



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE GOIABEIRA SOB  
DIFERENTES SALINIDADES DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO  
SALICÍLICO**

**ADNELBA VITÓRIA OLIVEIRA XAVIER**

Campina Grande – PB

Fevereiro - 2022

**ADNELBA VITÓRIA OLIVEIRA XAVIER**

**FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTOS DE GOIABEIRA SOB  
DIFERENTES SALINIDADES DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO  
SALICÍLICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

**ORIENTADORES:** Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande – PB

Fevereiro – 2022

X3f

Xavier, Adnelba Vitória Oliveira.

Formação de porta-enxertos de goiabeira sob diferentes salinidades da água de irrigação e ácido salicílico / Adnelba Vitória Oliveira Xavier. – Campina Grande, 2023.

86 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. Goiaba (*Psidium guajava* L.,) – Cultura. 2. Elicidores Vegetais. 3. Estresse Salino. 4. Irrigação e Drenagem. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.42(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA  
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

## FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

**ADNELBA VITÓRIA OLIVEIRA XAVIER**

FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE  
GOIABEIRA SOB DIFERENTES SALINIDADES  
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO SALICÍLICO

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
como pré-requisito para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Agrícola.

Aprovada em: 24/02/2022

Hans Raj Gheyi - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Geovani Soares de Lima - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

Lauriane Almeida dos Anjos Soares - Examinador(a) Externo(a) - CCTA/UFCG



Documento assinado eletronicamente por **Hans Raj Gheyi, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 11:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/02/2022, às 12:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Geovani Soares de Lima, Usuário Externo**, em 25/02/2022, às 15:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 27/02/2022, às 14:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º,



caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2141929** e o código CRC **26382387**.

---

Referência: Processo nº 23096.004379/2022-24

SEI nº 2141929

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, saúde, proteção e por ter me concedido o discernimento necessário para essa caminhada.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de participação nesse curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Hans Raj Gheyi e Prof. Dr. Geovani Soares de Lima pela compreensão e por todos os ensinamentos transmitidos ao longo do curso, sem a orientação desses senhores não seria possível a conclusão desta dissertação.

Aos examinadores Prof. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares e Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo pela disposição a contribuição na melhoria deste trabalho.

Ao meu esposo pelo amor e compreensão em todos os meus momentos de ausência e por todo apoio ao longo de toda a minha formação educacional, me incentivando nos momentos mais difíceis e exaustivos quando pensei que não seria possível chegar até aqui.

Aos meus pais por sempre acreditarem em mim, pelos incentivos a buscar sempre aprender e me desenvolver mais intelectualmente, pelo amor incondicional e força nos momentos de exaustão. Ao meu pai, Adnelson, em especial, por todos os dias me acompanhar e não me deixar sozinha enquanto eu irrigava o experimento.

Aos meus irmãos que, desde muito criança, sempre me incentivaram e me deram exemplo de dedicação ao estudo. E que com força e determinação se consegue alcançar o que se deseja.

As minhas cunhadas, cunhado e sogros que sempre dedicaram palavras de apoio.

Aos meus colegas de curso: Luana, Cassiano, André, Reynaldo, Leandro, Jéssica, De Assis e Mirandy, por me ajudarem nos dias de avaliação em que havia muito trabalho a ser feito. Em especial ao meu amigo André Alisson, que tanto me ajudou e aconselhou, sem nunca se negar, nem mesmo aos domingos.

E por fim, a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram nessa jornada intensa da Pós-Graduação. Muito Obrigada.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMO GERAL.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT GENERAL .....</b>	<b>xi</b>

### **CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL, REVISÃO DE LITERATURA E MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2 1. Geral.....	15
2 2. Específicos.....	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
3 1. A cultura da goiabeira.....	16
3.2. Recursos hídricos no semiárido nordestino-----	18
3 3. Qualidade da água para irrigação.....	19
3.4. Salinidade da água e seus efeitos sobre as culturas-----	22
35. Efeitos dos sais na goiabeira.....	264
3.6. Ácido salicílico como atenuante do estresse salino-----	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....</b>	<b>27</b>
4.1. Localização e caracterização da área experimental-----	27
4.2. Tratamentos e delineamento experimental-----	27
4.3. Instalação e condução do experimento-----	28
4.4. Preparo e aplicação das concentrações de ácido salicílico-----	30
45. Preparo das águas salinas e irrigação.....	31
4 6. Variáveis analisadas.....	32
4.6.1. Crescimento .....	32
4.6.2. Fisiológica.....	34
4 7. Análise estatística.....	37
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>

### **CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS, REVISÃO DE LITERATURA E MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

**CAPÍTULO II - O ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA DE GOIABEIRA NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO**

<b>RESUMO .....</b>	<b>44</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>44</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>46</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

**CAPÍTULO III - TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GOIABEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO**

<b>RESUMO .....</b>	<b>64</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>64</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>66</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>



## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS, REVISÃO DE LITERATURA E MATERIAL E MÉTODOS GERAL</b>	
<b>Tabela 1.</b> Condutividade elétrica de diferentes fontes hídricas.....	20
<b>Tabela 2.</b> Principais parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para irrigação.....	21
<b>Tabela 3.</b> Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade.....	22
<b>Tabela 4.</b> Riscos de problema de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.	22
<b>Tabela 5.</b> Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos .....	29
<b>CAPÍTULO II - O ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO NA FISILOGIA DE GOIABEIRA NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO</b>	
<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	48
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância para teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (%EE), teores de clorofila a (Cl a), b (Cl b), clorofila total (Cl total) e carotenoides (Car) das mudas de goiabeira ‘Paluma’ irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação foliar de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.....	52
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância referente à fluorescência inicial (F <sub>0</sub> ), fluorescência máxima (F <sub>m</sub> ), fluorescência variável (F <sub>v</sub> ), eficiência quântica do fotossistema II (F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> ) das mudas de goiabeira ‘Paluma’ irrigada com águas de diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação foliar de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura (DAS).....	57
<b>CAPÍTULO III - TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GOIABEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO</b>	
<b>Tabela 1.</b> Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	68
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (C <sub>i</sub> ), taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A), transpiração (E), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) e a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) de goiabeira ‘Paluma’ irrigada com diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação exógena de ácido salicílico, aos 180 dias após semeadura.....	71
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância para taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR <sub>AP</sub> ), diâmetro de caule (TCR <sub>DC</sub> ), área foliar (TCR <sub>AF</sub> ) no período de 104 a 180 dias após a semeadura (DAS), fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR), total (FST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de goiabeira ‘Paluma’ irrigada com diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação exógena de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.....	76

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<hr/>	
<b>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS, REVISÃO DE LITERATURA E MATERIAL E MÉTODOS GERAL</b>	
<hr/>	
<b>Figura 1.</b> Temperatura do ar (máximo e mínimo) e umidade relativa do ar média observada na área interna da casa de vegetação durante o período de experimento.....	27
<b>Figura 2.</b> Detalhes da semeadura nas sacolas plásticas (A) e disposição nas bancadas (B).....	28
<b>Figura 3.</b> Disposição das plantas (A) e após desbaste (B), aos 57 dias após a semeadura...	30
<b>Figura 4.</b> Detalhe da aplicação do ácido salicílico aos 81 dias após a semeadura (DAS) (A) e diferenciação entre os tratamentos submetidos a 1,6 mM de AS em ordem crescente de salinidade aos 111 DAS (B).....	31
<b>Figura 5.</b> Esquema de medição do comprimento da nervura principal nas folhas (A) e diâmetro de caule (B).....	32
<b>Figura 6.</b> Detalhe de folhas, caules e raízes separados para a pesagem de fitomassa fresca (A) e fitomassa seca (B).....	33
<b>Figura 7.</b> Detalhe da avaliação de trocas gasosas aos 180 dias após a semeadura.....	34
<b>Figura 8.</b> Preparo das amostras para determinação do teor relativo de água (A) e extravasamento de eletrólitos (B) no limbo foliar das mudas de goiabeira.....	36
<hr/>	
<b>CAPÍTULO II - O ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA DE GOIABEIRA NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO</b>	
<hr/>	
<b>Figura 1.</b> Temperatura do ar (máximo e mínimo) e umidade relativa do ar média observada na área interna da casa de vegetação durante o período de experimento.....	47
<b>Figura 2.</b> Superfície de resposta para teor relativo de água – TRA (A) e extravasamento de eletrólitos - %EE (B) no limbo foliar de mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água - CEa e concentrações de ácido salicílico – AS, aos 180 dias após semeadura.....	53
<b>Figura 3.</b> Superfície de resposta para teores de clorofila <i>a</i> - Cl <i>a</i> (A) e de carotenoides – Car (B) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água - CEa e das concentrações de ácido salicílico - AS, aos 180 dias após semeadura.....	54
<b>Figura 4.</b> Teor de clorofila <i>b</i> – Cl <i>b</i> (A) e clorofila total – Cl total (B) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função das concentrações de ácido salicílico - AS e teor de clorofila total – Cl total (C) em função dos níveis de condutividade elétrica da água – CEa, aos 180 dias após a semeadura.....	55
<b>Figura 5.</b> Superfície de resposta para fluorescência máxima – Fm (A), fluorescência variável – Fv (B) e eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm (C) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da interação entre os níveis de condutividade	58

elétrica da água - CEa e das concentrações de ácido salicílico – AS, aos 180 dias após a semeadura.....

---

**CAPÍTULO III - TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GOIABEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO**

---

<b>Figura 1.</b>	Temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar média observada na área interna da casa de vegetação durante o período de experimento.....	66
<b>Figura 2.</b>	Condutância estomática - $g_s$ (A), concentração interna de $CO_2$ – $C_i$ (B) e taxa de assimilação de $CO_2$ - A (C) de mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água de irrigação – CEa e aplicação exógena de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.....	72
<b>Figura 3.</b>	Superfície de resposta para transpiração ( $E$ ), eficiência instantânea da carboxilação ( $EiCi$ ) e a eficiência instantânea no uso da água ( $EiUA$ ) em função da interação entre salinidade de água - CEa e concentrações de AS de goiabeira cv. Paluma aos 180 dias após semeadura.....	74
<b>Figura 4.</b>	Taxa de crescimento relativo em altura de plantas – $TCR_{AP}$ (A), diâmetro do caule – $TCR_{DC}$ (B) e área foliar – $TCR_{AF}$ (C) de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água – CEa, no período de 104 e 180 dias após a semeadura.....	77
<b>Figura 5.</b>	Fitomassa seca de folhas - FFS (A) e de caule – FSC (B) das plantas de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 180 dias após a semeadura.....	78
<b>Figura 6.</b>	Fitomassa seca de raiz – FSR (A) e total – FST (B) das mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 180 dias após a semeadura.....	79
<b>Figura 7.</b>	Fitomassa seca de raiz – FSR (A) e total – FST (B) das mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função das concentrações de ácido salicílico – AS, aos 180 dias após a semeadura.....	80
<b>Figura 8.</b>	Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função dos níveis de salinidade da água de irrigação – CEa (A) e das concentrações de ácido salicílico – AS (B), aos 180 dias após semeadura.....	81

XAVIER, A. V. O. **Formação de porta-enxertos de goiabeira sob diferentes salinidades da água de irrigação e ácido salicílico**. 2022. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

## RESUMO GERAL

Na Região Nordeste, a goiabeira tem grande importância socioeconômica, sendo amplamente cultivada devido a sua grande procura e aceitação pelos consumidores, porém seu cultivo em áreas que possuem níveis elevados de sais nas águas é um fator limitante em decorrência de sua sensibilidade ao estresse salino. Assim, a busca por estratégias capazes de amenizar os efeitos deletérios sobre a goiabeira é de suma importância para a expansão do cultivo irrigado, destacando-se a aplicação foliar de ácido salicílico. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento, índices fisiológicos e qualidade de mudas de goiabeira ‘Paluma’ irrigadas com águas salinas e aplicação foliar de ácido salicílico durante a fase de formação de porta-enxertos. A pesquisa foi conduzida sob condições de casa-de-vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados em arranjo fatorial  $5 \times 5$ , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água (0,6; 1,5; 2,4, 3,3 e 4,2 dS  $m^{-1}$ ) e cinco concentrações de ácido salicílico (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela. Ácido salicílico até a concentração de 1,3 mM aumentou o teor relativo de água e diminuiu o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar das mudas de goiabeira ‘Paluma’. A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,7 mM atenuou os efeitos do estresse salino na clorofila *a* das mudas de goiabeira irrigadas com água de até 1,6 dS  $m^{-1}$ . As concentrações de 1,6 e 1,5 mM de ácido salicílico aumentou os teores de clorofila *b* e clorofila total, respectivamente. Os efeitos deletérios do estresse salino sobre a concentração de carotenoides e eficiência quântica do fotossistema II não foram atenuados pela aplicação de ácido salicílico. As concentrações de ácido salicílico aplicadas, via foliar, não atenuaram os efeitos prejudiciais da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira ‘Paluma’.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L., eliciadores vegetais, estresse salino.

XAVIER, A. V. O. **Formation of guava seedlings under different salinities of irrigation water and salicylic acid**. 2022. 86p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center of Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

### ABSTRACT GENERAL

In the Northeast region, guava has great socioeconomic importance, being widely cultivated, due to its great demand and acceptance by consumers, but its cultivation in areas that have high levels of salts in the water is a limiting factor due to its sensitivity to salt stress. Thus, the search for strategies capable of mitigating the deleterious effects on guava is of paramount importance for the expansion of irrigated cultivation, highlighting the foliar application of salicylic acid. In this sense, the objective of this study was to evaluate the growth, physiological indices, and quality of 'Paluma' guava seedlings irrigated with saline water and foliar application of salicylic acid during the rootstock formation phase. The research was conducted under greenhouse conditions, belonging to the Center of Technology and Natural Resources of the Federal University of Campina Grande (CTRN/UFCG), located in the municipality of Campina Grande, PB. The design used was randomized blocks in a  $5 \times 5$  factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of water (0.6, 1.5, 2.4, 3.3, and  $4.2 \text{ dS m}^{-1}$ ) and five concentrations of salicylic acid (0, 0.8, 1.6, 2.4, and 3.2 mM), with four replications and two plants per plot. Salicylic acid up to a concentration of 1.3 mM increased the relative water content and decreased intercellular electrolyte leakage from the leaf blade of 'Paluma' guava seedlings. Foliar application of salicylic acid at a concentration of 1.7 mM attenuated the effects of salt stress on chlorophyll *a* of guava seedlings irrigated with water of up to  $1.6 \text{ dS m}^{-1}$ . The concentrations of 1.6 and 1.5 mM of salicylic acid increased the levels of chlorophyll *b* and chlorophyll total, respectively. The harmful effects of salt stress on carotenoid concentration and quantum efficiency of photosystem II were not attenuated by the application of salicylic acid. The concentrations of salicylic acid applied via foliar spray did not attenuate the harmful effects of irrigation water salinity on the growth and quality of 'Paluma' guava seedlings.

**Key words:** *Psidium guajava* L., plant elicitors, saline stress.

**CAPÍTULO I**

---

**INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVO, REVISÃO DE LITERATURA E  
MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma frutífera tropical, originária das Américas do Sul e Central (CAVALCANTE et al., 2019). Devido alto valor econômico agregado ao seu cultivo irrigado, sabor agradável e qualidade nutricional do fruto que garantem a preferência dos variados consumidores do mercado interno e externo é uma cultura amplamente cultivada no Brasil, ocupando a décima oitava posição no ranking de frutos produzidos em lavouras permanentes do país com 21.914 ha colhidos (SILVA et al., 2017a; IBGE 2020).

No país, a Região Nordeste lidera a produção nacional do fruto com 48,03% dos hectares colhidos, destacando-se o estado de Pernambuco com cerca de 53,75% (5.657 ha) da produção regional. O estado da Paraíba ocupa o sexto lugar da produção do Nordeste, sendo responsável por 3,11%, tendo a cidade de Sousa como a maior produtora (IBGE, 2020). A goiabeira é uma frutífera classificada como sensível à salinidade com redução na produtividade quando a condutividade elétrica da água de irrigação e do extrato de saturação do solo ultrapassam 0,8 e 1,2 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente (BONIFÁCIO et al., 2018).

A região semiárida do Nordeste do Brasil é caracterizada pelas altas taxas de evaporação diária, irregularidade de precipitações e drenagem deficiente do solo; adicionando-se a esses fatos, os mananciais dessa região normalmente possuem condutividade elétrica acima de 1,5 dS m<sup>-1</sup>, podendo limitar o desenvolvimento das culturas (BEZERRA et al., 2018). A utilização de águas salinas na irrigação acarreta sérios problemas aos sistemas de produção agrícola devido às alterações nos atributos físicos e químicos do solo, além dos seus efeitos negativos sobre as plantas (SILVA et al., 2017b).

O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade hídrica para as plantas, devido à redução no potencial osmótico da solução do solo, toxicidade específica e desequilíbrio nutricional, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas (BONIFÁCIO et al., 2018). Outros efeitos negativos decorrentes da salinidade são: fechamento dos estômatos, danos ao aparato fotossintético, inibição da síntese de clorofila, estresse oxidativo, entre outros (BONACINA et al., 2022).

A formação de mudas e desenvolvimento das culturas ao longo de todo ciclo na região semiárida do Nordeste, onde as águas nem sempre são de boa qualidade, depende do uso de estratégias que viabilizem o manejo de solo e água com elevada concentração de sais. Uma prática que pode viabilizar o uso de água salina na irrigação é a utilização de

substâncias elicitoras, como a aplicação foliar de ácido salicílico (AS), pode atuar na mitigação dos efeitos deletérios da salinidade sobre as culturas (DANTAS et al., 2021).

O ácido salicílico (AS) é um fitormônio naturalmente produzido pelas plantas com ação antioxidante com a capacidade de reduzir o estresse salino através da modificação da atividade de sistemas enzimáticos e não enzimáticos contra as espécies reativas de oxigênio (EROs) produzidas pelas plantas quando submetidas à salinidade (BATISTA et al., 2019). Por se tratar também de uma molécula sinalizadora endógena, o AS vem recebendo uma atenção especial devido a sua capacidade de regular respostas das plantas a estresses bióticos e abióticos por meio de sinalização cruzada com outras substâncias de crescimento (JAYAKANNAN et al., 2015).

Pesquisas avaliando o efeito mitigador desse composto sob culturas em estresse salino vem sendo desenvolvidas em acerola (DANTAS et al., 2021), graviola (SILVA et al., 2020), sorgo (LISBOA et al., 2017), entre outras espécies e constataram respostas positivas na fisiologia e crescimento das culturas. Sousa et al. (2024) avaliando o efeito das concentrações de ácido salicílico (0; 0,22; 0,75; 1,28 e 1,50 mM) sobre o crescimento e alterações fisiológicas de mudas de berinjela submetidas à estresse salino (0,50; 1,08; 2,50; 3,92 e 4,50 dS m<sup>-1</sup>), concluíram que a aplicação de AS até a concentração de 1 mM mitigou os efeitos deletérios da salinidade sobre o crescimento das mudas até a CEa de 2,5 dS m<sup>-1</sup>. Porém, estudos envolvendo o uso desse composto na formação de mudas da goiabeira são incipientes na literatura.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Avaliar o crescimento, os índices fisiológicos, e a qualidade de mudas de goiabeira ‘Paluma’ irrigadas com águas salinas e aplicação foliar de ácido salicílico.

### **2.2. Específicos**

- Avaliar os componentes de crescimento através da taxa de crescimento de altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, fitomassa seca e as trocas gasosas de mudas de goiabeira ‘Paluma’ sob irrigação com águas salinas e concentrações de ácido salicílico;
- Determinar a qualidade das mudas de goiabeira ‘Paluma’ através do Índice de Qualidade de Dickson;
- Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos, o conteúdo relativo de água e a fluorescência da clorofila *a* de mudas de goiabeira ‘Paluma’ cultivada sob diferentes níveis de salinidades da água de irrigação e aplicação de ácido salicílico;
- Identificar a concentração de ácido salicílico que atenua os efeitos deletérios ocasionados pela salinidade da água de irrigação na formação de mudas de goiabeira ‘Paluma’.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. A cultura da goiabeira**

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma frutífera tropical originária das Américas do Sul e Central levada pelos navegantes europeus para as colônias africanas e asiáticas espalhando-se para todas as regiões tropicais; atinge de 3 a 10 m de altura, tem raiz superficial e cascas lisas, esverdeadas ou amarronzadas que se soltam em finas camadas; suas folhas são simples, opostas e apresentam glândulas e seus frutos apresentam sabor agradável, elevado valor nutricional e versatilidade de consumo tanto in natura quanto processado, através de produtos oriundos das agroindústrias como geleias, sucos, polpas e outros (EMBRAPA, 2010; CAVALCANTE et al., 2019).

