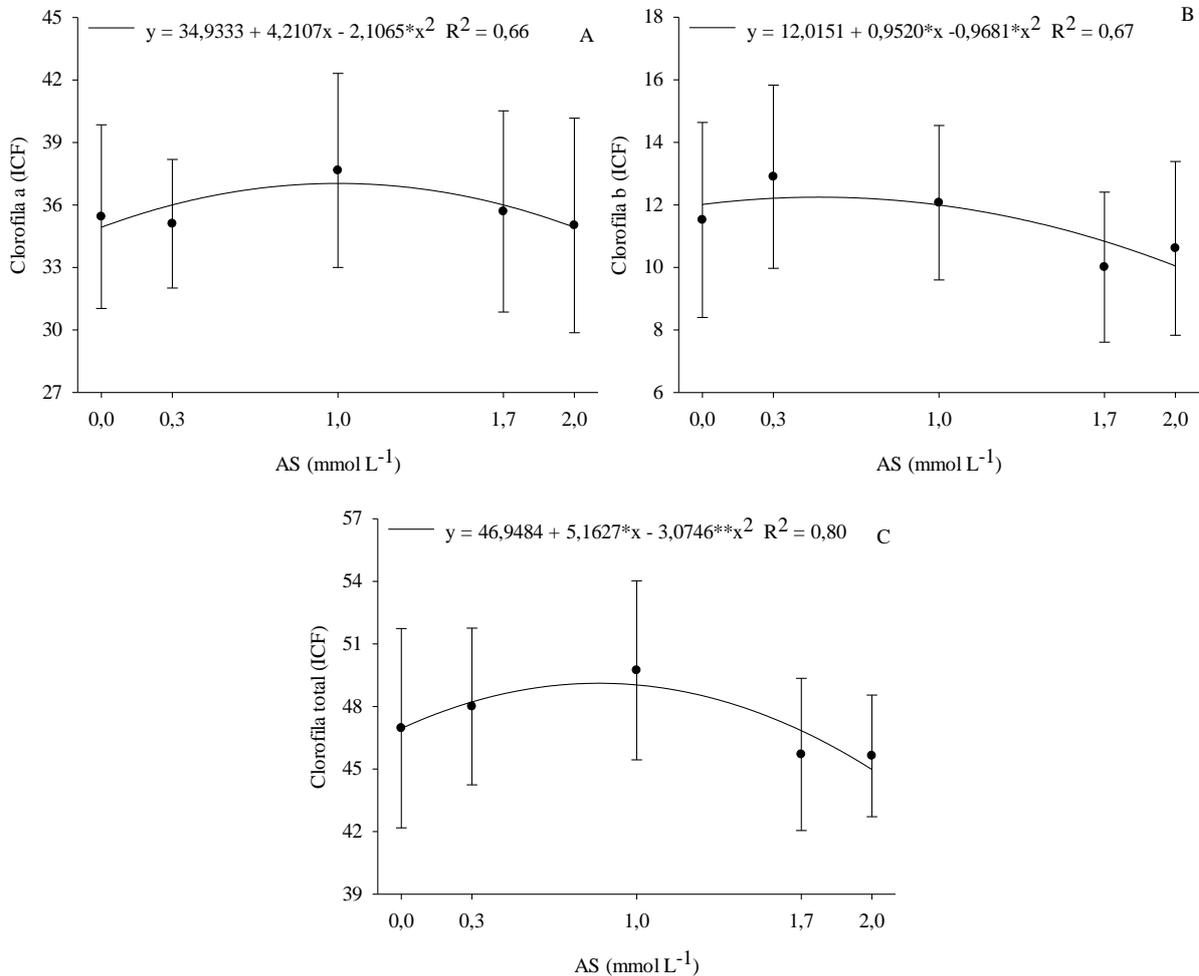
*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Figura 5. Índices de clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE).

Os pigmentos fotossintéticos sofreram reduções em plantas submetidas a sais, sendo menores em mudas expostas a baixas condutividades elétricas. Em plantas submetidas a aplicação de ácido salicílico encontram-se resultados de acréscimo nos valores de clorofila a, b e total, com pontos máximos estimados 37,03, 12,24 e 49,11 ICF nas concentrações de 1, 0,5 e 0,84 mmol L⁻¹ de AS, respectivamente (Figura 6), com sucessivo declínio a partir dessas concentrações de AS.