A frutificação tem início no segundo ou terceiro ano após o transplântio, na hipótese das mudas terem sido reproduzidas por sementes, ou pode ter início aos 7 ou 8 meses de idade, caso as mudas houvessem sido propagadas vegetativamente por estacas ou enxertia, porém a primeira florada não tem interesse comercial podendo ser eliminada para um melhor desenvolvimento da planta (GONZAGA NETO, 2007). Os frutos apresentam casca com coloração verde-clara a amarelo-brilhante, a polpa do fruto é carnuda, com espessura variável, podendo ser de cor branca, amarela, vermelha ou rosa (mais facilmente encontradas) e as sementes são numerosas e amareladas (EMBRAPA, 2010).

A goiabeira é uma planta rústica e nativa dos trópicos, podendo se desenvolver em climas tropicais e subtropicais desde o nível do mar até 1700 m de latitude, é relativamente resistente à seca com temperatura ideal para produção entre 25 e 30 °C, se adapta aos mais variados tipos de solo, evitando-se o plantio em solos com alto teor de argila (EMBRAPA, 2009). Quanto a sua exigência hídrica, em condições de sequeiro, sua exploração comercial é possível em áreas com chuvas bem distribuídas, variando entre 800 e 1000 mm; em regiões com elevada evapotranspiração. Seu cultivo é possível fazendo o uso de irrigação complementar, pois a deficiência hídrica prolongada pode atrasar o florescimento e levar a queda dos frutos (EMBRAPA, 2010).

Há uma grande variabilidade genética dentro do cultivo da goiabeira diferindo em aspectos, como formato da copa, produtividade, início de produção, formato do fruto, coloração da polpa e outros. Dentre as variedades a que se destaca no cultivo a 'Paluma', atualmente é a mais difundida no Brasil devido ao vigor das plantas, crescimento e alta produtividade. Os seus frutos são grandes (acima de 200 g), com polpa espessa, firme, de

cor vermelho-intensa e sabor agradável, também são adequados para industrialização e apresentam boa conservação pós-colheita (EMBRAPA, 2010).

A Região Nordeste lidera nacionalmente a área cultivada do fruto com 48,03% dos 21.914 ha colhidos, sendo seguida pela Região Sudeste com 40,34%. Dentre os estados do Nordeste, Pernambuco ocupa a primeira posição no ranking com 53,75% (5.657 ha) colhidos do fruto regionalmente, tendo a cidade de Petrolina como maior produtora (2.100 ha); já o estado da Paraíba ocupa o sexto lugar, responsável por 3,11% da produção do Nordeste, sendo a cidade de Sousa, a maior produtora (IBGE, 2020).

A cultura da goiabeira apresenta grande viabilidade socioeconômica para o agronegócio do Nordeste brasileiro pois durante muito tempo, juntamente com a banana, foi a grande fornecedora de matéria-prima para a produção de doces para a região, além de ser uma cultura de rápido retorno dos investimentos aplicados (GONZAGA NETO, 2007). Quanto à relevância nutricional, a goiaba é fonte de açúcares, vitamina A, vitaminas do grupo B (tiamina e niacina), fósforo, potássio, ferro e cálcio, além de ser rica em fibras. Também é uma importante fonte de vitamina C, com o seu conteúdo chegando a ser quase sete vezes maior que em frutas cítricas, famosas pelos elevados teores da vitamina (EMBRAPA, 2010).

A goiabeira pode ser propagada de forma sexual (semente) ou vegetativa (alporquia, estaquia de ramos e raízes e enxertia). O seu sistema de fecundação de sementes é cruzado, necessitando da contribuição de agente polinizadores (insetos ou vento) para produzir frutos, porém a autofecundação é a principal forma de fecundação (EMBRAPA, 2010). Para a propagação de viveiros comerciais, a forma mais indicada é a vegetativa devido à possibilidade de manter as características genéticas da matriz multiplicada, assim como a precocidade de produção permitindo um retorno mais rápido dos investimentos (GONZAGA NETO, 2007).

A enxertia e a estaquia são os métodos mais utilizados; a formação das mudas é feita através de sementes escolhidas de frutos maduros provenientes de plantas saudáveis e com boas condições fitossanitárias. Quando as mudas atingem de 10 a 12 mm de diâmetro do caule, existe a possibilidade de realização da enxertia. Já as estacas são escolhidas de ramos novos da planta mãe com dois nós e cerca de 12 cm de comprimento (EMBRAPA, 2010).

A goiabeira é uma cultura sensível à salinidade, uma vez que ocorrem reduções de crescimento nas mudas quando irrigadas com água de condutividade elétrica (CEa) superior a 1,5 dS m<sup>-1</sup>, observando-se também reduções severas às mudas submetidas a

CEa superior a  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$  a partir dos 60 dias após o semeio (DAS) (CAVALCANTE et al., 2005).

Em pesquisa desenvolvida por Bezerra et al. (2018) com a goiabeira cv. 'Paluma' sob estresse salino (CEa variando de  $0,3$  a  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), foi constatado que o aumento da salinidade da água a partir de  $0,3 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu significativamente o crescimento das plantas. Já Lacerda et al. (2022), verificaram que a irrigação com água de CEa de  $3,2 \text{ dS m}^{-1}$  afetou negativamente as trocas gasosas e a produção da goiabeira cv. 'Paluma'.

### **3.2. Recursos hídricos no semiárido nordestino**

A Região Nordeste é grande produtora de frutas, porém a escassez hídrica afeta diretamente a produção agrícola devido à irregularidade climática com baixos índices pluviométricos, em torno de  $750 \text{ mm ano}^{-1}$ , aliados à alta evaporação média ( $2000 \text{ mm ano}^{-1}$ ) (NUNES et al., 2017). Esta carência na disponibilidade de água se deve ao fato de 53% da região se encontrar inserida no semiárido, onde as chuvas são escassas e irregulares (FERREIRA et al., 2018).

A qualidade de água para irrigação não segue um padrão único, mas depende da cultura, características edafoclimáticas da região, tolerância da cultura e o manejo utilizado para a irrigação e drenagem. Os principais fatores que influenciam na qualidade das águas subterrâneas são: quantidade de chuvas, tipo do aquífero, condição de circulação (dependendo da trajetória e do tempo de contato com o substrato) e natureza geológica do solo (HOLANDA et al., 2016).

A estrutura geológica da Região Nordeste do Brasil é formada por rochas de embasamento cristalino, cerca de 80% do território. Essas rochas são menos porosas dificultando o acúmulo de águas subterrâneas e acarretando limitada recarga do lençol freático. A água armazenada em fraturas entre as rochas pode ser utilizada através da perfuração de poços, esses apresentam baixas vazões ( $< 5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) e quando analisadas as águas, cerca de 75% apresentam elevados teores de sais limitando o seu uso (ZANELLA, 2014).

As águas dessa região apresentam variações na concentração de sais de acordo com o local de ocorrência, dinâmica hidrogeológica e a época do ano, podendo apresentar teores mais elevados na época de seca, pois a escassez pluviométrica e as altas taxas de evaporação diária promovem uma concentração de sais nessas fontes (SILVA JÚNIOR et al., 1999). Os principais cátions encontrados nas águas, principalmente as oriundas de embasamento cristalino, são o  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  também há a presença dos ânions  $\text{Cl}^-$

,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , e  $\text{SO}_4^{2-}$ ; porém, seja no período seco ou chuvoso a predominância é do  $\text{Na}^+$  sobre o  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (SANTOS JÚNIOR et al., 2021).

Cerca de 46,08% das águas existentes na região apresentam salinidade entre 0,7 e 3,0 dS  $\text{m}^{-1}$ , com grau de restrição para irrigação de ligeiro a moderado e com uso condicionado à tolerância das culturas, salinidade e práticas de manejo de irrigação e adubação adequadas que evitem impactos ambientais decorrentes da salinidade (MORAIS et al., 1998). Aos solos, essas águas podem acarretar salinização e sodificação quando não manejadas corretamente (SILVA et al., 2016).

As águas podem ser classificadas quanto ao local onde estão armazenadas, podendo ser superficiais as que se acumulam na superfície (rios, lagos, açudes, etc.) e são de fácil acesso para utilização (FERREIRA, 2017); ou subterrâneas, águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subterrâneo (Resolução CONAMA nº 396/2008).

### **3.3. Qualidade da água para irrigação**

A irrigação é uma técnica praticada há vários milênios e que vem sendo utilizada mais intensamente nos últimos séculos devido à crescente necessidade por alimentos. A qualidade da água utilizada na irrigação, a princípio, não era um problema discutido devido à abundância do recurso, porém o crescimento da população e o aumento do consumo de água potável e de qualidade para o ser humano fez crescer a necessidade do uso de recursos hídricos de qualidade inferior na produção de culturas irrigadas (RODRIGUES et al., 2020).

Independentemente da fonte utilizada toda água contém sais solúveis em sua composição e concentrações variadas, quando não manejadas adequadamente trazem efeitos negativos aos solos e as culturas em decorrência da salinidade, sodicidade e toxicidade (HOLANDA et al., 2016). O efeito sobre o desenvolvimento das culturas é um assunto amplamente discutido em várias regiões do mundo, principalmente naquelas que possuem clima caracterizado como árido ou semiárido (BARREIRO NETO et al., 2017). No Brasil essa preocupação é voltada principalmente para a Região Nordeste onde apresenta altas taxas de evaporação diárias e baixa precipitação causando o acúmulo de sais nas águas, devido a esse fato a disponibilidade de água para a irrigação é reduzida em qualidade e quantidade (SILVA et al., 2021).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, classifica no Art. 2º as águas em doces, salobras e salinas, com

os limites de salinidade inferior ou igual a 5‰ (500 mg L<sup>-1</sup>) para água doce, superior a 5‰ (500 mg L<sup>-1</sup>) e inferior a 30‰ (30 g L<sup>-1</sup>) para salobras e superior a 30‰ (30 g L<sup>-1</sup>) para águas salinas.

A Tabela 1 extraída de Holanda et al. (2016) apresenta a condutividade elétrica de diferentes fontes hídricas.

**Tabela 1.** Condutividade elétrica de diferentes fontes hídricas

Fonte	CE a 25 °C (dS m <sup>-1</sup> )
Água média dos rios	0,2 - 0,4
Água do Mar Mediterrâneo	63
Água do Oceano Atlântico (máxima)	59
Água do Oceano Atlântico (média)	55
Água do Oceano Pacífico	51
Água do Oceano Índico	54
Água de irrigação de salinidade média	0,75 – 2,25

Fonte: Holanda et al. (2016)

A água utilizada para fins de irrigação deve ser avaliada sob os riscos de salinidade, problemas de infiltração de água no solo e toxicidade das culturas por íons específicos, podendo ainda em sistema de irrigação localizada causar a obstrução de emissores. Os parâmetros básicos avaliados para determinar a qualidade da água para irrigação são: condutividade elétrica, proporção relativa de sódio relacionada à capacidade de infiltração do solo, concentração de elementos tóxicos (cloro, sódio e boro), concentração de bicarbonatos e entupimento de emissores (BERNARDO et al., 2019). A Tabela 2 extraída de Holanda et al. (2016) apresenta as faixas de valores normais necessários para que uma água seja considerada adequada à irrigação.

**Tabela 2.** Principais parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para irrigação

Salinidade	Parâmetro	Símbolo	Unidade	Valores normais
(Teor de sais)	Condutividade elétrica	CEa	dS m <sup>-1</sup> (25°C)	0 - 3
	Sais dissolvidos totais	SDT	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2000
Cátions e ânions	Cálcio	Ca <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 20
	Magnésio	Mg <sup>2+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 5
	Sódio	Na <sup>+</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 40
	Cloreto	Cl <sup>-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 30
	Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 20
	Carbonato	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 0,1
	Bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	0 - 10
	Nutrientes	Nitrogênio - Nitrato	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>

	Nitrogênio - Amônio	N-NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 5
	Fósforo - Fosfato	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 1
	Potássio	K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2
	Acidez	Ph	-	6,0 - 8,5
Outros	Boro	B	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2
	Relação de adsorção de sódio corrigida	RAS <sup>o</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	0 - 15

Fonte: Holanda et al. (2016)

Para prevenir, diagnosticar ou monitorar solos salinizados são realizadas análises químicas e físicas, dentre as mais utilizadas estão a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) e a porcentagem de sódio trocável (PST); na falta de dados do complexo sortivo do solo é possível usar a razão de adsorção de sódio do extrato de saturação do solo (RASes) para estimar a PST (SILVA et al., 2021). A RAS (Equação 1) e a PST (Equação 2) podem ser calculadas utilizando as equações extraídas de Silva et al. (2021).

$$RAS = \frac{Na^+}{\left[ \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2} \right]^{0,5}} \dots\dots\dots (1)$$

Em que:

RAS = relação de adsorção de sódio (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>; e

Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> – concentrações de sódio, cálcio e magnésio no extrato de saturação do solo (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>).

$$PST (\%) = \frac{100 * (-0,0126 + ,01475 * RASes)}{1 + (-0,0126 + ,01475 * RASes)} \dots\dots\dots (2)$$

Em que:

RAS<sub>es</sub> = relação de adsorção de sódio do extrato de saturação do solo (mmol L<sup>-1</sup>)<sup>0,5</sup>; e

PST = porcentagem de sódio trocável (%).

A CE determina a concentração total de sais presente na água, já a RAS é um índice que representa a proporção relativa de sódio (Na<sup>+</sup>) em relação a outros sais (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) avaliando, dessa forma, a capacidade de infiltração de água no solo; quando a capacidade de infiltração de água no solo diminui, a aplicação da lâmina correta de água que atenda a demanda da cultura é dificultada, prejudicando assim o seu desenvolvimento (BERNARDO et al., 2019). A Tabela 3 extraída de Holanda et al. (2016) contém a classe de salinidade proposta pela *University of California Committee of Consultants* (UCCC)

seguinto as faixas de condutividade elétrica de Richards (1954), Ayers & Westcot (1991) e da própria UCCC.

**Tabela 3.** Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade

Classe de salinidade	Richards (1954)	UCCC	Risco de salinidade	Ayers & Westcot (1991)	
	Faixas de CEa (dS m <sup>-1</sup> )			Faixa de CEa (dS m <sup>-1</sup> )	Problema de salinidade
C1	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C2	0,25 - 0,75	0,75 - 1,50	Médio	0,7 - 3,0	Moderado
C3	0,75 - 2,25	1,50 - 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C4	> 2,25	> 3,00	Muito alto	-	-

Fonte: Holanda et al., (2016)

A Tabela 4, extraída de Holanda et al. (2016) apresenta a recomendação de Ayers & Westcot (1991), quanto ao perigo de sódio, restringindo em três classes de sodicidade obtidas a partir da relação entre as RAS e a CE da água de irrigação.

**Tabela 4.** Riscos de problema de infiltração no solo causados pela sodicidade da água

RAS (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	Classes de sodicidade <sup>1</sup>		
	S1 Sem problemas	S2 Problemas crescentes	S3 Problemas severos
	CEa (dS m <sup>-1</sup> )		
0-3	> 0,70	0,70 – 0,20	< 0,20
3-6	> 1,20	1,20 – 0,30	< 0,30
6-12	> 1,90	1,90 – 0,50	< 0,50
12-20	> 2,90	2,90 – 1,30	< 1,30
20-40	> 5,00	5,00 – 2,90	< 2,90

Fonte: Holanda et al. (2016). <sup>1</sup> Simbologia (S) não se refere a classificação de Richards (1954); foi inserida para resumir a descrição da classe.

### 3.4. Salinidade da água e seus efeitos sobre as culturas

A salinidade é um estresse abiótico que se constitui um fator limitante à produção agrícola devido à redução do potencial osmótico, desbalanço nutricional e toxidez por íons específicos como o Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (SOUZA et al, 2016; RODRIGUES et al., 2020). Em decorrência dessa dificuldade ocorrem severas restrições nas atividades fisiológicas semelhantes às ocasionadas pelo estresse hídrico, reduzindo o potencial produtivo (BARREIRO NETO et al., 2017).



As culturas respondem de maneira diferente à salinidade, com sua tolerância variando entre as espécies, cultivares da mesma espécie e fatores, como concentração e tipo de sais, período de exposição, estágio desenvolvimento, assim como a interação entre os fatores (SOUZA et al., 2016). Algumas culturas conseguem produzir sob salinidade enquanto outras podem até não conseguir desenvolver-se, de uma maneira geral pode-se dizer que a salinidade afeta as plantas em todos os seus estádios de desenvolvimento (BARREIRO NETO et al., 2017).

Sob estresse salino, as plantas podem desenvolver mecanismos de tolerância com o intuito de minimizar os danos decorrentes do estresse oxidativo que incluem a compartimentalização iônica, transporte e absorção de íons, biossíntese de solutos compatíveis, a ativação de enzimas antioxidantes, entre outros (DIAS et al., 2021).

As principais consequências em decorrência do excesso de sais sobre as plantas são de natureza osmótica e natureza iônica. No efeito osmótico há redução no fluxo de massa no xilema, reduzindo a absorção de água pela planta. Enquanto o efeito iônico pode resultar em toxicidade ou desordens nutricionais. Assim, pode-se dizer que o excesso de sais nas plantas pode promover alterações nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes, comprometendo o desenvolvimento das culturas (LACERDA et al., 2021).

O estresse osmótico é o primeiro efeito decorrente do estresse salino, nele há uma restrição hídrica que diminui o transporte de água e desencadeia uma sequência de reações que limitam a abertura estomática comprometendo a transpiração e fotossíntese (DIAS et al., 2019). Nessa fase há também uma diminuição no crescimento, com redução da expansão foliar e inibição da formação de gemas laterais. Com a diminuição da disponibilidade hídrica há o acúmulo de íons salinos no citosol das células das plantas causando problemas de toxicidade nas plantas expostas a salinidade, dando início assim a fase tóxica ou iônica (SILVEIRA et al., 2016; TAIZ et al., 2017).

Os efeitos de natureza iônica são a toxicidade causada por íons específicos e o desequilíbrio nutricional. Os principais íons tóxicos para as plantas são o cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ) e boro (B) que, quando em excesso nos tecidos das plantas, inicialmente promovem um desbalanço osmótico celular seguido de danos ao citoplasma; a toxidez por esses íons acarreta deformidades nas folhas como necrose ao longo das bordas, escurecimento, amarelamento prematuro e queda de folhas, resultando em quedas no rendimento das culturas (DIAS et al., 2016).

O acúmulo dos íons tóxicos principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , também podem reduzir a eficiência da atividade da enzima RuBisCO devido à diminuição da disponibilidade hídrica, limitando conseqüentemente a fotossíntese (DIAS et al., 2021). Após esses efeitos, podem surgir resultados secundários decorrentes do estresse oxidativo provocado pela acumulação de espécies reativas de oxigênio (EROs), os quais podem causar a oxidação de lipídeos e proteínas (LIMA et al., 2020). Sob condições de estresse oxidativo as plantas aumentam o nível de atividade das suas enzimas antioxidantes (catalase, peroxidase e superóxido dismutase) para eliminar as EROs e, a ação dessas enzimas é um fator essencial na mitigação dos danos causados pelo estresse salino (DIAS et al., 2021).

As EROs são formas de oxigênio altamente reativas que podem oxidar rapidamente uma ampla gama de constituintes celulares (proteínas, DNA, RNA e lipídeos) resultando em efeitos negativos sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade vegetal. Porém, as EROs também podem ter efeito positivo nas células pela ativação de rotas de transdução de sinal que induzem os mecanismos de aclimatação das plantas (TAIZ et al., 2017).

O desbalanço nutricional nas plantas é promovido pela presença de NaCl na solução do solo pois ele prejudica a absorção radicular de nutrientes, principalmente o  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  macronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. A capacidade das plantas em manter altos teores de  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  e baixos níveis de  $\text{Na}^+$  é um mecanismo que contribui para expressar a tolerância das plantas à salinidade, pois plantas que conseguem manter uma boa relação  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  nos tecidos são consideradas tolerantes (DIAS et al., 2016).

Sob condições normais (não salinas), o citosol das plantas contém cerca de 100 mM de  $\text{K}^+$  e cerca de 10 mM de  $\text{Na}^+$ , um ambiente iônico capaz de manter um funcionamento ótimo das enzimas; porém, em ambientes salinos os níveis de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  (componentes tóxicos) superam 100 mM, se tornando assim citotóxicos. As concentrações altas de sais têm a capacidade de causar desnaturação proteica e desestabilização de membranas devido à redução da hidratação dessas moléculas. Como o  $\text{Na}^+$  é um desnaturante mais potente do que o  $\text{K}^+$ , o primeiro em concentrações elevadas tende a competir por sítios de transporte de proteínas que são necessárias para a absorção de potássio, um macronutriente essencial (TAIZ et al., 2017).

### **3.5. Efeitos dos sais na goiabeira**

A goiabeira é uma cultura considerada sensível à salinidade, com reduções na produção a partir de 3,0 dS  $\text{m}^{-1}$  na condutividade elétrica da água de irrigação (SOUZA

et al., 2017). As plantas jovens são consideradas sensíveis à salinidade sofrendo redução na produção quando a condutividade elétrica da água de irrigação e do extrato de saturação do solo ultrapassam 0,8 e 1,2 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente (MAAS, 1984).

Em pesquisa desenvolvida por Souza et al. (2016) avaliando o efeito da irrigação salina (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e adubação nitrogenada (70, 100, 130 e 160% da dose recomendada) sob a formação de porta-enxertos de goiabeira, os autores observaram que a irrigação com água acima de 1,75 dS m<sup>-1</sup> promoveu redução de cerca de 10% no crescimento e qualidade das mudas. Resultado semelhante foi observado por Bezerra et al. (2018a) avaliando a produção e as trocas gasosas de goiabeiras enxertadas aos 180 dias após a poda de frutificação, submetidas à mesma salinidade e adubação nitrogenada, que a irrigação com água salina acima de 0,3 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente as variáveis analisadas.

Silva et al. (2017a), avaliando porta-enxertos de goiabeira Paluma aos 190 dias após a semeadura submetidas a irrigação salina (0,3, 1,1, 1,9, 2,7 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e adubação nitrogenada (70, 100, 130 e 160% da dose recomendada), verificaram que o aumento da salinidade na água de irrigação afetou negativamente o acúmulo de fitomassa e a qualidade das mudas. Porém, os autores observaram aumento das fitomassas seca e fresca de folhas, raiz e caule até aproximadamente 1,4 dS m<sup>-1</sup>, esse comportamento foi associado a mecanismos de adaptação ao estresse salino como o aumento de cera na superfície foliar e de células esponjosas.

Da mesma forma, Bezerra et al. (2018) estudando o efeito da salinidade da água de irrigação (0,3, 1,1, 1,9, 2,7 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e adubação nitrogenada (70, 100, 130 e 160% da dose recomendada) sobre o crescimento e a fisiologia de goiabeira enxertada, aos 255 e 300 dias após o transplante, concluíram que a irrigação com CEa acima de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, afetou negativamente a concentração interna de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, transpiração e eficiência instantânea no uso da água, assim como também provocou reduções no número de folhas, diâmetro do caule e crescimento absoluto e relativo.

Em trabalho desenvolvido Silva et al. (2017b) avaliando os efeitos da salinidade da água de irrigação CEa (0,3; 1,1; 1,9; 2,7 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de nitrogênio (541,1; 773,0; 1004,9 e 1236,8 mg de N dm<sup>-3</sup> de solo) sob o teor de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, total e carotenoides) a morfofisiologia foliar (área, massa seca, razão de massa e área específica) de mudas de goiabeira cv. Paluma, foi observado que os

pigmentos foram inibidos com o aumento da salinidade enquanto a morfofisiologia foliar não foi afetada pela irrigação com água de até 1,5 dS m<sup>-1</sup>.

### **3.6. Ácido salicílico como atenuante do estresse salino**

O ácido salicílico é um composto fenólico caracterizado pela alta atividade metabólica e fisiológica e atua como regulador de crescimento, ativando genes que operam como mecanismos de defesa de estresses bióticos e abióticos (NÓBREGA et al., 2020). Atua na germinação de sementes, indução da floração, condutância estomática, transpiração, absorção e transporte de íons, fotossíntese e na resistência a doenças (SALEEM et al., 2021). É possível adicionar aos efeitos desse ácido o aumento na atividade de enzimas antioxidantes como a peroxidase, superóxido dismutase e catalase (SILVA et al., 2020).

Os efeitos do ácido salicílico sobre as plantas são variáveis, dependendo da concentração utilizada, forma de aplicação e fase de desenvolvimento da planta (DANTAS et al., 2021). As principais formas de aplicação são foliar (FERREIRA JÚNIOR, 2018) e através da embebição de sementes (RIBEIRO et al., 2020).

Ferreira Júnior (2018) em pesquisa avaliando os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico em milho forrageiro sob estresse salino (2,99, 8,75, 13,01 e 16,61 dS m<sup>-1</sup>), concluíram que a aplicação de AS (0,5 mM) atenuou os efeitos deletérios do estresse salino até a condutividade elétrica de 13,01 dS m<sup>-1</sup>.

Ribeiro et al. (2020) avaliaram o crescimento de melancia embebidas por um período 12 h em ácido salicílico (0; 0,15; 0,50; 0,85 e 1,00 mM) submetidas à irrigação com água salina (0,50; 1,01; 2,25; 3,49 e 4,00 dS m<sup>-1</sup>) e observaram que aplicação do atenuante promoveu resultado benéficos no crescimento e na fisiologia da cultura até a concentração de 0,85 mM, afetando positivamente as trocas gasosas e os teores de clorofila.

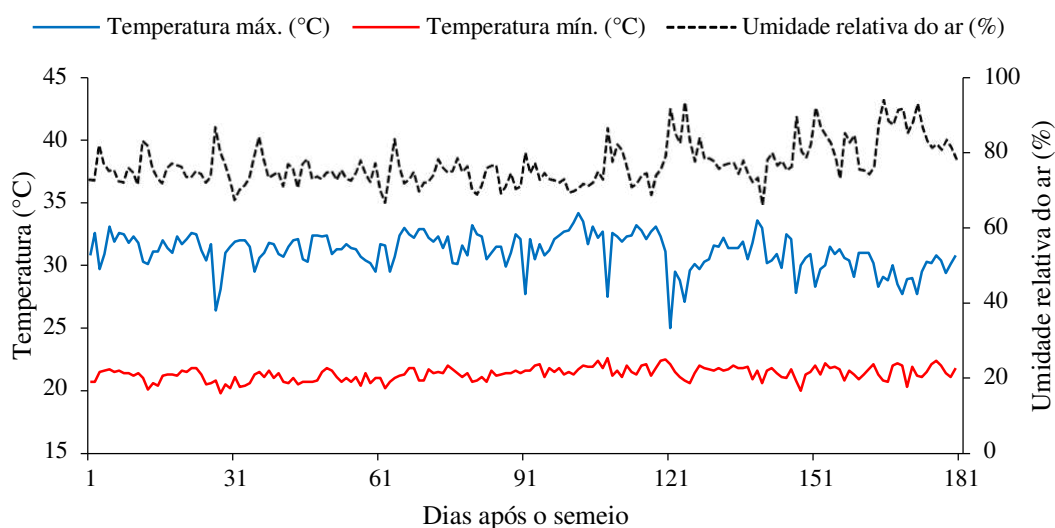
Outros autores também observaram, em estudos, que a utilização desse composto auxilia na aclimação de plantas ao estresse salino em culturas como girassol (REHMAN et al., 2019), melancia (RIBEIRO et al., 2020), aceroleira (DANTAS et al., 2021); porém estudos disponíveis acerca do seu uso em goiabeira quando submetidas ao estresse salino e aplicação de ácido salicílico são inexistentes na literatura.

Silva et al. (2022) avaliado diferentes métodos de aplicação de ácido salicílico na cultura do tomate, constataram que a pulverização foliar com ácido salicílico minimizou os efeitos deletérios do estresse salino nas trocas gasosas e no teor de clorofila e aumentou o acúmulo de biomassa seca de folhas, raízes e a relação raiz/parte aérea do tomate cereja aos 120 dias após a semeadura.

## 4. MATERIAL E MÉTODO GERAL

### 4.1. Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida sob condições de casa-de-vegetação, pertencente ao Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada no município de Campina Grande, PB, situado pelas coordenadas geográficas locais 07° 15' 18" latitude S, 35° 52' 28" de longitude W e altitude média de 550 m. Segundo a classificação climática de Köppen aplicada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), o clima de Campina Grande – PB é do tipo CSa, que significa um clima mesotérmico, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono a inverno. Durante a condução do experimento foram coletados os dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar média dispostos na Figura 1.



**Figura 1.** Temperatura do ar (máximo e mínimo) e umidade relativa do ar média observada na área interna da casa de vegetação durante o período de experimento.

### 4.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos resultaram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,6 - controle; 1,5; 2,4; 3,3 e 4,2 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de ácido salicílico - AS (0 - controle; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), distribuídos em blocos

casualizados em arranjo fatorial  $5 \times 5$  com quatro repetições e duas plantas por parcela, perfazendo o total de 200 unidades experimentais. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram estabelecidos com base em estudo de Bezerra et al. (2019). Já as concentrações de ácido salicílico foram adaptadas de acordo com Silva et al. (2020).

### 4.3. Instalação e condução do experimento

As sementes de goiaba da cultivar Paluma foram adquiridas do pomar de goiabeira no setor de fruticultura da área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) no Campus de Pombal pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Essa cultivar foi escolhida por ser vigorosa e com tolerância a pragas e doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.)

A semeadura foi realizada em sacolas plásticas com dimensões  $10 \times 20$  cm, sendo preenchidas com 1,6 kg de substrato na proporção de 3:1 (em base de volume), de solo e areia. Para obtenção das mudas foram semeadas 4 sementes por sacola (Figura 2A) com umidade do solo correspondente a capacidade máxima de retenção com água de menor condutividade elétrica. As sacolas foram apoiadas em bancadas de madeira com base de tijolos a uma altura de 0,8 m do solo, separadas em quatro blocos com duas plantas por parcela contendo 50 sacolas por bloco (Figura 2B).



**Figura 2.** Detalhes da semeadura nas sacolas plásticas (A) e disposição nas bancadas (B).

No preenchimento das sacolas foi utilizado um solo classificado como Neossolo Regolítico de textura franco arenosa (0-20 cm, horizonte A), proveniente do município de Lagoa Seca - PB, cujas características químicas e físico-hídricas estão apresentadas na Tabela 4.

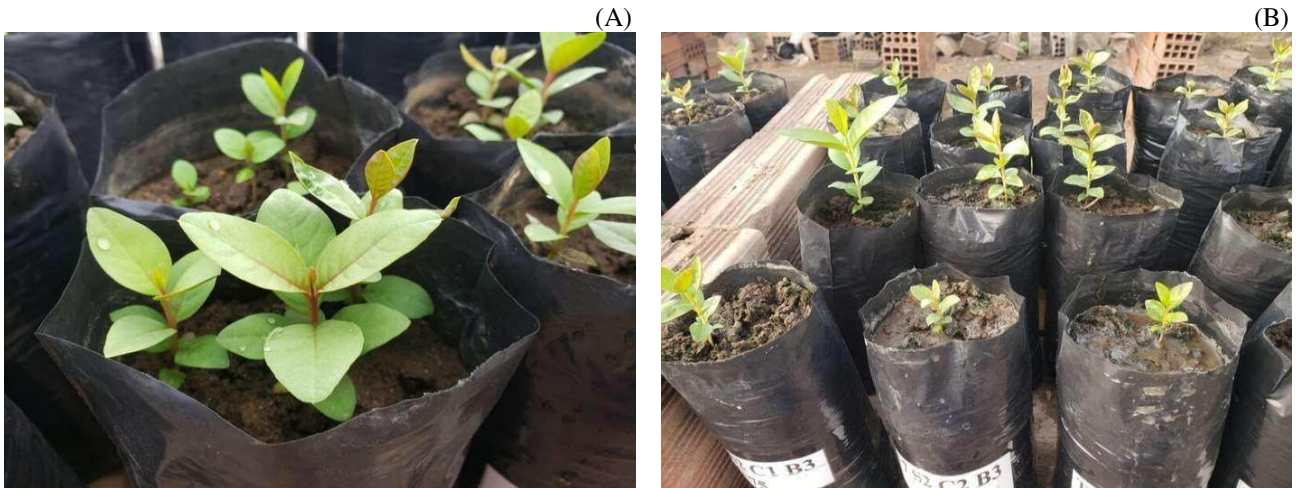
**Tabela 5.** Atributos químicos e físico-hídricos do solo (camada 0 – 0,40 cm) utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas								
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)	MO (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,9	5,4	0	0,9
.....Características químicas.....				.....Características físicas.....				
CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	RASes (mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	PST (%)	Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	
2,15	16,54	0,16	3,08	Areia	Silte	Argila	CC <sup>1</sup>	PMP <sup>2</sup>
				572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

MO– matéria orgânica: digestão úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 M pH 6,5; RASes – Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação ( $RAS = \frac{Na^+}{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}$ ); PST- percentagem de sódio trocável ( $PST (\%) = \frac{100 * (-0,0126 + 0,01475 * RASes)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 * RASes)}$ ); CE<sub>es</sub> – condutividade elétrica do extrato de saturação; <sup>1</sup>Ccapacidade de campo a tensão de 33,42 kPa; <sup>2</sup>ponto de murcha permanente a tensão de 1519,5 kPa.

A emergência das plântulas teve início aos 20 dias após a sementeira (DAS). Após o estabelecimento da emergência (Figuras 3A) foi realizado o desbaste aos 67 DAS, deixando-se apenas uma planta por sacola (Figura 3B). A partir dos 40 DAS em intervalos de 15 dias iniciou-se a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio conforme recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado o equivalente a 100, 300 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de solo de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, via fertirrigação, sendo solução preparada em água de abastecimento (0,28 dS m<sup>-1</sup>) e divididas em nove aplicações. Como fonte de macronutrientes utilizou-se Ureia para nitrogênio, MAP para fósforo e complementar de nitrogênio e K<sub>2</sub>O como fonte de potássio.

A partir dos 90 DAS realizaram-se aplicações com micronutrientes na concentração de 2,5 g de Ubyfol® L<sup>-1</sup> [(N (15%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15%); K<sub>2</sub>O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] via foliar nas faces adaxial e abaxial, sendo aplicadas quinzenalmente para suprir necessidades de micronutrientes.

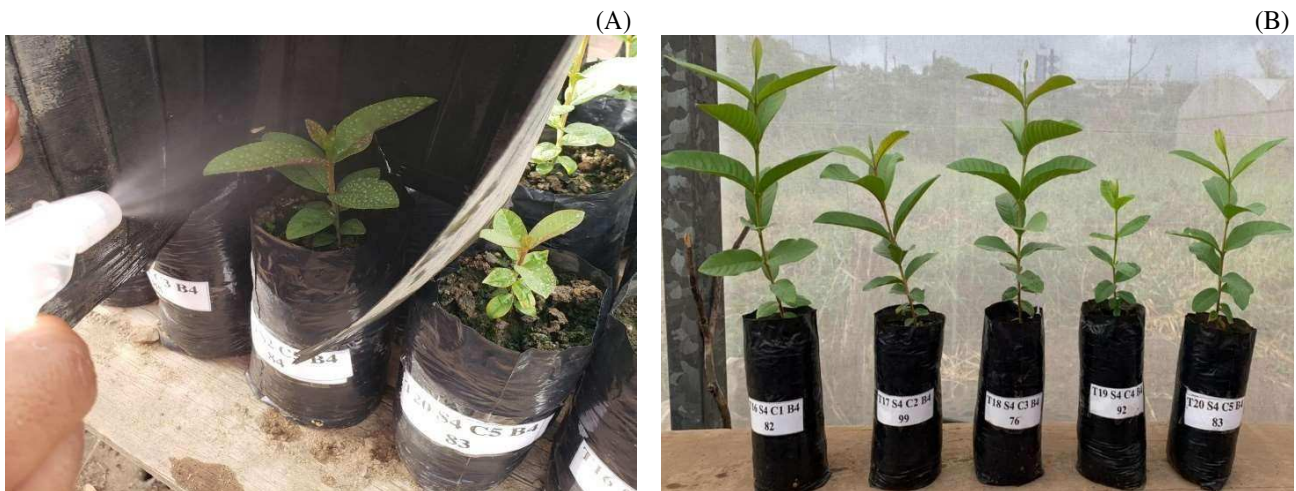


**Figura 3.** Disposição das plantas aos 57 dias após semeadura (DAS) (A) e após desbaste aos 67 DAS (B).

#### **4.4. Preparo e aplicação das concentrações de ácido salicílico**

As concentrações de AS foram obtidas a partir da dissolução do ácido salicílico em 30% de álcool etílico. O preparo da solução foi realizado em todos os eventos de aplicações quinzenais iniciadas aos 67 DAS, sendo adicionado à solução de AS o espalhante Wil Fix ( $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ ) para auxiliar na fixação do AS nas folhas através da quebra da tensão superficial. Ao todo foram executadas 8 aplicações da solução de ácido salicílico. As pulverizações foram executadas com o auxílio de um pulverizador manual (Figura 4A) entre às 17 e 18 h com o intuito de minimizar a evaporação da solução da superfície da folha. A partir da terceira aplicação de AS (109 DAS) cada planta foi retirada da proximidade das demais devido ao tamanho das mudas (Figura 4B) e isolada com lonas plásticas, evitando-se a deriva das diferentes concentrações de ácido em cada parcela e, retornada a sua localização após a pulverização do AS.





**Figura 4.** Detalhe da aplicação do ácido salicílico aos 81 DAS (A) e diferenciação entre os tratamentos submetidos a 1,6 mM de ácido salicílico em ordem crescente de salinidade aos 111 DAS (B).

#### 4.5. Preparo das águas salinas e irrigação

As águas de irrigação com diferentes condutividades elétricas foram preparadas dissolvendo-se NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O em água de abastecimento local (CEa= 0,28 dS m<sup>-1</sup>) seguindo a proporção equivalente comumente encontrada no Nordeste brasileiro de 7:2:1 entre Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> (MEDEIROS, 1992); as quantidades dos sais foram determinadas considerando a relação entre a CEa e a concentração de sais (10 \* mmolc L<sup>-1</sup> = CEa dS m<sup>-1</sup>), conforme Richards (1954).

Os tratamentos salinos começaram a ser aplicados aos 75 dias após o semeio (DAS) e as irrigações com as águas salinas foram realizados de acordo com o tratamento, baseado no requerimento de água da cultura determinado pela diferença entre o volume aplicado e o volume drenado (Equação 1), mantendo o solo sempre próximo à capacidade de campo. A irrigação foi realizada diariamente, sempre às 16 h, evitando assim uma maior perda do volume aplicado por evaporação.

$$VI = \frac{(V_a - V_d)}{(1 - FL)} \dots\dots\dots (1)$$

Em que:

VI = volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (mL);

V<sub>a</sub> = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

V<sub>d</sub> = volume drenado (mL); e

FL = fração de lixiviação de 0,15, aplicada a cada 15 dias.

## 4.6. Variáveis analisadas

### 4.6.1. Crescimento

A taxa de crescimento relativo em altura de plantas ( $TCR_{AP}$ ), diâmetro de caule ( $TCR_{DC}$ ) e área foliar ( $TCR_{AF}$ ) foi obtida de acordo com Benincasa (2003) no intervalo dos 104 DAS aos 180 DAS, conforme a Equação 3.

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

Em que:

TCR = taxa de crescimento relativo;

A2 = crescimento da planta no tempo t2;

A1 = crescimento da planta no tempo t1;

t2 - t1 = diferença de tempo entre as avaliações; e

ln = logaritmo natural.

Para determinação das taxas de crescimento relativo, foram realizadas avaliações de crescimento das seguintes variáveis: altura de plantas (AP, cm) com auxílio de trena; o diâmetro do caule (DC, mm) utilizando-se de um paquímetro (Figura 5A); e a área foliar. A área foliar (Figura 5B) foi obtida segundo metodologia de Lima et al. (2012), conforme a Equação 2.

$$AF = \sum 0,3205 \times C^{2,0412} \quad (2)$$

Em que:

AF = área foliar total (cm<sup>2</sup>); e

C = comprimento da nervura principal da folha (cm).