Os resultados obtidos contrastam com os obtidos por Batista et al. (2019), que verificaram decréscimo significativo nas clorofilas a, b e total em altas condutividades elétricas como também diminuição em todos os pigmentos com aplicação exógena de AS. Tendência também observada por Farhangi-abriz et al., (2018), e atribuída ao aumento das lesões oxidativas e osmóticas causadas pela salinidade. Esses mesmos autores obtiveram, com a aplicação de ácido salicílico, uma melhora no conteúdo das clorofilas, o que deve ao AS ter

diminuído a entrada de Na^+ nas células da folha e também minimizado os efeitos da salinidade por meio do aumento da atividade de enzimas antioxidantes e aumento dos açúcares solúveis, proteínas e glicina betaína das plantas.



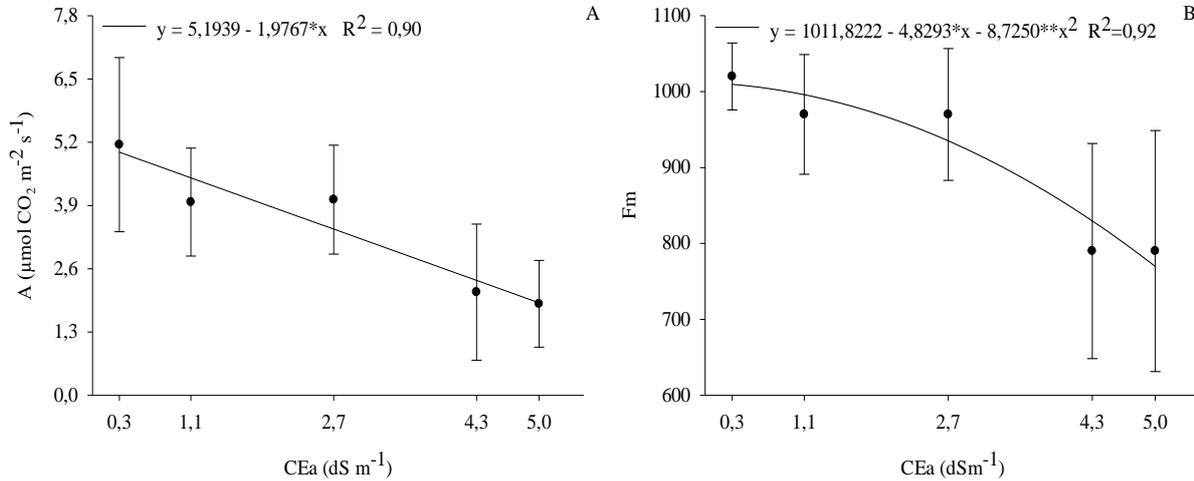
*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Figura 6. Clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) de mudas de mamoeiro submetido a concentrações de ácido salicílico (AS).

A salinidade resultou em diminuição da transpiração e da condutância estomática que por conseguinte contribuíram para uma menor fotossíntese líquida, que reduziu 15,53% a cada acréscimo unitário da água de irrigação (Figura 7A.). Essa redução da capacidade fotossintética com níveis de salinidade é relatado em diversas espécies, onde essa diminuição é refletida consequentemente na redução do crescimento.

O fechamento estomático causado pelo efeito osmótico pode ser responsável pela baixa intensidade fotossintética registrada em condições de salinidade (GANDONOU et al., 2018). Não houve efeito significativo para a aplicação de ácido salicílico na taxa fotossintética líquida, porém, algumas pesquisas mostraram que os acréscimos de crescimento induzidos por AS

podem ser devido ao aumento aprimorado por AS na fotossíntese líquida sob estresse salino. A manutenção de uma taxa fotossintética favorável implica na manutenção do crescimento sob estresse salino (MA et al., 2017)



*, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Figura 7. Fotossíntese líquida (A) e fluorescência máxima (B) de mudas de mamoeiro em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CE).