**Figura 5.** Demonstração do comprimento do caule (A) e comprimento da nervura principal nas folhas (B).

Na última avaliação (180 DAS), foram avaliadas a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e total (FST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas. O acúmulo de fitomassa seca de cada planta foi obtido a partir da secagem em estufa por 48 h e posterior pesagem em balança semi-analítica e a FST foi obtida pelo somatório da fitomassa seca de folhas, caule e raiz pesadas separadas conforme a Figura 6B. A fitomassa seca da parte aérea (FSPA) foi quantificada pela soma de FSF e FSC.



**Figura 6.** Preparo de folhas, caules e raízes separados para a pesagem de fitomassa fresca (A) e fitomassa seca (B).

A qualidade das mudas foi determinada através do índice de qualidade de Dickson - IQD (DICKSON et al., 1960), de acordo com a Equação 4.

$$IQD = (FST) / \left[ \left( \frac{AP}{DC} \right) + \left( \frac{FSPA}{FSR} \right) \right] \quad (4)$$

Em que:

IQD = índice de qualidade de Dickson;

AP = altura de plantas (cm);

DC = diâmetro do caule (mm);

FST = fitomassa seca total (g por planta);

FSPA = fitomassa seca da parte aérea (g por planta); e

FSR = fitomassa seca de raiz (g por planta).

#### 4.6.2. Fisiológicas

Aos 180 DAS foram determinadas as trocas gasosas através da condutância estomática -  $g_s$  ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração -  $E$  ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  -  $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  -  $C_i$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), eficiência instantânea de carboxilação -  $E_iC_i$  [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] e eficiência instantânea no uso da água -  $E_iUA$  [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ]. A determinação das trocas gasosas foi realizada na terceira folha contada a partir do ápice utilizando o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda (Figura 7). Com os dados obtidos foram quantificadas a eficiência no uso da água ( $E_iUA$ ) ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC_i$ ) ( $A/C_i$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ].



**Figura 7.** Detalhe da avaliação de trocas gasosas aos 180 DAS.

O rendimento quântico foi determinado aos 180 DAS pela fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante a utilização de pinças foliares durante 30 min (garantindo que todos os centros de reação estão abertos), entre às 7 e 8 h da manhã usando o fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II®.

Para determinar o teor relativo de água (TRA), foram removidas duas folhas do terço médio para obter seis discos de 12 mm de diâmetro (Figura 8A) para obtenção da massa fresca (MF), massa túrgida (MT) e massa seca (MS). Os discos foram inicialmente pesados, após lavagem rápida, em uma balança analítica para obtenção da massa fresca (MF), posteriormente foram submersos em água destilada por 90 min para obtenção da

massa túrgida, foram retirados da água e o excesso de água foi retirado com uma toalha de papel para que pudesse ser aferida a massa túrgida O TRA foi determinado de acordo com Weatherley (1950), através da Equação 5:

$$\text{TRA} = \frac{\text{MF} - \text{MS}}{\text{MT} - \text{MS}} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

MF = massa fresca;

MS = massa seca; e

MT = massa total.

A porcentagem de extravasamento de eletrólitos (% EE) foi determinada utilizando um perfurador para obter cinco discos de 1,54 cm<sup>2</sup> cada (Figura 8B), por unidade experimental, os discos foram submersos em água destilada por 90 minutos, após esse tempo a condutividade elétrica da água foi medida para determinação da condutividade inicial, os beakers foram cobertos com papel alumínio e levados a estufa por 90°C durante 90 minutos, após esse período de tempo os beakers foram retirados da estufa deixados esfriar para que pudesse ser aferida a condutividade elétrica final da água com os quais foram aferidas a condutividade elétrica inicial da água (CEi) e condutividade elétrica final (CEf). A porcentagem de extravasamento de eletrólitos foi expressa conforme Scotti-Campos, et al. (2013) (Equação 6).

$$\%EE = \frac{CEi}{CEf} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

CEi = condutividade elétrica Inicial (dS m<sup>-1</sup>); e

CEf = condutividade elétrica Final (dS m<sup>-1</sup>).



**Figura 8.** Preparo das amostras para determinação do teor relativo de água (A) e extravasamento de eletrólitos (B) no limbo foliar das mudas de goiabeira.

Os pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b* e total e carotenoides) foram determinados de acordo com metodologia de Arnon (1949), utilizando-se 5 discos de 12 mm de diâmetro retirados da terceira folha madura a partir do ápice. Após coletados, os discos foram imersos em 8 mL solução de acetona a 80% e armazenados no escuro sob refrigeração por 48 h. As leituras dos teores de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e carotenoides foram determinadas através da medição da absorbância (ABS) com o uso de um espectrofotômetro nos comprimentos de 470, 645 e 663 nm, respectivamente, através das Eqs. 7, 8 e 9, e os teores de clorofila total através da Equação 10, e os resultados obtidos foram expressos em mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca (MF).

$$Cl\ a = 12,21 \times ABS_{663} - 2,81 \times ABS_{645} \dots\dots\dots (7)$$

$$Cl\ b = 120,13 \times ABS_{645} - 5,03 \times ABS_{663} \dots\dots\dots (8)$$

$$Car = \frac{1000 \times ABS_{470} - 1,82 \times Cl\ a - 85,02 \times Cl\ b}{198} \dots\dots\dots (9)$$

$$Cl\ T = 17,3 A_{645} + 7,18 A_{663} \dots\dots\dots (10)$$

Em que:

Cl *a* = clorofila *a*;

Cl *b* = clorofila *b*;

Car = carotenoides; e

Cl *T* = clorofila total.

#### 4.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’, e quando significativo foi realizada análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de salinidade da água e concentrações de ácido salicílico ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se do *software* estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FERREIRA, 2019). Quando houve interação significativa entre os fatores variáveis de salinidade (NS) e ácido salicílico (AS), utilizou-se o *software* TableCurve 3D para obter as superfícies de resposta.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreiro Neto, M.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Franco, C. F. de O. Salinidade da água de irrigação: Influência no crescimento e desenvolvimento de genótipos de abacaxizeiro. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v. 11, p. 57–70, 2017.
- Batista, V. C. V.; Pereira, I. M. C.; Paula-Marinho, S. de O.; Canuto, K. M.; Pereira, R. de C. A.; Rodrigues, T. H. S.; Daloso, D. de M.; Gomes-Filho, E.; Carvalho, H. H. de. 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, e103870, 2019.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Bernardo, S. Mantovani, E. C.; Silva, D. D. da; Soares, A. A. Qualidade da água para irrigação e salinização do solo. In: *Manual de Irrigação*. Viçosa, MG . Cap. 3, p. 92-107. 2019.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Fátima, R. T. de; Elias, J. J.; Souza, L. de P.; Azevedo, F. L. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. *Semina: Ciências Agrárias*, v.39, p.1945-1956, 2018a.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Lacerda, C. F. de; Lima, B. G. F.; Bonifácio, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. *Bioscience Journal*, v.35, p.837-848, 2019.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Barbosa, J. L. Physiological indices and growth of ‘Paluma’ guava under saline water irrigation and nitrogen fertigation. *Revista Caatinga*, v.31, p.808-816, 2018.
- Bonacina, C.; Cruz, R. M. S. da; Nascimento, A. B.; Barbosa, L. N.; Gonçalves, J. E.; Gazim, Z. C.; Magalhães, H. M.; Souza, S. G. H. de. Salinity modulates growth,

- oxidative metabolism, and essential oil profile in *Curcuma lona* L. (Zingiberaceae) rhizomes. South African Journal of Botany, v. 146, p. 1-11, 2022.
- Bonifácio, B. F.; Nobre, R. G.; Sousa, A. dos S.; Gomes, E. M.; Silva, E. M. da; Sousa, L. de P. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. Revista de Ciências Agrárias, v.41, p.971-980, 2018.
- Cavalcante, A. C. P.; Cavalcante, L. F. ; Bertino, A. M. P.; Cavalcante, A. G.; Lima Neto, A. J. de; Ferreira, N. M. Adubação com potássio e cálcio na nutrição e produção de goiabeira 'Paluma'. Revista Ceres, v.6, p.54-62, 2019.
- Coelho, M.A.; Soncin, N.B. (1982) – Geografia do Brasil. São Paulo: Moderna, 368 p.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº396, 3 de abril de 2008. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Melo, A. S. de; Medeiros, L. C. de. Gas exchange and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salinity stress and salicylic acid. Comunicata Scientiae, v. 12, e3664, 2021
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Melo, A. S. de; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. dos A.; Paiva, F. J. da S.; Silva, S. S. da. Effect of combined potassium-phosphorus fertilization on gas exchange, antioxidant activity and fruit production of West Indian cherry under salt stress. Arid Land Research and Management, v. 35, p. 1-18, 2021.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. Revista Caatinga, v.32, p. 429-439, 2019.
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. The Forestry Chronicle, v. 36, p. 10-13, 1960.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil [Organizadores, Lindbergue Araújo Crisóstomo, Alexey Naumov; tradução: Lindbergue Araújo Crisóstomo. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. 238p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A cultura da goiaba [editores técnicos, Flávia Rabelo Barbosa e Mirtes Freitas Lima]. – 2. ed. revista e ampliada – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, (Coleção Plantar, 66), 2010. 180p.
- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, v.37, p.529-535, 2019.
- Ferreira, P. dos S.; Souza, W. M. de; Silva, J. F. da; Gomes, V. P. Variabilidade espaço-



- temporal das tendências de precipitação na mesorregião Sul Cearense e sua relação com as anomalias de TSM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.33, p.141-152, 2018.
- Ferreira, R. Conheça os diferentes tipos de água. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. 17/03/2017. Disponível em: < <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2017/03/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/>> . Acesso em: 31 de janeiro de 2021.
- Ferreira Júnior, D. da C. Teor de lignina e respostas antioxidantes de milho forrageiro sob estresse salino e ácido salicílico exógeno. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista - Unesp, 2018. 59 p.
- Gonzaga Neto, L. Produção de goiaba. 1.ed. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007. 64p.
- Holanda, J. S. de; Amorim, J. R. A. de; Neto, M. F.; Holanda, A. C. de; Sá, F. V. da S. Qualidade da água para a irrigação. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (eds.). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Segunda ed. Fortaleza: INCTSal, Cap. 4, p. 35-50, 2016.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 29 de dezembro de 2021.
- Lacerda, C. F. de; Cavalcante, E. S.; Neves, A. L. R.; Melo, A. S. de; Sousa, C. H. C. de; Medeiros, W. J. F. de. Estresse salino em plantas e formas de mitigação. In: Cerqueira, P. R. S.; Lacerda, C. F. de; Araújo, G. G. L. de; Gheyi, H. R.; Simões, W. L.. Agricultura irrigada em ambientes salinos. Brasília: Codevasf, Cap. 7, 2021. p. 212-237.
- Lacerda, C. N. D., Lima, G. S. de., Soares, L. A. dos A., Fátima, R. T. de; Gheyi, H. R.; Azevedo, C. A. V. de. Morphophysiology and production of guava as a function of water salinity and salicylic acid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, n.6, p.451-458, 2022.
- Lima, G. S. de; Souza, C. M. A. de; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, L. F.; Fernandes, P. D.; Guedes, M. A. Gas exchanges, growth and production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.41, p. 1937-1950, 2020.
- Lima, L. G. S.; Andrade, A. C.; Silva, R. T. L.; Fronza, D.; Nishijima, T. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: Reunião Anual da SBPC, 64. São Luiz: UFMA. 2012
- Lisboa, L. A. M.; Lapaz, A. de M.; Viana, R. da S.; Leonezi, R. S.; Figueiredo, P. A. M.

- de. Influência do ácido salicílico no processo germinativo de sementes de cultivares de sorgo sacarino. *Acta Iguazu*, v.6, p.37-49, 2017.
- Maas, E.V. Salt tolerance of plants. In Christie, B.R. (ed.) *The handbook of plant science in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1984.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p.
- Nóbrega, J. S. Bruno, R. de L. A.; Figueiredo, F. R. A.; Silva, T. I.; Silva, R. T. da; Lopes, K. P. Effects of irrigation water salinity and salicylic acid on germination and vigor of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. *Semina: Ciências Agrárias*, v.41, p. 1507-1516, 2020.
- 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. *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília, DF: Embrapa SEA. Cap. 2, 1991. p.189-198.
- Nunes, F. das C. de A. P.; Mousinho, F. E. P. ; Oliveira, J. R. de; Lima, C. J. G. de S.; Ferreira, V. M. Viabilidade econômica do cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí. *Revista Irriga*, v.22, p. 101-114, 2017.
- Rehman, A.; Safeer, M.; Qamar, R.; Altaf, M. M.; Sarwar, N.; Farooq, O.; Iqbal, M. M.; Ahmad, S. Exogenous application of salicylic acid ameliorates growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in saline soil. *Revista Agrocência*, v. 53, p.207-217, 2019.
- Ribeiro, J. E. da S.; Sousa, L. V. de; Silva, T. I. da; Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. A. Bruno, R. de L. A.; Dias, T. J.; Albuquerque, M. B. de. *Citrullus lanatus* morphophysiological responses to the combination of salicylic acid and salinity stress. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, e6638, 2020.
- Richards, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U. S, Department of Agriculture. 1954. 160p. U.S. Handbook, 60.
- Rodrigues, V. dos S.; Bezerra, F. M. L.; Sousa, G. G. de; Fiusa, J. N. Leite, K. N.; Viana, T. V. de A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.101-105, 2020.
- Saleem, M.; Fariduddin, Q.; Castroverde, C.D.M. Salicylic acid: A key regulator of redox signalling and plant immunity. *Plant Physiology et Biochemistry*, v. 168, p.381-397, 2021.
- Santos Júnior; J. A; Lacerda, C. F. de; Gheyi, H. R. Fontes de águas salobras no semiárido

- brasileiro: ocorrência e caracterização química. In: Cerqueira, P. R. S.; Lacerda, C. F. de; Araújo, G. G. L. de; Gheyi, H. R.; Simões, W. L. Agricultura irrigada em ambientes salinos. Brasília: CODEVASF, Cap. 4, 2021. p. 118-140.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, Anh-Thu; Smedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. P. Physiological responses and membrane integrity in three Vigna genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, p.1002-1013, 2013.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A.; Gheyi, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. *Revista Caatinga*, v.33, p. 1092-1101, 2020.
- Silva, A. A. R.; Veloso, L. L. S. A.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Chaves, L. H. G.; Silva, F. A.; Fernandes, P. D. Induction of salt stress tolerance in cherry tomatoes under different salicylic acid application methods. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 43, n. 3, p.1145-1166, 2022.
- Silva, E. M. da; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Sousa, L. de P.; Barbosa, J. L.; Elias, J. J.; Pimenta, T. A. Biomass and rootstock quality of guava (*Psidium guajava* L.) saline water irrigated under nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Science*, v. 9, p.162-171, 2017a.
- Silva, E. M. da; Nobre, R. G.; Sousa, L. de P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Almeida, L. L. de S. Physiology of 'Paluma' guava under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.38, p.623-634, 2017b.
- Silva, P. C. C.; Cova, A. M. W.; Silva, M. G. da; Lima, G. S. de; Lacerda, C. F. de; Gheyi, H. R. Recuperação de solos afetados por sais. . In: Cerqueira, P. R. S.; Lacerda, C. F. de; Araújo, G. G. L. de; Gheyi, H. R.; Simões, W. L.. Agricultura irrigada em ambientes salinos. Brasília: Codevasf, Cap. 3, 2021. p. 89-117.
- Silva, R. L.; Uchôa, R. L.; Lucena, I. C. Caracterização físico-química das águas superficiais do reservatório Angicos Quixelô para irrigação. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 10, p. 26–31, 2016.
- Silva Júnior, L. G. de A. S.; Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F. de. Chemical composition of water in the cristalline region of Northeast Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, p. 11–17, 1999.
- Silveira, J. A. G.; Silva, S. L. F.; Silva, E. N.; Viégas, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (eds.). Manejo da salinidade na agricultura:

- estudos básicos e aplicados. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, Cap. 13, 2016. p.181-197.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Silva, E. M.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica*, v.48, p.596-604, 2017.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Silva, E. M. da; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Almeida, L. L. de S. Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.739-745, 2016.
- Souza, M. de; Ribeiro A. A. Qualidade da água para fins de irrigação em regiões áridas e semiáridas. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 13, p.355-359, 2019.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p
- Varella, D. Por que o excesso de sal faz mal à saúde? Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/drauzio/artigos/por-que-o-excesso-de-sal-faz-mal-a-saude-artigo/>>. Acesso em: 2 de outubro de 2021.
- Weatherley, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I – The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v.49, p.81-87, 1950.
- Zanella, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. *Caderno Prudentino de Geografia*, v. Volume Esp, p. 126–142, 2014.

## CAPÍTULO II

---

### **O ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA DE GOIABEIRA NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO**

*Artigo publicado na Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 26, n. 11, p. 855-862, 2022.*

## O ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA DE GOIABEIRA NA FORMAÇÃO DE PORTA-ENXERTO

**RESUMO:** A goiaba é uma fruta amplamente produzida no Nordeste do Brasil, região que possui fontes de água com altos teores de sais, dificultando a expansão da fruticultura irrigada. Assim, é de extrema importância a busca por técnicas que permitam o manejo dessas águas para a agricultura irrigada. Assim, objetivou-se avaliar os pigmentos fotossintéticos, o rendimento quântico do fotossistema II, e o extravasamento de eletrólitos celulares no limbo foliar de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da irrigação com águas de diferentes salinidades e aplicação foliar de ácido salicílico durante a fase de formação de porta-enxerto. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial  $5 \times 5$ , sendo cinco valores de condutividade elétrica da água - CEa (0,6; 1,5; 2,4, 3,3 e 4,2 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de ácido salicílico (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela. O ácido salicílico até a concentração de 1,3 mM aumentou o teor relativo de água e diminuiu o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar de mudas de goiaba ‘Paluma’. A aplicação foliar do ácido salicílico na concentração de 1,7 mM amenizou os efeitos do estresse salino sobre a clorofila a das mudas de goiaba irrigadas com água de até 1,6 dS m<sup>-1</sup>. Os efeitos deletérios do estresse salino sobre o teor de carotenoides e rendimento quântico do fotossistema II não foram atenuados pela aplicação do ácido salicílico.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L.; porta-enxerto, aclimação

## SALICYLIC ACID ALLEVIATES SALT STRESS ON GUAVA PLANT PHYSIOLOGY DURING ROOTSTOCK FORMATION

**ABSTRACT:** Guava is a fruit widely produced in Northeast Brazil, a region that has sources of water with high levels of salts, making it difficult for irrigated fruit production to expand. Thus, it is extremely important to look for techniques that allow the management of these waters in irrigated agriculture. Thus, the objective was to evaluate the photosynthetic pigments, the quantum yield of photosystem II, and the intercellular leakage of electrolytes in the leaf blade of ‘Paluma’ guava seedlings as a function of irrigation with water of different salinities and foliar application of salicylic acid during rootstock formation phase. The experiment was conducted in a greenhouse, using the

randomized block design in a  $5 \times 5$  factorial arrangement, which consisted of five values of electrical conductivity of water - EC<sub>w</sub> (0.6; 1.5; 2.4, 3.3, and 4.2 dS m<sup>-1</sup>) and five concentrations of salicylic acid (0; 0.8; 1.6, 2.4, and 3.2 mM), with four replicates, and two plants per plot. Salicylic acid up to 1.3 mM increased the relative water content and decreased electrolyte leakage in the leaf blade of 'Paluma' guava seedlings. Foliar application of salicylic acid at a concentration of 1.7 mM attenuated the effects of salt stress on chlorophyll a of guava seedlings irrigated with water of up to 1.6 dS m<sup>-1</sup>. The deleterious effects of salt stress on carotenoid concentration and quantum efficiency of photosystem II were not attenuated by the application of salicylic acid.

**Keywords:** *Psidium guajava* L.; rootstock, acclimatization

## 1. INTRODUÇÃO

A goiabeira é uma frutífera tropical originária da América do Sul e Central e seu fruto pode ser encontrado facilmente em feiras e supermercados em todo território brasileiro (MANICA et al., 2001; DIAS et al., 2012; ALENCAR et al., 2016). A goiaba é uma fruta de sabor e aroma característico e agradável ao paladar, com alto valor alimentar podendo ser consumida tanto in natura quanto através de sucos, geleias, licores, sorvetes e outros (BEZERRA et al., 2019). O destaque produtivo do fruto no Brasil é a Região Nordeste como a maior produtora de goiaba do país seguida pela Região Sudeste, responsáveis por 48,03 e 40,34% dos 21.914 ha colhidos do fruto no país, respectivamente, enquanto o estado da Paraíba é responsável por apenas 3,11% da produção do Nordeste (IBGE, 2020).

A irregularidade de chuvas no semiárido brasileiro tornam a irrigação indispensável para a produção agrícola da região, no entanto a utilização de fontes de águas com condutividade elétrica acima de 1,5 dS m<sup>-1</sup> e alta concentração de íons tóxicos (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>), comuns a maioria dos mananciais do semiárido, limitam a expansão da agricultura irrigada (SOUZA et al., 2016; BEZERRA et al., 2019). O estresse salino pode afetar processos fisiológicos, com reflexos na germinação da semente até o desenvolvimento da planta, induzidos por estresse osmótico e iônico, bem como por desequilíbrios nutricionais (RAJESHWARI; BHUVANESHWAR, 2017; LIMA et al., 2020).

Sob estresse salino a atividade fotossintética da folha pode diminuir devido aos fatores estomáticos ocasionados pela diminuição no conteúdo de água nas células provocada por efeitos osmóticos; mas também por características não estomáticas, como a destruição

dos pigmentos verdes, redução de área foliar ou diminuição da atividade de enzimas fotossintéticas dentro do ciclo de Calvin (LOTFI et al., 2020).

Considerando que a maioria das espécies cultivadas são sensíveis à presença e/ou excesso de sais é de fundamental importância a busca por alternativas capazes de amenizar os efeitos do estresse salino, já que o uso de águas salinas na agricultura é uma necessidade para garantir produção (DIAS et al., 2019; LIMA et al., 2022). Dentre as alternativas capazes de amenizar os efeitos deletérios do estresse salino destaca-se a aplicação foliar de ácido salicílico (AS). O AS é um regulador fenólico endógeno do crescimento vegetal que proporciona diferentes respostas metabólicas e fisiológicas nas plantas com a capacidade de afetar o seu crescimento e desenvolvimento, resultando na aclimação para estresses abióticos como o salino e o hídrico (SOUANA et al., 2020; SILVA et al., 2020).

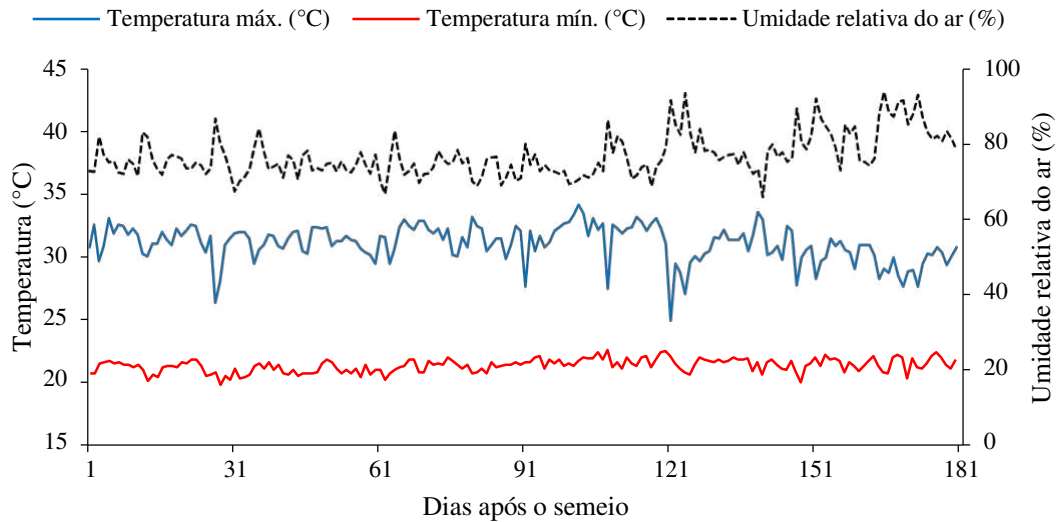
O AS é sintetizado nas plantas em decorrência de estresses abióticos e se acumula nos tecidos vegetais, contribuindo assim para o aumento da sua tolerância às condições de estresse através de melhoria na absorção de nutrientes, proteção da membrana e manutenção da fotossíntese, podendo interagir também com vias de sinalização de espécies reativas de oxigênio reduzindo o estresse oxidativo (LOTFI et al., 2020; SOUANA et al., 2020). Pesquisas foram desenvolvidas com o propósito de avaliar o efeito da aplicação de AS na indução de tolerância ao estresse salino em gravioleira (SILVA et al., 2020), em fava (SOUANA et al., 2020), e acerola (DANTAS et al., 2021) em que observaram melhorias na fisiologia e crescimento das plantas.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar os pigmentos fotossintéticos, o rendimento quântico, e o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da irrigação com águas de diferentes salinidades e aplicação foliar de ácido salicílico.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido de outubro de 2020 a abril de 2021 em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, PB, Brasil (07° 15' 18'' de latitude S, 35° 52' 28'' de longitude W e altitude média de 550 m). Os dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar durante o período da condução do experimento estão dispostos na Figura 1.





**Figura 1.** Temperatura do ar (máximo e mínimo) e umidade relativa do ar média observada na área interna da casa de vegetação durante o período de experimento.

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,6; 1,5; 2,4; 3,3 e 4,2 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de ácido salicílico - AS (0 - Controle; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), distribuídos em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 × 5 com quatro repetições e duas plantas por parcela. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram estabelecidos considerando-se o estudo desenvolvido por Bezerra et al. (2019). Já as concentrações de ácido salicílico foram adaptadas a partir de pesquisa realizada por Silva et al. (2020) com a gravioleira.

A cultivar de goiabeira utilizada no experimento foi a Paluma. Trata-se de uma cultivar vigorosa com fácil propagação e com tolerância a pragas e doenças, principalmente a ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.). As sementes utilizadas no experimento foram obtidas em pomar de goiabeira na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA/UFCG) no Campus de Pombal – PB, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sendo extraídas manualmente a partir da despolpa dos frutos e posterior secagem ao ar em um ambiente aberto.

As águas de irrigação com diferentes condutividades elétricas foram preparadas dissolvendo-se NaCl, CaCl<sub>2</sub> e MgCl<sub>2</sub> em água de abastecimento local (CEa= 0,28 dS m<sup>-1</sup>) seguindo a proporção equivalente de 7:2:1 entre Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> comumente encontrada nas fontes hídricas do Nordeste brasileiro de (MEDEIROS, 1992); as quantidades dos sais foram determinadas considerando a relação entre a CEa e a concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Equação 1.

$$Q = 10 \times CEa \quad (1)$$

Em que:

Q = quantidade de sais a ser aplicado ( $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ ); e

CEa = condutividade elétrica da água ( $\text{dS m}^{-1}$ ).

As concentrações de AS foram obtidas a partir da dissolução do ácido em 30% de álcool etílico. O preparo da solução foi realizado em todos os eventos de aplicações quinzenais e adicionado o espalhante Wil fix para auxiliar na fixação do AS nas folhas. As pulverizações foram executadas com o auxílio de um pulverizador manual entre às 17 e 18 h com o intuito de minimizar a evaporação da solução da superfície da folha, cada planta foi retirada da proximidade das demais e isolada com lonas plásticas, evitando-se a deriva das diferentes concentrações de ácido em cada parcela e, retornada a sua localização após a pulverização do AS.

As mudas foram formadas em sacolas plásticas com dimensões  $10 \times 20$  cm, sendo preenchidas com 1,6 kg de substrato na proporção de 3:1 (em base de volume) de um solo classificado como *Neossolo Regolítico* de textura franco arenosa (0 - 20 cm, horizonte A), proveniente do município de Lagoa Seca - PB, cujas características químicas e físico-hídricas estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

		Características químicas						
pH (H <sub>2</sub> O)	MO	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
(1:2,5)	(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....					
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,9	5,4	0	0,9
.....Características químicas.....			.....Características físicas.....					
CE <sub>es</sub>	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	
(dS m <sup>-1</sup> )	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	(%)	Areia	Silte	Argila	CC <sup>1</sup>	PMP <sup>2</sup>
2,15	16,54	0,16	3,08	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

MO- matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 1 M pH 6,5; RAS - relação de adsorção de sódio, PST- percentagem de sódio trocável; CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação; <sup>1</sup>capacidade de campo a tensão de 33,42 kPa; <sup>2</sup>ponto de murcha permanente a tensão de 1519,5 kPa.

No dia anterior ao semeio, elevou-se o teor de umidade do solo ao nível correspondente à capacidade máxima de retenção com água de menor nível de condutividade elétrica (CEa = 0,6 dSm<sup>-1</sup>). A semeadura foi realizada colocando-se 4 sementes por sacola de forma equidistante a uma profundidade de 2 cm. Após a semeadura a irrigação foi

realizada, diariamente, às 16 h, aplicando-se em cada sacola o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água, determinado pela Equação 2.

$$VI = \frac{(V_a - V_d)}{(1 - FL)} \quad (2)$$

Em que:

VI = volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (mL);

V<sub>a</sub> = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

V<sub>d</sub> = volume drenado (mL); e

FL = fração de lixiviação de 0,15.

A emergência das plântulas teve início aos 20 dias após a semeadura (DAS). Após o estabelecimento da emergência iniciou-se a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio conforme recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado o equivalente a 100, 300 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de solo de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, via fertirrigação, sendo solução preparada em água de abastecimento (0,28 dS m<sup>-1</sup>) e divididas em nove aplicações a partir do 40 DAS em intervalos de 15 dias. Realizaram-se aplicações com micronutrientes na concentração de 2,5 g de Ubyfol<sup>®</sup> L<sup>-1</sup> [(N (15%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15%); K<sub>2</sub>O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] via foliar nas faces adaxial e abaxial, sendo aplicadas quinzenalmente para suprir necessidades de micronutrientes.

Iniciou-se a aplicação do AS aos 67 DAS quando as plantas apresentavam crescimento uniforme e as demais aplicações foram realizadas quinzenalmente até os 165 DAS. Já a irrigação com os distintos níveis de salinidade da água teve início aos 75 DAS, e o turno de rega foi diário. Aos 180 DAS foram mensurados o extravasamento de eletrólitos, o teor relativo de água no limbo foliar das mudas de goiabeira, os pigmentos fotossintéticos e o rendimento quântico.

Para determinar o teor relativo de água (TRA), foram coletadas em folhas do terço médio da planta cinco discos de 12 mm de diâmetro. Imediatamente após a coleta, os discos foram pesados, evitando assim a perda de umidade, obtendo a massa fresca (MF); após a pesagem as amostras foram imersas em uma solução contendo 50 mL de água destilada durante 90 min, após esse período, o excesso de água nos discos foi retirado utilizando toalhas de papel e as amostras foram pesadas obtendo-se a massa túrgida (MT). As amostras foram secas em estufa a  $\approx 65 \pm 3$  °C, até alcançar massa constante, obtendo-

se a massa seca (MS). O TRA foi determinado de acordo com Weatherley (1950), através da Equação 3.

$$\text{TRA} = \frac{\text{MF-MS}}{\text{MT-MS}} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

TRA = teor relativo de água (%);

MF = massa fresca foliar;

MS = massa seca foliar; e

MT = massa túrgida foliar.

O extravasamento de eletrólitos (% EE) no limbo foliar foi determinado utilizando-se cinco discos de 1,54 cm<sup>2</sup> cada, por unidade experimental, os quais foram lavados e inseridos em Erlenmeyer<sup>®</sup> contendo 50 mL de água destilada e mantidos em temperatura ambiente (25 °C) por 90 min, após esse tempo se aferiu a condutividade elétrica inicial da água (CEi). Posteriormente, os Erlenmeyer<sup>®</sup> foram cobertos com papel alumínio e mantidos em estufa de circulação forçada de ar por 90 min a 90 °C; após esse tempo, retirou-se e deixou resfriar a temperatura ambiente para verificação da condutividade elétrica final (CEf). O extravasamento de eletrólitos no limbo foliar foi determinado de acordo com metodologia de Scotti-Campos et al. (2013), através da Equação 4.

$$\% \text{ EE} = \frac{\text{CEi}}{\text{CEf}} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

%EE = extravasamento de eletrólitos no limbo foliar;

CEi = condutividade elétrica inicial; e

CEf = condutividade elétrica final.

Os pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b* e total e carotenoides) foram determinados de acordo com metodologia de Arnon (1949), utilizando-se 5 discos de 12 mm de diâmetro retirados da terceira folha madura a partir do ápice. Após coletados, os discos foram imersos em 8 mL solução de acetona a 80% e armazenados no escuro sob refrigeração por 48 h. As leituras dos teores de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*) e carotenoides foram determinadas através da medição da absorbância (ABS) com o uso de um espectrofotômetro nos comprimentos de 470, 645 e 663 nm, respectivamente, através

das Equações 5, 6 e 7, e os teores de clorofila total através da Equação 8; os resultados obtidos foram expressos em  $\text{mg g}^{-1}$  de matéria fresca (MF).

$$\text{Cl } a = 12,21 \times \text{ABS}_{663} - 2,81 \times \text{ABS}_{645} \quad (5)$$

$$\text{Cl } b = 120,13 \times \text{ABS}_{645} - 5,03 \times \text{ABS}_{663} \quad (6)$$

$$\text{Car} = \frac{1000 \times \text{ABS}_{470} - 1,82 \times \text{Cl } a - 85,02 \times \text{Cl } b}{198} \quad (7)$$

$$\text{Cl total} = 17,3 \text{ A}_{645} + 7,18 \text{ A}_{663} \quad (8)$$

Em que:

Cl *a* = clorofila *a*;

Cl *b* = clorofila *b*;

Car = carotenoides; e

Cl *t* = clorofila total.

O rendimento quântico foi determinado pela fluorescência inicial ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), variável ( $F_v$ ) e eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante a utilização de pinças foliares durante 30 min (garantindo que todos os centros de reação estão abertos), entre às 7 e 8 h usando o fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser – PEA II®.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’, e quando significativo realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de salinidade da água e concentrações de ácido salicílico ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se do software estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FEREIRA, 2019). Quando houve interação significativa entre os fatores variáveis de salinidade (NS) e ácido salicílico (AS), utilizou-se o *software* TableCurve 3D para obter as superfícies de resposta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores condutividade elétrica da água de irrigação e concentrações de ácido salicílico (NS  $\times$  AS) sobre o teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (%EE) no limbo foliar, os teores de clorofila *a* (Cl *a*) e carotenoides (Car) das mudas de goiabeira ‘Paluma’, aos 180 dias após o semeio (Tabela 2). Observou-se também efeito significativo dos níveis salinos (NS) sobre o %EE, os teores de clorofila *a* (Cl *a*) e total (Cl total) e o conteúdo de carotenoides (Car) das mudas de goiabeira. Já as concentrações de ácido salicílico (AS) influenciaram de forma

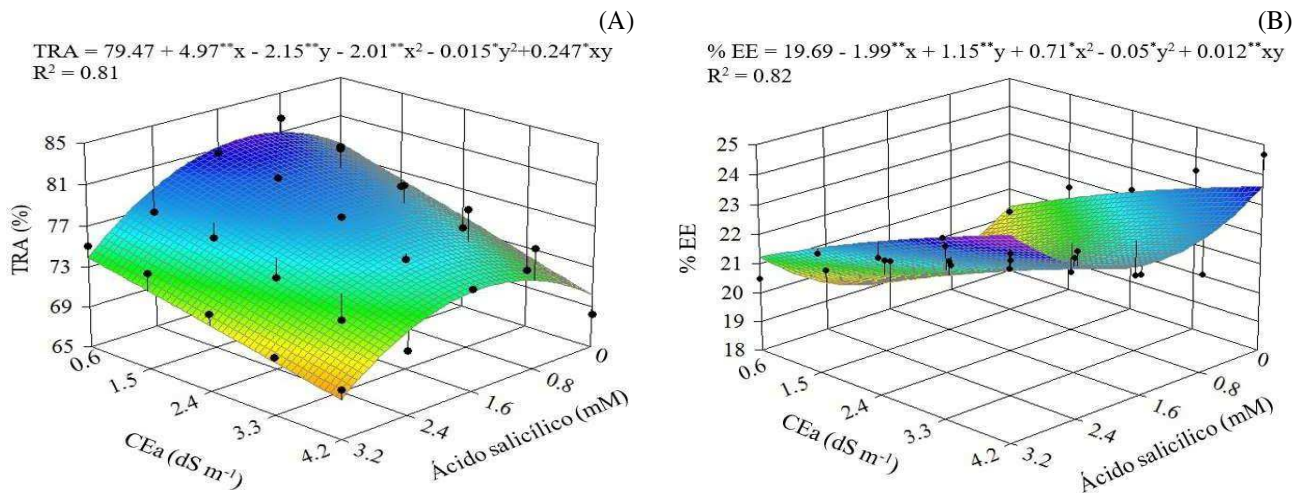
significativa o TRA, o %EE, os teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e clorofila total (Cl total).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para teor relativo de água (TRA), extravasamento de eletrólitos (%EE), teores de clorofila a (Cl a), b (Cl b), clorofila total (Cl total) e carotenoides (Car) das mudas de goiabeira ‘Paluma’ irrigadas com águas de diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação foliar de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		TRA	%EE	Cl a	Cl b	Cl total	Car
Níveis salinos (NS)	4	33,98 <sup>ns</sup>	26,93 <sup>**</sup>	326471,57 <sup>**</sup>	9317,42 <sup>ns</sup>	351832,67 <sup>**</sup>	23889,22 <sup>**</sup>
Regressão linear	1	16,72 <sup>ns</sup>	53,21 <sup>**</sup>	883028,80 <sup>**</sup>	1908,82 <sup>ns</sup>	802843,43 <sup>**</sup>	31609,53 <sup>**</sup>
Regressão quadrática	1	33,33 <sup>ns</sup>	28,79 <sup>**</sup>	1757,16 <sup>ns</sup>	15737,25 <sup>ns</sup>	28009,80 <sup>ns</sup>	1369,32 <sup>ns</sup>
Ácido salicílico (As)	4	172,78 <sup>*</sup>	13,95 <sup>**</sup>	70824,16 <sup>**</sup>	18711,8 <sup>**</sup>	153811,02 <sup>**</sup>	383,43 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	46,62 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	9448,59 <sup>ns</sup>	275,63 <sup>ns</sup>	12952,29 <sup>ns</sup>	849,21 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	535,26 <sup>**</sup>	41,01 <sup>**</sup>	242344,89 <sup>**</sup>	70335,0 <sup>**</sup>	573794,53 <sup>**</sup>	344,85 <sup>ns</sup>
Interação (NS × AS)	16	119,53 <sup>**</sup>	12,57 <sup>**</sup>	28729,95 <sup>*</sup>	5174,61 <sup>ns</sup>	44218,35 <sup>ns</sup>	6194,99 <sup>**</sup>
Blocos	3	119,47 <sup>ns</sup>	18,24 <sup>**</sup>	35335,75 <sup>ns</sup>	16818,11 <sup>*</sup>	8647,52 <sup>ns</sup>	1791,78 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	48,90	4,16	15870,33	5218,23	27881,59	2701,09
CV (%)		9,07	9,70	23,92	37,35	23,19	25,52

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; \*,\*\* e <sup>ns</sup> significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade e não significativo.

As plantas submetidas à aplicação de 1,3 mM de AS apresentaram o maior (81,43%) teor relativo de água no limbo foliar (Figura 2A), equivalente a um aumento de 4,0% quando comparadas às plantas submetidas à mesma CEa (0,6 dS m<sup>-1</sup>) sem exposição ao AS (0 mM) que apresentaram um TRA de 78,18%. O menor valor de TRA (68,82%) foi obtido nas plantas cultivadas sob a concentração de 3,2 mM de AS e CEa de 4,2 dS m<sup>-1</sup>. Essa resposta pode estar associada ao efeito benéfico exercido pelo AS na concentração de 1,3 mM, na acumulação de osmólitos, contribuindo para a absorção e aumento no conteúdo relativo de água nos tecidos (SILVA et al., 2021a). Farheen et al. (2018) avaliando o efeito da aplicação de AS (50 µM) sob feijão mungu (*Vigna Radiata*) submetido ao estresse salino (50, 100 e 150 mM de NaCl), observaram que as plantas submetidas ao AS obtiveram manutenção de um maior teor relativo de água, pré-requisito para a sobrevivência da planta e consequente produção de biomassa.