De forma similar, a fluorescência máxima também declinou com incremento salino na água de irrigação, decrescendo de 1009,58 para 769,55, entre 0,3 e 5,5 dS m^{-1} (Figura 7B). Os resultados assemelham-se aos relatados por Ghassemi-golezani et al. (2020), em que o estresse salino causou diminuição na fluorescência máxima (F_m); porém, observou-se aumento desta variável nos tratamentos com hormônio vegetal. Corroborando, Estaji et al., (2019), verificaram redução na fluorescência máxima da planta, ocasionada pela salinidade, onde essa redução pode impedir a transferência de elétrons do centro de reação do fotossistema II.

CONCLUSÕES

1. O estresse salino diminui a fotossíntese e a eficiência quântica do fotossistema II das mudas de mamoeiro.
2. A aplicação de doses entre 0,5 e 0,84 mmol L^{-1} de ácido salicílico maximiza os índices de clorofilas.
3. O ácido salicílico aumenta a F_v/F_m , a transpiração e a condutância estomática nos maiores valores de condutividade elétrica da água de irrigação.
4. O ácido salicílico não atenua os efeitos do estresse salino na fisiologia das mudas de mamoeiro.

REFERÊNCIAS

- ABDELAAL, K. A. A.; MAZROU, Y. S. A; HAFEZ, Y. M. Silicon foliar application mitigates salt stress in sweet pepper plants by enhancing water status, photosynthesis, antioxidant enzyme activity and fruit yield. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 733, 2020.
- AL-TAEY, D. K.A. The role of GA and organic matter to reduce the salinity effect on growth and leaves contents of elements and antioxidant in pepper. **Plant Archive**, v. 18, n. 1, p. 479-488, 2018.
- ASGHER, M.; PER, T. S.; MASOOD, A.; FATMA, M.; FRESCHI, L.; CORPAS, F. J.; KHAN, N. A. Nitric oxide signaling and its crosstalk with other plant growth regulators in plant responses to abiotic stress. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 3, p. 2273-2285, 2017.
- BANIASADI, F.; SAFFARI, V. R.; MOUD, A. Physiological and growth responses of *Calendula officinalis* L. plants to the interaction effects of polyamines and salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 312-317, 2018.
- BATISTA, V. C. V.; PEREIRA, I. M. C.; DE OLIVEIRA PAULA-MARINHO, S.; CANUTO, K. M.; PEREIRA, R. D. C. A.; RODRIGUES, T. H. S.; DE CARVALHO, H. H. Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant *Egletes viscosa*. **Environmental and Experimental Botany**, v. 167, p. 103870, 2019.
- BUKHAT, S.; MANZOOR, H.; ZAFAR, Z. U.; AZEEM, F., RASUL, S. Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of *Raphanus sativus* to salt stress is associated with antioxidant capacity. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, n. 2, p. 809-822, 2020.
- DE SOUZA OLIVEIRA, V.; POSSE, R. P.; PINHEIRO, A. P. B.; COSTA, G. S.; MALIKOUSKI, R. G.; DE MORAIS, A. L.; SCHMILDT, E. R. Effect of irrigation depths on the growth of papaya seedlings. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-9, 2019.
- ESTAJI, A.; KALAJI, H. M.; KARIMI, H. R.; ROOSTA, H. R.; MOOSAVI-NEZHAD, S. M. How glycine betaine induces tolerance of cucumber plants to salinity stress. **Photosynthetica**, v. 57, n. 3, p. 753-761, 2019.

FAGHIIH, S.; GHOBADI, C.; ZAREI, A. Response of strawberry plant cv. 'Camarosa' to salicylic acid and methyl jasmonate application under salt stress condition. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 36, n. 3, p. 651-659, 2017.

FARHANGI-ABRIZ, S.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants?. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 147, p. 1010-1016, 2018.

GANDONOU, C. B.; PRODJINOTO, H.; ZANKLAN, S. E. A.; WOUYOU, A. D.; LUTTS, S.; MONTCHO, D. H.; MENSAH, A. C. E. G. Effects of salinity stress on growth in relation to gas exchanges parameters and water status in amaranth (*Amaranthus cruentus*). **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, v. 10, n. 3, p. 19-27, 2018.