X e Y – concentração de AS e CEa, respectivamente; \*, \*\* significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente.

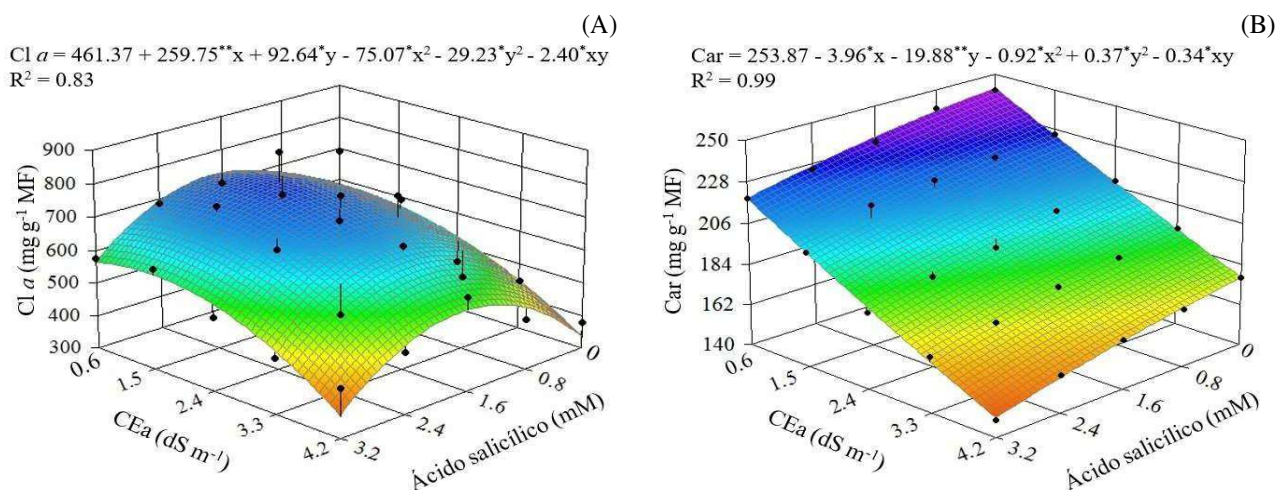
**Figura 2.** Superfície de resposta para teor relativo de água – TRA (A) e extravasamento de eletrólitos - %EE (B) no limbo foliar de mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água - CEa e concentrações de ácido salicílico – AS, aos 180 dias após semeadura.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu a elevação da porcentagem de extravasamento de eletrólitos (Figura 2B). Entretanto, observa-se que a aplicação de 1,3 mM de AS mitigou os efeitos do estresse salino nas plantas submetidas à CEa entre de 0,6 e 4,2  $\text{dS m}^{-1}$ , sendo o menor valor de % EE (18,98%), obtido nas plantas submetidas à CEa de 0,6  $\text{dS m}^{-1}$  e ausência de aplicação foliar de AS (0 mM). Já o maior valor de % EE (24,70%) foi alcançado nas plantas submetidas à CEa (4,2  $\text{dS m}^{-1}$ ) e concentração de AS de 3,2 mM. O excesso de sais na água de irrigação tende a aumentar o extravasamento de eletrólitos, devido aos efeitos tóxicos dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  que, quando absorvidos e acumulados nas folhas, causam alterações estruturais nas membranas celulares e consequente ruptura, promovendo aumento das espécies reativas de oxigênio (EROs) que causam peroxidação lipídica e oxidação das membranas celulares e organelas, resultando também em degradação e perda do conteúdo interno da célula (SILVA et al., 2021b), como observado na Figura 2A com o menor TRA obtido nas plantas submetidas ao maior nível de salinidade da água (4,2  $\text{dS m}^{-1}$ ).

Silva et al. (2021a) em pesquisa avaliando o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico (0; 1,2; 2,4 e 3,6 mM) na cultura da gravioleira submetida à irrigação com águas salinas (0,8-controle; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0  $\text{dS m}^{-1}$ ), também observaram que a concentração de 1,3 mM mitigou o estresse salino na cultura. De acordo com esses autores este resultado está associado aos efeitos positivos do ácido salicílico na estabilidade na

membrana celular e aumento da atividade fotossintética, além de interagir com vias de sinalização das EROs e reduzir o estresse oxidativo.

A aplicação de AS estimada na concentração de 1,7 mM, promoveu incremento 32,75% (246,634 mg g<sup>-1</sup> MF) nos teores de clorofila *a* (Figura 3A) das plantas irrigadas com CEa de 1,5 dS m<sup>-1</sup> quando comparadas às submetidas ao mesmo nível salino (1,5 dS m<sup>-1</sup>) e ausência de aplicação de AS (0 mM). O aumento observado nos teores de Cl *a* (Figura 3A) pode estar relacionado à ação antioxidante promovida pelo ácido salicílico que, sob condições de estresse abiótico, promove a remoção de espécies reativas de oxigênio melhorando a síntese fotossintética (DANTAS et al., 2021). Farheen et al. (2018) também notaram que a aplicação de ácido salicílico (50 μM) em feijão mungu (*Vigna Radiata*) submetido á estresse salino (50, 100 e 150 mM de NaCl) aumentou significativamente os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides das plantas.



X e Y – concentração de AS e CEa, respectivamente; \*, \*\* significativo a  $p \leq 0.05$  e  $p \leq 0.01$ , respectivamente.

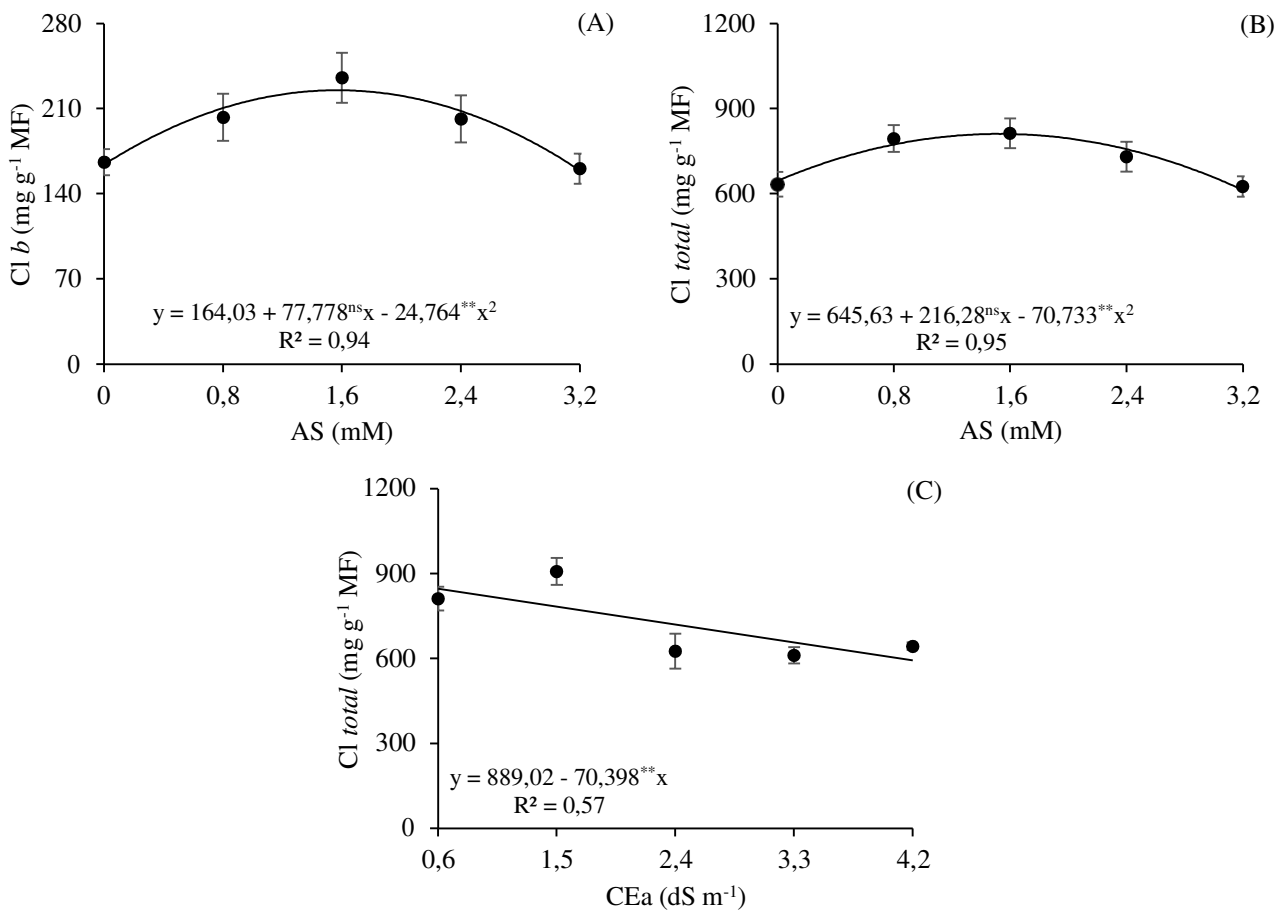
**Figura 3.** Superfície de resposta para teores de clorofila *a* - Cl *a* (A) e de carotenoides – Car (B) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água - CEa e das concentrações de ácido salicílico - AS, aos 180 dias após semeadura.

Para os teores de carotenoides (Figura 3B), verificou-se que as plantas submetidas ao maior nível salino (4,2 dS m<sup>-1</sup>) e aplicação foliar de 3,2 mM de AS tiveram redução de 37,94% (91,84 mg g<sup>-1</sup> MF) quando comparadas às plantas cultivadas sob o tratamento controle (0,6 dS m<sup>-1</sup> e 0 mM) e que obtiveram o valor máximo estimado de carotenoides (242,08 mg g<sup>-1</sup> MF). Os carotenoides são componentes integrados dos tilacoides e responsáveis pela absorção e transferência de luz para a clorofila. A diminuição no teor de Car pode estar relacionada aos danos ocasionados pelo estresse salino aos cloroplastos



e a perda de atividade das proteínas de pigmentação, além de estimular a atividade da enzima clorofilase que atua na degradação dos pigmentos fotossintéticos (DIAS et al., 2019; SILVA et al., 2021c). Além disso, o ácido salicílico em altas concentrações pode causar morte celular ou suscetibilidade a estresses abióticos (HARA et al., 2012).

As concentrações de ácido salicílico (AS) influenciaram de forma significativa nos teores de Cl *b* e Cl total (Figuras 4A e 4B) das mudas de goiabeira ‘Paluma’. A aplicação de AS influenciou positivamente os teores de Cl *b* até a concentração estimada de 1,57 mM, em que se obteve o valor máximo de 217,70 mg g<sup>-1</sup> MF e, o valor mínimo de 159,33 mg g<sup>-1</sup> MF nas plantas que receberam 3,2 mM. O ácido salicílico também proporcionou efeito benéfico sob a síntese de Cl total, sendo o valor máximo estimado de 810,96 mg g<sup>-1</sup> MF obtido nas plantas cultivadas sob a concentração de 1,53 mM de AS.



Barra vertical representa o erro padrão da média (n=4).

**Figura 4.** Teor de clorofila *b* – Cl *b* (A) e clorofila total – Cl total (B) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função das concentrações de ácido salicílico - AS e teor de clorofila total – Cl total (C) em função dos níveis de condutividade elétrica da água– CEa, aos 180 dias após a semeadura.

O efeito positivo do ácido salicílico sobre a síntese de pigmentos fotossintéticos é variável com a concentração aplicada, modo de aplicação e estágio de desenvolvimento da cultura e, como observado nas Figuras 4A e 4B, as concentrações de até 1,5 mM de AS aliviaram o efeito da salinidade sobre os teores de Cl *b* e Cl total. Dantas et al. (2021) também observaram efeito positivo da aplicação do AS sobre os teores de clorofila total de aceroleira sob irrigação com águas de diferentes salinidades (0,8 a 4,0 dS m<sup>-1</sup>) e concentrações de ácido salicílico (0 mM à 4,0 mM). O ácido salicílico é um hormônio vegetal que desempenha diversos papéis fisiológicos nas plantas, aumenta a atividade de enzimas antioxidantes como peroxidases, superóxido dismutases e catalases, contribuindo com a eliminação de espécies reativas de oxigênio e redução da degradação da clorofila (AZAD et al., 2021).

Apesar das diferentes CEa influenciarem significativamente o teor de clorofila total das mudas de goiaba (Tabela 2), não houve ajuste satisfatório aos dados para fins de prognóstico e o modelo de regressão (Cl total = 889,02 – 70,398<sup>\*\*</sup> x) teve valor de R<sup>2</sup> menor que 0,60.

O aumento na salinidade da água ocasionou diminuição linear nos teores de clorofila total das plantas de goiabeira (Figura 4C), com decréscimo de 7,92% por incremento unitário da CEa. As plantas cultivadas sob a CEa de 4,2 dS m<sup>-1</sup> reduziram a Cl total em 29,93% quando comparadas às plantas submetidas ao menor nível salino (0,6 dS m<sup>-1</sup>). Quando as plantas são submetidas à salinidade, há uma redução nos teores de clorofila em decorrência do aumento da síntese da enzima clorofilase que é responsável pela degradação das moléculas deste pigmento; os decréscimos nos teores de clorofila acabam favorecendo a formação de EROs e oxidação dos pigmentos fotossintéticos, lipídeos de membrana, proteínas e ácidos nucleicos (LIMA et al., 2017).

Houve efeito significativo da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água e concentrações de ácido salicílico (NS × AS) sobre a fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (Tabela 3). Todavia, não foi constatado efeito significativo dos níveis salinos (NS) e das concentrações de ácido salicílico (AS) sobre a fluorescência inicial (F<sub>0</sub>) das mudas de goiabeira ‘Paluma’.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente à fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) das mudas de goiabeira ‘Paluma’ irrigada com águas de

diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação foliar de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura (DAS).

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>
Níveis salinos (NS)	4	1955,63 <sup>ns</sup>	255446,58 <sup>**</sup>	79951,91 <sup>ns</sup>	0,001377 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	256,85 <sup>ns</sup>	1832,42 <sup>ns</sup>	6813,65 <sup>ns</sup>	0,000002 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	123,25 <sup>ns</sup>	348813,42 <sup>**</sup>	123675,80 <sup>ns</sup>	0,002520 <sup>ns</sup>
Ácido salicílico (As)	4	683,43 <sup>ns</sup>	82177,91 <sup>*</sup>	97448,59 <sup>ns</sup>	0,004287 <sup>*</sup>
Regressão linear	1	245,97 <sup>ns</sup>	348813,43 <sup>**</sup>	228217,00 <sup>*</sup>	0,011704 <sup>**</sup>
Regressão quadrática	1	2050,82 <sup>ns</sup>	335570,24 <sup>**</sup>	145373,31 <sup>ns</sup>	0,004889 <sup>ns</sup>
Interação (NS × AS)	16	1532,20 <sup>ns</sup>	109749,63 <sup>**</sup>	90427,50 <sup>*</sup>	0,003895 <sup>**</sup>
Blocos	3	3447,69 <sup>*</sup>	15026,01 <sup>ns</sup>	2164,67 <sup>ns</sup>	0,001721 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	956,53	33348,76	47775,90	0,001518
CV (%)		6,96	10,58	17,05	5,30

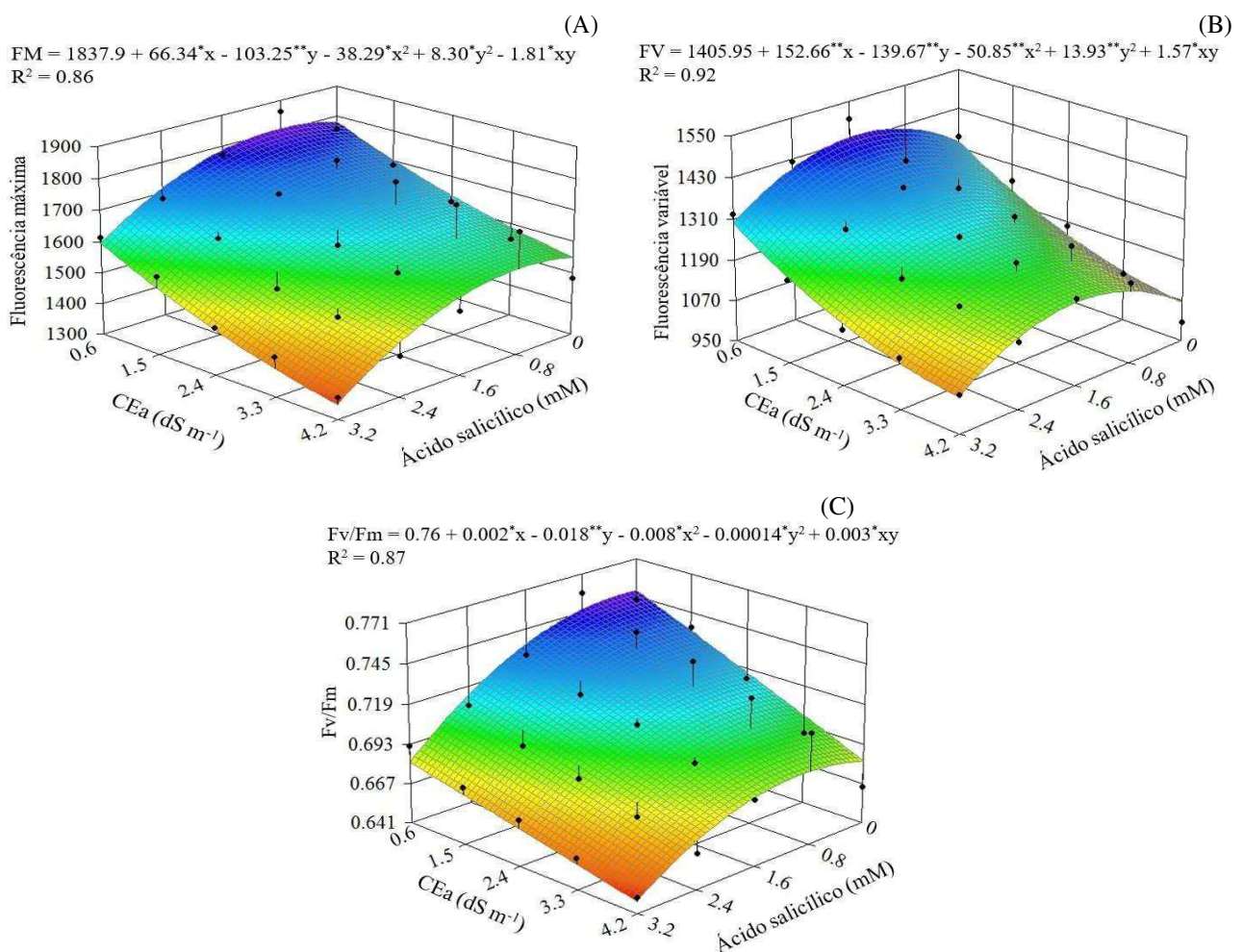
GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; \*, \*\* e <sup>ns</sup> significativo a 0,05 e a 0,01 de probabilidade e não significativo.

As mudas de goiabeira irrigadas com água de baixa condutividade elétrica (0,6 dS m<sup>-1</sup>) e submetidas a concentração de ácido salicílico estimada em de 0,9 mM, obtiveram o maior valor de fluorescência máxima (1806,652) (Figura 5A), que correspondeu a um aumento de 1,56% (27,71) em comparação as sob tratamento controle (0 mM) e irrigadas com o mesmo nível de salinidade. Contudo, as plantas cultivadas sob a maior concentração de AS (3,2 mM) o aumento da salinidade resultou em redução na F<sub>m</sub>, com o menor valor (1346,53) obtido nas submetidas a CEa de 4,2 dS m<sup>-1</sup>. A redução na F<sub>m</sub> com o aumento da salinidade estar associada a redução no fluxo de elétrons entre os fotossistemas I e II que acaba desacelerando a atividade fotossintética da planta com o intuito de minimizar os efeitos tóxicos da salinidade, já que para a execução das atividades fotoquímicas são requeridos os elétrons da água (SILVA et al., 2021c).