GHASSEMI-GOLEZANI, K.; HOSSEINZADEH-MAHOOTCHI, A.; FARHANGI-ABRIZ, S. Chlorophyll a fluorescence of safflower affected by salt stress and hormonal treatments. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 7, p. 1-9, 2020.

GIRÓN-RAMÍREZ, A.; PEÑA-RODRÍGUEZ, L. M.; ESCALANTE-EROSA, F.; FUENTES, G.; SANTAMARÍA, J. M. Identification of the SHINE clade of AP2/ERF domain transcription factors genes in *Carica papaya*; Their gene expression and their possible role in wax accumulation and water deficit stress tolerance in a wild and a commercial papaya genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 183, p. 104341, 2021.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 283, 2018

GUEDES, W. A.; ARAÚJO, R. H. C. R.; ROCHA, J. L. A.; DE LIMA, J. F.; DIAS, G. A.; DE OLIVEIRA, Á. M. F.; OLIVEIRA, L. M. Production of papaya seedlings using *Spirulina platensis* as a biostimulant applied on leaf and root. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-9, 2018.

HAMANI, A. K. M.; WANG, G.; SOOTHAR, M. K.; SHEN, X.; GAO, Y.; QIU, R.; MEHMOOD, F. Responses of leaf gas exchange attributes, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in NaCl-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings to exogenous glycine betaine and salicylic acid. **BMC Plant Biology**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2020.

HORVÁTH, E.; CSISZÁR, J.; GALLÉ, Á.; POÓR, P.; SZEPESI, Á.; TARI, I. Hardening with salicylic acid induces concentration-dependent changes in abscisic acid biosynthesis of tomato under salt stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 183, p. 54-63, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>. Acesso em: 05 de maio de 2021.

KHAN, M. S.; AKTHER, T.; ALI, D. M.; HEMALATHA, S. An investigation on the role of salicylic acid alleviate the saline stress in rice crop (*Oryza sativa* (L)). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 18, p. 101027, 2019.

LOTFI, R.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; PESSARAKLI, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 26, p. 101635, 2020.

MA, X.; ZHENG, J.; ZHANG, X.; HU, Q.; QIAN, R. Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress on *Dianthus superbus* (Caryophyllaceae) by activating photosynthesis, protecting morphological structure, and enhancing the antioxidant system. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 600, 2017.

PÉREZ-LABRADA, F.; LÓPEZ-VARGAS, E. R.; ORTEGA-ORTIZ, H.; CADENAS-PLIEGO, G.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; JUÁREZ-MALDONADO, A. Responses of tomato plants under saline stress to foliar application of copper nanoparticles. **Plants**, v. 8, n. 6, p. 151, 2019.

RIBEIRO, J. E. da S.; VIEIRA DE SOUSA, L.; IARLEY DA SILVA, T.; SILVA NÓBREGA, J.; ANDRADE FIGUEIREDO, F. R.; ALCÂNTARA BRUNO, R. D. L.; BANDEIRA DE ALBUQUERQUE, M. *Citrullus lanatus* morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, 2020.

SÁ, F. V. D. S.; BRITO, M. E.; SILVA, L. D. A.; MOREIRA, R. C.; PAIVA, E. P. D.; 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.

SILVA, A. A. R. D.; LIMA, G. S. D.; AZEVEDO, C. A. V. D.; VELOSO, L. L. D. S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1092-1101, 2020.

SILVA, T. I.; DE MELO FILHO, J. S.; GONÇALVES, A. C. de M.; DE SOUSA, L. V.; DE MOURA, J. G.; DIAS, T. J.; MENDONÇA, R. M. N. Salicylic acid effect on *Ocimum basilicum* L. during growth in salt stress and its relationship between phytomass and gas exchange. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-10, 2018.

SOUANA, K.; TAÏBI, K.; ABDERRAHIM, L. A.; AMIRAT, M.; ACHIR, M.; BOUSSAID, M.; MULET, J. M. Salt-tolerance in *Vicia faba* L. is mitigated by the capacity of salicylic acid to improve photosynthesis and antioxidant response. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 109641, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

ZHAO, C.; ZHANG, H.; SONG, C.; ZHU, J. K.; SHABALA, S. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. **The innovation**, v. 1, n. 1, p. 100017, 2020.