A aplicação foliar de ácido salicílico promoveu incremento na fluorescência variável (Figura 5B) das plantas submetidas ao menor nível salino (0,6 dS m<sup>-1</sup>) sob a concentração de 1,5 mM, sendo o aumento de 8,74% (115,99) quando comparadas as do tratamento controle (0 mM) sob o mesmo nível salino da água. O menor valor estimado de F<sub>v</sub> (1053,97) foi obtido nas plantas submetidas á maior CEa (4,2 dS m<sup>-1</sup>) e concentração de AS (3,2 mM).

A fluorescência máxima influencia diretamente a fluorescência variável, que é a energia potencialmente ativa no fotossistema II (SÁ et al., 2018), além de representar a capacidade da planta de transferir os elétrons vindos das moléculas de pigmentos para formação de energia (NADPH, ATP e ferredoxina reduzida - Fdr), que implica em uma

maior capacidade de assimilação de CO<sub>2</sub> na fase bioquímica da fotossíntese (DIAS et al., 2019). Assim, a redução em Fv está relacionada às perdas de fluorescência máxima e, também pode estar relacionada à diminuição observada nos teores de clorofila *a* e total (Figuras 3A e 4C) com o incremento da salinidade. Dias et al. (2021) verificaram que valores de condutividade elétrica de água acima de 2,6 dS m<sup>-1</sup> promoveram decréscimos nos parâmetros de fluorescência da clorofila *a* da aceroleira. De acordo com estes autores a diminuição na fluorescência pode estar relacionada à degradação dos pigmentos de clorofila devido a toxicidade iônica, e que decréscimos em Fv e Fm resultam em grandes danos ao aparato fotossintético causados pelo déficit hídrico decorrente do excesso da salinidade.



X e Y – concentração de AS e CEa, respectivamente; \*, \*\* significativo a  $p \leq 0.05$  e  $p \leq 0.01$ , respectivamente.

**Figura 5.** Superfície de resposta para fluorescência máxima – Fm (A), fluorescência variável – Fv (B) e eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm (C) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água - CEa e das concentrações de ácido salicílico – AS, aos 180 dias após semeadura.

Considerando que valores de Fv/Fm entre 0,75 e 0,85 são indicativo de que o aparato fotossintético está intacto (Bolhàr-Nordenkampf, 1989), pode-se dizer que a eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm (Figura 5C) foi afetado negativamente pela salinidade e AS, uma vez que as plantas submetidas à maior salinidade nível (4,2 dS m<sup>-1</sup>) como também á concentração de SA de 3,2 mM foi alcançado o menor valor (0,65) de Fv/Fm, uma redução de 13,67% (0,10) quando comparados com aqueles sob o tratamento controle (0 mM e 0,6 dS m<sup>-1</sup>), e o maior valor Fv/Fm (0,75) foi obtido em plantas irrigadas com Cea de 0,6 dS m<sup>-1</sup> sob aplicação foliar de AS na concentração estimada de 0,2 mM. A diminuição da eficiência quântica de fotossistema II com o aumento da salinidade e AS é, provavelmente, devido ao dano de fotoinibição causado aos centros de reação do fotossistema II (PSII), promovendo a formação de ERO (Oliveira et al., 2018; Dias et al., 2019).

#### 4. CONCLUSÕES

1. O ácido salicílico até a concentração de 1,3 mM aumenta o teor relativo de água e diminui o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar das mudas de goiabeira ‘Paluma’.
2. A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,7 mM atenua os efeitos do estresse salino na clorofila *a* das mudas de goiabeira irrigadas com água de até 1,6 dS m<sup>-1</sup>.
3. As concentrações de 1,6 e 1,5 mM de ácido salicílico aumenta os teores de clorofila *b* e clorofila total, respectivamente.
4. Os efeitos deletérios do estresse salino sobre a concentração de carotenoides e eficiência quântica do fotossistema II não são atenuados pela aplicação de ácido salicílico.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Alencar, R. D.; Leite, G. A.; Mendonça, V.; Lima, F. V. de; Pereira, G. A.; Farias, W. C. de. Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita de goiaba ‘Paluma’ no semiárido potiguar. *Comunicata Scientiae*, v. 7, n. 1, p. 139-148, 2016.
- Azad, N.; Rezayian, M.; Hassanpour, H.; Niknam, V.; Ebrahimzadeh, H. Physiological mechanism of salicylic acid in *Mentha pulegium* L. under salinity and drought stress. *Brazilian Journal of Botany*, v. 42, n. 2, p. 359-369, 2021.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Lacerda, C. F. de; Lima, B. G. F.; Bonifácio, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. *Bioscience Journal*, v.35, n.3, p.837-848, 2019.

- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Melo, A. S. de; Medeiros, L. C. de. Gas exchange and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salinity stress and salicylic acid. *Comunicata Scientiae*. v. 12, n.1, e3664, 2021
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Furtado, G. de F. ; Soares, L. A. dos A. ; Nobre, R. G.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D. Chloroplast pigments and photochemical efficiency of West Indian cherry under salt stress and potassium-phosphorus fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.42, n.1, p.87-104, 2021.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v.32, n.2, p.429-439, 2019.
- Dias, M. J. T.; Souza, H. A.; Natale, W.; Modesto, V. C.; Rozane, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, Suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.
- Farheen, J.; Mansoor, S.; Abideen, Z. Exogenously applied salicylic acid improved growth, photosynthetic pigments and oxidative stability in mungbean seedlings (*Vigna radiata*) at salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, v. 50, n.3, p.901-912, 2018.
- 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.
- Ferreira, F. N.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Sá, F. V. da S.; Dias, A. S.; Pinheiro, F. W. A. Photosynthetic efficiency and production of *Annona squamosa* L. under salt stress and fertilization with NPK. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n.7, 2021.
- Hara, M., Furukawa, J., Sato, A., Mizoguchi, T., and Miura, K. “Abiotic stress and role of salicylic acid in plants,” in *Abiotic Stress Responses in Plants*, eds A. Parvaiza and M. N. V. Prasad (New York, NY: Springer), p. 235–251, 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613> >. Acesso em: 29 de dezembro de 2021.
- Jayakannan, M.; Bose, J.; Babourina, O.; Rengel, Z.; Shabala, S.; Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. *Plant Growth Regulation*, v.76, n.1, p. 25-40, 2015.
- Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Furtado, G. de F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na

- mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. *Irriga*, v.22, n.4, p.757-774, 2017.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Sousa, P. F. do N.; Fernandes, P. D. Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, n.3, p.180-189, 2022.
- Lima, G. S. de; Silva, J. B. da; Pinheiro, F. W. A.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R. Potassium does not attenuate salt stress in yellow passion fruit under irrigation management strategies. *Revista Caatinga*, v.33, n.4, p.1082 -1091, 2020.
- 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, e101635, 2020.
- Manica, I.; Icuma, I. M.; Junqueira, N. T. V.; Salvador, J. O.; Moreira, A.; Malavolta, E. Goiaba: Do plantio ao consumidor: Tecnologia de produção, pós-colheita e comercialização. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. 124p.
- Rajeshwari, V.; Bhuvaneshwari, V. Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. *International Journal of Plant Biology and Research*, v.5, n.3, p.1067-1073, 2017
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. USDA, Agriculture Handbook, 60.
- Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Paiva, E. P. de; Moreira, R. C. L.; Silva, L. de A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of West Indian cherry. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.3, p.158-163, 2018.
- Scotti-Campos, P; Pham-Thi, Anh-Thu; Smedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. P. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, n.12, p.1002-1013, 2013.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, A. R. de; Fernandes, P. D. Salicylic acid relieves the effect of saline stress on soursop morphology. *Ciência e Agrotecnologia*, v.45, e007021, 2021a
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A. Gheyi, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. *Revista Caatinga*, v. 33, n. 4, p. 1092-1101, 2020.

- Silva, E. M. da; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Bonifácio, B. F. Saline waters and nitrogen/potassium fertilization combinations on physiological aspects and production of West Indian cherry. *Revista Ambiente & Água*, v. 16, n.6, e2780, 2021b.
- Silva, S. S. da; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Quantum yield, photosynthetic pigments and biomass of mini watermelon under irrigation strategies and potassium. *Revista Caatinga*, v.34, n.3, p.659-669, 2021c.
- Souana, K.; Taïbi, K.; Abderrahim, L. A.; Amirat, M.; mohamed, A.; 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, e109641, 2020.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Silva, E. M. da; Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Almeida, L. L. de S. Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.8, p.739-745, 2016.
- Weatherley, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I – The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v.49, n.1, p.81-87, 1950.



**CAPÍTULO III**

---

**TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GOIABEIRA SOB  
ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO**

*Artigo publicado na Revista Ambiente & Água, v. 19, n. 3, e2816, 2022.*

## TROCAS GASOSAS, CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE GOIABEIRA SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO

**Resumo:** A goiaba é uma fruta de grande aceitação pelos brasileiros sendo largamente produzida no Nordeste do Brasil, região com a presença de fontes de água que comumente apresentam elevadas concentrações de sais. Assim, a busca por técnicas que permitam o manejo dessas águas é de extrema importância para expansão da agricultura irrigada. Neste contexto, o ácido salicílico é um fitormônio que pode contribuir na diminuição dos efeitos do estresse salino nas plantas. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico em diferentes concentrações na mitigação do estresse salino sobre as trocas gasosas, o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira 'Paluma'. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Campina Grande - PB, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 5 × 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água (0,6; 1,5; 2,4; 3,3 e 4,2 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de ácido salicílico (0 - Controle; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), com quatro repetições e duas plantas por parcela. A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de até 1,4 mM reduziu os efeitos deletérios do estresse salino sobre a eficiência instantânea no uso da água das mudas de goiabeira 'Paluma' aos 180 dias após o semeio. As concentrações de ácido salicílico aplicadas via foliar não mitigaram os efeitos nocivos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e a qualidade das mudas de goiabeira 'Paluma'.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L., escassez hídrica, estresse abiótico

## GAS EXCHANGES, GROWTH AND QUALITY OF GUAVA SEEDLINGS UNDER SALT STRESS AND SALICYLIC ACID

**Abstract:** Guava is a popular Brazilian fruit that is widely produced in Northeastern Brazil, a region with water sources that commonly have high concentrations of salts. Thus, searching for techniques that allow the management of these waters is extremely important for the expansion of irrigated agriculture. In this context, salicylic acid is a phytohormone that can contribute to reducing the effects of salt stress on plants. Given the above, this study evaluated the effect of foliar application of salicylic acid at different concentrations in the mitigation of salt stress on gas exchange, growth, and quality of 'Paluma' guava seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse, in Campina

Grande - PB, Brazil, using a randomized block design in a 5 × 5 factorial arrangement, corresponding to five levels of electrical conductivity of water (0.6, 1.5, 2.4, 3.3, and 4.2 dS m<sup>-1</sup>) and five concentrations of salicylic acid (0 - Control; 0.8, 1.6, 2.4, and 3.2 mM), with four replicates and two plants per plot. Foliar application of salicylic acid at a concentration of up to 1.4 mM reduced the deleterious effects of salt stress on the instantaneous water use efficiency of 'Paluma' guava seedlings at 180 days after sowing. The concentrations of salicylic acid applied via foliar did not mitigate the harmful effects of irrigation water salinity on the growth and quality of 'Paluma' guava seedlings.

**Key words:** *Psidium guajava* L., water scarcity, abiotic stress

## 1. INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma frutífera tropical encontrada em todo o território brasileiro com destaque para a cultivar Paluma pela grande aceitação do seu fruto pelos consumidores, sendo consumida in natura ou como produtos processados (MONTES et al., 2016). As Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil se destacam como as maiores produtoras de goiaba do país, sendo responsáveis respectivamente, por 47,95 e 40,56% dos 22.128 ha colhidos. O estado da Paraíba é responsável por 3,01% da área colhida de goiaba do Nordeste (IBGE, 2019).

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por altas taxas de evapotranspiração, chuvas irregulares, inadequada drenagem do solo e as águas dos poços na maioria de vezes com condutividade elétrica superior a 1,5 dS m<sup>-1</sup>, destacando-se como fator limitante para a produção de várias culturas (BEZERRA et al., 2019). A salinidade da água de irrigação traz prejuízos à produção agrícola inibindo o crescimento das culturas devido à redução na disponibilidade de água às plantas a qual provoca diminuição do potencial osmótico da solução do solo levando ao fechamento estomático, comprometendo a transpiração e a fotossíntese (DIAS et al., 2019). O estresse salino também causa a toxicidade de degradação e alterações metabólicas inibindo por íons (Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>), estresse oxidativo, degrada pigmentos fotossintéticos, altera as rotas metabólicas e inibe a fotossíntese e a absorção de nutrientes (SILVA et al., 2020).

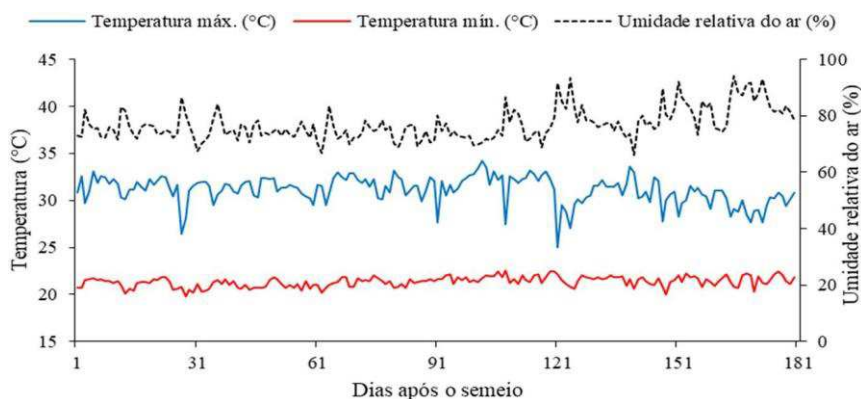
Entretanto, a tolerância das plantas ao estresse salino, pode variar entre as espécies e cultivares, tempo de exposição, estágio de desenvolvimento, manejo de irrigação, adubação e condições climáticas (BEZERRA et al., 2019). Assim, é de fundamental importância a busca por alternativas capazes de amenizar os efeitos do estresse salino durante a formação de porta- enxertos de goiabeira.

Dentre estas alternativas destaca-se a aplicação exógena de ácido salicílico (AS), que auxilia na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos e sua aplicação exógena pode regular as atividades de enzimas antioxidantes aliviando o estresse salino (FARUDDIN et al., 2018). O AS é um hormônio vegetal que desempenha um papel importante no crescimento e desenvolvimento das plantas auxiliando no transporte de íons, fotossíntese, condutância estomática, transpiração e outros (RAJESHWARI; BHUVANESHWAR, 2017). O ácido salicílico promove a síntese de enzimas antioxidantes e age na proteção das membranas contra danos oxidativos, seu efeito sobre as plantas depende do tempo de exposição do estresse, concentração, espécie e método de aplicação (SILVA et al., 2021a).

Alguns estudos relataram que a aplicação exógena de AS aumenta a tolerância ao estresse salino em graviola (SILVA et al., 2020), amêndoa (MOHAMMADI et al., 2020), tomate (NÓBREGA et al., 2021) e acerola (DANTAS et al., 2021). Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas, o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função da irrigação com águas salinas e aplicação exógena de ácido salicílico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2020 a abril de 2021 em casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, PB, Brasil (07° 15’ 18’’ de latitude S, 35° 52’ 28’’ de longitude W e altitude média de 550 m). Os dados de temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar durante a condução do experimento estão dispostos na Figura 1.



**Figura 1.** Temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa do ar média observada na área interna da casa de vegetação durante o período de experimento.

Os tratamentos consistiram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,6 - Controle; 1,5; 2,4; 3,3 e 4,2 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de ácido salicílico - AS (0 - Controle; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 mM), distribuídos em blocos casualizados em arranjo fatorial 5 × 5 com quatro repetições e duas plantas por parcela. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação foram estabelecidos considerando-se o estudo desenvolvido por Bezerra et al. (2019). Já as concentrações de ácido salicílico foram adaptadas de acordo com Silva et al. (2020).

A cultivar de goiabeira utilizada no experimento foi a Paluma. Trata-se de uma cultivar vigorosa com fácil propagação e com tolerância a pragas e doenças, principalmente à ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.). As sementes utilizadas no ensaio foram obtidas em pomar de goiabeira na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) no Campus de Pombal pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sendo extraídas manualmente a partir da despolpa dos frutos e posterior secagem ao ar em um ambiente aberto.

As águas de irrigação com diferentes condutividades elétricas foram preparadas dissolvendo-se NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O em água de abastecimento local (CEa= 0,28 dS m<sup>-1</sup>) seguindo a proporção equivalente comumente encontrada no Nordeste brasileiro de 7:2:1 entre Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> (MEDEIROS, 1992); as quantidades dos sais foram determinadas considerando a relação entre a CEa e a concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Equação 1.

$$Q = 10 \times CEa \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

Q - quantidade de sais a ser aplicado (mmolc L<sup>-1</sup>); e

CEa - condutividade elétrica da água (dS m<sup>-1</sup>)

As concentrações de AS foram obtidas a partir da dissolução do ácido em 30% de álcool etílico. O preparo da solução foi realizado sempre nos dias de eventos de aplicações quinzenais e adicionado o espalhante Wil fix (0,5 mL L<sup>-1</sup>) para auxiliar na fixação do AS nas folhas através da quebra da tensão superficial. As pulverizações nas faces adaxial e abaxial foram executadas com o auxílio de um pulverizador manual entre às 17 e 18 ho

com o intuito de minimizar a evaporação da solução da superfície da folha, cada planta foi retirada da proximidade das demais para a pulverização, evitando aplicação cruzada de diferentes concentrações de ácido em cada parcela e, retornada a sua localização após a pulverização do AS. Ao longo de todo o ensaio realizou-se um total de oito pulverizações com um volume médio de 50 mL de ácido salicílico aplicado por planta a cada evento.

A formação das mudas deu-se em sacolas plásticas de dimensões 10 × 20 cm, sendo preenchidas com 1,6 kg de substrato na proporção de 3:1 (base volume) de um solo classificado como *Neossolo Regolítico* de textura franco arenosa, proveniente do município de Lagoa Seca, PB, coletado na profundidade de 0-20 cm (horizonte A), cujas características químicas e físico-hídricas estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O)	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	
(1:2,5)	(g dm <sup>-3</sup> )	(mg dm <sup>-3</sup> )	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....						
6,5	8,1	79	0,24	0,51	14,9	5,4	0	0,9	
.....Características químicas.....					.....Características físicas.....				
CE <sub>es</sub> (dS m <sup>-1</sup> )	CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	RAS <sub>es</sub>	PST	Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )		
		(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	%	Areia	Silte	Argila	CC <sup>1</sup>	PMP <sup>2</sup>	
2,15	16,54	0,16	3,08	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96	

M.O.– matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup> extraídos com acetato de cálcio 0,5 M pH 6,5; PST- Percentagem de sódio trocável; CE<sub>es</sub> – condutividade elétrica do extrato de saturação; RAS<sub>es</sub> – relação de absorção de sódio do extrato de saturação do solo; <sup>1</sup>Capacidade de campo a tensão de 33,42 kPa; <sup>2</sup>Ponto de murcha permanente a tensão de 1519,50 kPa.

No dia anterior ao semeio, elevou-se o teor de umidade do solo ao nível correspondente a capacidade máxima de retenção com água de menor nível de condutividade elétrica (CE<sub>a</sub> = 0,6 dS m<sup>-1</sup>). A semeadura foi realizada colocando-se 4 sementes por sacola distribuídas de forma equidistante a uma profundidade de 2 cm. Após a semeadura, a irrigação foi realizada, diariamente, às 16 h, aplicando-se em cada sacola o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água determinado pela Equação 2.

$$VI = \frac{(V_a - V_d)}{(1 - FL)} \quad (2)$$

Em que:

VI = volume de água a ser usado no próximo evento de irrigação (mL);

V<sub>a</sub> = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

Vd = volume drenado (mL); e  
FL = fração de lixiviação de 0,15.

A emergência das plântulas teve início aos 20 dias após a sementeira (DAS). Após o estabelecimento da emergência iniciou-se a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio conforme recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado o equivalente a 100, 300 e 150 mg kg<sup>-1</sup> de solo de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, junto com água de abastecimento (0,28 dS m<sup>-1</sup>) divididas em nove aplicações a partir do 40 DAS em intervalos de 15 dias até os 160 DAS. Realizaram-se aplicações com micronutrientes na concentração de 2,5 g de Ubyfo1<sup>®</sup> L<sup>-1</sup> [(N (15%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15%); K<sub>2</sub>O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] via foliar nas faces adaxial e abaxial, sendo aplicadas quinzenalmente para suprir necessidades de micronutrientes.

Iniciou-se a aplicação das concentrações de AS, aos 67 DAS quando as plantas apresentaram crescimento uniforme e as demais aplicações foram realizadas quinzenalmente até os 165 DAS. Já a irrigação com os distintos níveis de salinidade da água teve início aos 75 DAS, e o turno de rega foi diário.

O crescimento das plantas foi avaliado aos 104 e 180 DAS através do diâmetro do caule (DC) utilizando-se um paquímetro digital; a altura de plantas (AP) foi medida com uma régua graduada. Já a área foliar (AF) foi obtida de acordo com Lima et al. (2012) conforme a Equação 3.

$$AF = \sum 0,3205 \times C^{2,0412} \quad (3)$$

Em que:

AF - área foliar total (cm<sup>2</sup>); e

C - comprimento da nervura principal da folha (cm).

A taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR<sub>AP</sub>), diâmetro de caule (TCR<sub>DC</sub>) e área foliar (TCR<sub>AF</sub>) no período de 104 a 180 DAS foi obtida de acordo com Benincasa (2003), conforme Equação 4.

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (4)$$

Em que:

TCR - taxa de crescimento relativo;  
 A<sub>2</sub> - crescimento da planta no tempo t<sub>2</sub>;  
 A<sub>1</sub> - crescimento da planta no tempo t<sub>1</sub>;  
 t<sub>2</sub> – t<sub>1</sub> - diferença de tempo entre as avaliações; e  
 ln - logaritmo natural.

Aos 180 DAS foram mensuradas as trocas gasosas através da condutância estomática - *g<sub>s</sub>* (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), transpiração - *E* (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> - *A* (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração interna de CO<sub>2</sub> - *C<sub>i</sub>* (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), eficiência instantânea de carboxilação - *EiCi* [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)(μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e eficiência instantânea no uso da água - *EiUA* [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>]. A determinação das trocas gasosas foi realizada na terceira folha contada a partir do ápice utilizando o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. Com os dados obtidos quantificou-se a eficiência no uso da água (*EiUA*) (*A/E*) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>] e a eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) (*A/C<sub>i</sub>*) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>].

Na última avaliação (180 DAS), foram avaliadas a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR) e total (FST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas. O acúmulo de fitomassa seca de cada planta foi obtido a partir da secagem em estufa por 48 h e posterior pesagem em balança semianalítica e a FST foi obtida pelo somatório da fitomassa seca de folhas, caule e raiz. A fitomassa seca da parte aérea (FSPA) foi quantificada pela soma de FSF e FSC.

A qualidade das mudas foi determinada através do índice de qualidade de Dickson - IQD (DICKSON et al., 1960), de acordo com a Equação 5.

$$IQD = (FST) / \left[ \left( \frac{AP}{DC} \right) + \left( \frac{FSPA}{FSR} \right) \right] \quad (5)$$

Em que:

IQD - índice de qualidade de Dickson;  
 AP - altura de plantas (cm);  
 DC - diâmetro do caule (mm);  
 FST - fitomassa seca total (g por planta),  
 FSPA - fitomassa seca da parte aérea (g por planta); e



FSR - fitomassa seca de raiz (g por planta).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’, e quando significativo realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de salinidade da água e concentrações de ácido salicílico ( $p \leq 0,05$ ), utilizando-se do *software* estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FERREIRA, 2019). Quando houve interação significativa entre os fatores variáveis de salinidade (NS) e ácido salicílico (AS), utilizou-se o *software* TableCurve 3D para obter as superfícies de resposta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

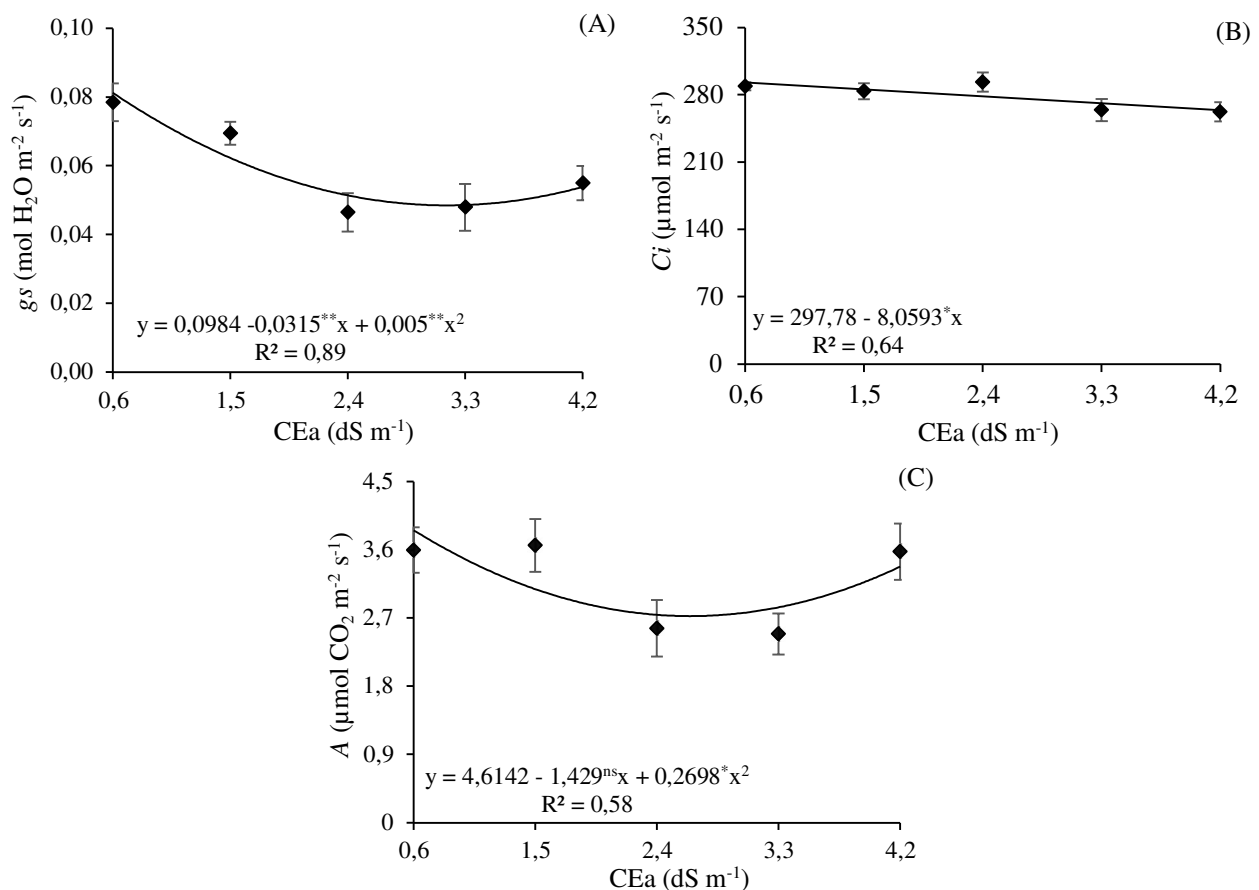
Verifica-se efeito de interação dos níveis salinos e ácido salicílico (NS × AS) sobre a transpiração (E), a eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) e a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) da goiabeira ‘Paluma’ irrigadas aos 180 DAS (Tabela 2). Houve efeito significativo dos níveis salinos (NS) sobre a condutância estomática (gs), a transpiração (E), a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) e a eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), aos 180 DAS (Tabela 2). Todavia, não foi constatado efeito significativo do ácido salicílico (AS) sobre nenhuma das variáveis estudadas.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), transpiração (E), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) e a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) de goiabeira ‘Paluma’ irrigada com diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação exógena de ácido salicílico, aos 180 dias após semeadura.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		gs	Ci	A	E	EiCi	EiUA
Níveis salinos (NS)	4	0,004 <sup>**</sup>	4094,12 <sup>*</sup>	7,04 <sup>*</sup>	1,30 <sup>**</sup>	0,000248 <sup>**</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	0,009 <sup>**</sup>	10522,22 <sup>*</sup>	2,90 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>**</sup>	0,000165 <sup>*</sup>	1,91 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,004 <sup>**</sup>	1487,14 <sup>ns</sup>	13,37 <sup>*</sup>	1,35 <sup>**</sup>	0,000477 <sup>**</sup>	1,38 <sup>ns</sup>
Ácido salicílico (As)	4	0,001 <sup>ns</sup>	2427,70 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,000016 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	0,000 <sup>ns</sup>	582,60 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,000014 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,002 <sup>*</sup>	6528,32 <sup>*</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,000008 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>
Interação (NS × AS)	16	0,001 <sup>ns</sup>	1181,05 <sup>ns</sup>	2,41 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>*</sup>	0,000078 <sup>**</sup>	1,99 <sup>*</sup>
Bloco	3	0,001 <sup>*</sup>	3901,04 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,000054 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	0,000	1653,02	2,33	0,07	0,000027	1,01
CV %		38,63	14,64	48,10	21,92	38,39	39,14

ns, \*\*, \*Respectivamente não significativos; Significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$

A condutância estomática das mudas de goiabeira ‘Paluma’ diminuiu de forma quadrática com o aumento da salinidade da água (Figura 2A). As plantas submetidas ao menor nível salino ( $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) apresentaram o valor máximo estimado de  $0,0813 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , reduzindo com o incremento da CEa, obtendo-se o menor valor ( $0,0488 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) sob irrigação com água de  $3,15 \text{ dS m}^{-1}$ . O fechamento dos estômatos diante do aumento na CEa de irrigação é uma resposta ao estresse osmótico causado pelo excesso de sais, sendo importante estratégia contra a desidratação, mantendo alto o potencial hídrico das células (DIAS et al., 2020). A redução na condutância estomática das plantas em decorrência do aumento na CEa de irrigação também foi observada por Dias et al. (2019), em estudo com aceroleira cv. BRS 366 Jaburu submetida à salinidade da água ( $0,8$  e  $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ ).



Barra vertical representa o erro padrão da média ( $n = 4$ ).

**Figura 2.** Condutância estomática –  $g_s$  (A), concentração interna de  $\text{CO}_2$  –  $C_i$  (B) e taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  –  $A$  (C) de mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de

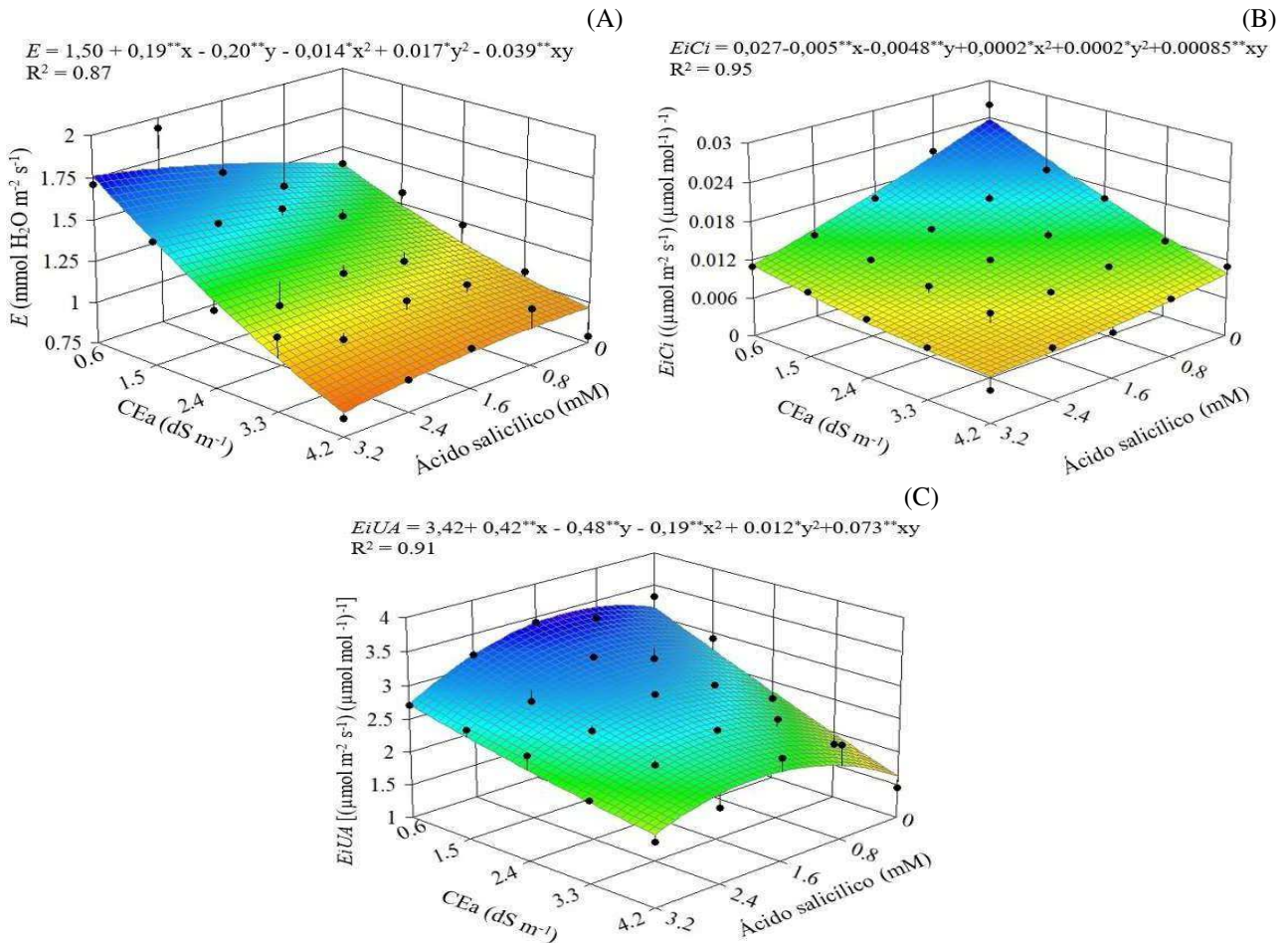
salinidade da água de irrigação – Cea e aplicação exógena de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> da goiaba ‘Paluma’ foi linearmente reduzida com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2B), com redução de 2,71% por aumento unitário da Cea. Ao comparar a *Ci* das plantas irrigadas com água de maior salinidade (4,2 dS m<sup>-1</sup>) com aquelas cultivadas sob o menor nível de salinidade (0,6 dS m<sup>-1</sup>), observa-se uma redução de 10,0% (29,01 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Corroborando o presente estudo Lacerda et al. (2022) em estudo realizado com goiaba ‘Paluma’ sob estresse salino (0,6 e 3,2 dS m<sup>-1</sup>) encontraram redução de 9,51% (25,43 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) na *Ci* de plantas irrigadas com Cea de 3,2 dS m<sup>-1</sup> em relação aos cultivados sob Cea de 0,6 dS m<sup>-1</sup>. A redução de *Ci* pode ser vista como consequência do fechamento estomático e é um dos principais mecanismos responsáveis pela redução da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (LIMA et al., 2021).

Analisando a equação de regressão (Figura 2C), referente à taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, verifica-se que as mudas de goiabeira tiveram redução de *A* quando irrigadas com Cea de até 2,65 dS m<sup>-1</sup>. Ao comparar mudas irrigadas com Cea de 2,65 dS m<sup>-1</sup> com plantas cultivadas com Cea de 0,6 dS m<sup>-1</sup>, observou-se redução de 25,3% (0,92 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). A redução na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> está diretamente relacionada ao fechamento estomático, levando a uma conseqüente redução na transpiração foliar e uma diminuição na concentração interna de CO<sub>2</sub> nas folhas (Altuntas et al., 2018). Outro fator a ser considerado que leva à redução de *A* é o aumento da resistência do mesofilo à entrada de CO<sub>2</sub> atmosférico causado pela salinidade, que também pode reduzir as atividades enzimáticas relacionadas ao metabolismo fotossintético do carbono (SOARES et al., 2021).

O aumento nas concentrações de ácido salicílico aumentou a transpiração de mudas de goiabeira ‘Paluma’ quando irrigadas com Cea de até 3,7 dS m<sup>-1</sup> (Figura 3<sup>a</sup>). No entanto, o valor máximo de *E* (1,78 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi registrado em plantas irrigadas com Cea de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e pulverizadas com concentração de 3,2 mM de AS, correspondendo a um aumento de 21,9 % (0,39 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) em comparação com aquelas cultivados sob a mesma Cea (0,6 dS m<sup>-1</sup>) e sem aplicação de AS (0 mM). Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2021<sup>a</sup>) em plantas de graviola sob estresse salino (Cea variando de 0,8 a 4,0 dS m<sup>-1</sup>), os autores verificaram que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,4 mM promoveu aumento de *E* independentemente da condutividade elétrica da água de irrigação.

De acordo com Dantas et al. (2021), o aumento da transpiração devido à aplicação do ácido salicílico pode estar relacionado ao seu papel na regulação da abertura estomática, promovendo a entrada de água e CO<sub>2</sub> nas células. Além disso, sob condições estressantes, o ácido salicílico ajuda a proteger e aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, aumentando a tolerância das plantas (RAJESHWARI; BHUVANESHWARI, 2017).



X e Y – concentração de AS e CEa, respectivamente; \*, \*\* significativo a  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente. O ponto e as linhas verticais representam a média +/- o erro padrão (n=4).

**Figura 3.** Superfície de resposta para transpiração (*E*), eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) e a eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) em função da interação entre salinidade de água - CEa e concentrações de AS de goiabeira cv. Paluma aos 180 dias após semeadura.

A eficiência instantânea da carboxilação foi afetada negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, independentemente da concentração de ácido salicílico. As goiabeiras irrigadas com CEa de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e submetidas à concentração de 0 mM de AS, se destacaram com o maior valor de *EiCi* [0,0242 (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (μmol mol<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>)<sup>-1</sup>]. O menor valor de *EiCi* [0,0078 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] foi registrado nas plantas irrigadas com CEa de 4,2 dS m<sup>-1</sup> e submetido a uma concentração de 3,2 mM AS. A diminuição da eficiência da carboxilação instantânea devido ao estresse salino pode estar associada a restrições metabólicas no ciclo de Calvin e à ocorrência de fatores não estomáticos que atuam no aparelho fotossintético, como a inibição da atividade da enzima RuBisCO devido à redução na disponibilidade de ATP e NADPH (LIMA et al., 2020).

A aplicação foliar de AS até uma concentração estimada de 1,4 mM promoveu um aumento no *EiUA*, independente da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 3C). De acordo com a equação de regressão, verifica-se que as plantas irrigadas com CEa de 0,6 dS m<sup>-1</sup> e submetidas a uma concentração de 1,4 mM de AS atingiram o maior valor de *EiUA* [3,42 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ], correspondendo a um aumento de 8,9% [0,28 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] em relação às plantas irrigadas com a mesma CEa e sem aplicação de AS (0 mM). Por outro lado, o menor valor de *EiUA* [1,62 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ] foi obtido de plantas irrigadas com CEa de 4,2 dS m<sup>-1</sup> e sem aplicação de AS (0 mM).

Agami et al. (2019), em pesquisa realizada com plantas de trigo sob estresse hídrico, também constataram que o ácido salicílico (0,1 mM) foi capaz de aumentar a eficiência do uso da água, mesmo em plantas sob estresse. O ácido salicílico é um regulador endógeno do tipo fenólico, que regula os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas para aliviar os efeitos deletérios causados por diversos estresses, incluindo o estresse salino (GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2018).

A interação entre os fatores (NS × AS), não promoveu efeito significativo em nenhuma das variáveis estudadas. Houve efeito significativo dos níveis salinos (NS) sobre todas as variáveis analisadas (Tabela 3), aos 180 dias após a semeadura. Enquanto as concentrações de ácido salicílico (AS) influenciaram de forma significativa apenas a fitomassa seca de raiz (FSR), total (FST) e o Índice de Qualidade Dickson (IQD). Souza et al. (2017) ao avaliarem o crescimento, a produção de fitomassa e qualidade de porta-enxerto de goiabeira ‘Crioula’ sob estresse salino e doses de adubação nitrogenada, também observaram que com exceção da TCR<sub>DC</sub> não houve efeito significativo da interação entre os fatores para nenhuma das variáveis analisadas.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR<sub>AP</sub>), diâmetro de caule (TCR<sub>DC</sub>), área foliar (TCR<sub>AF</sub>) no período de 104 a

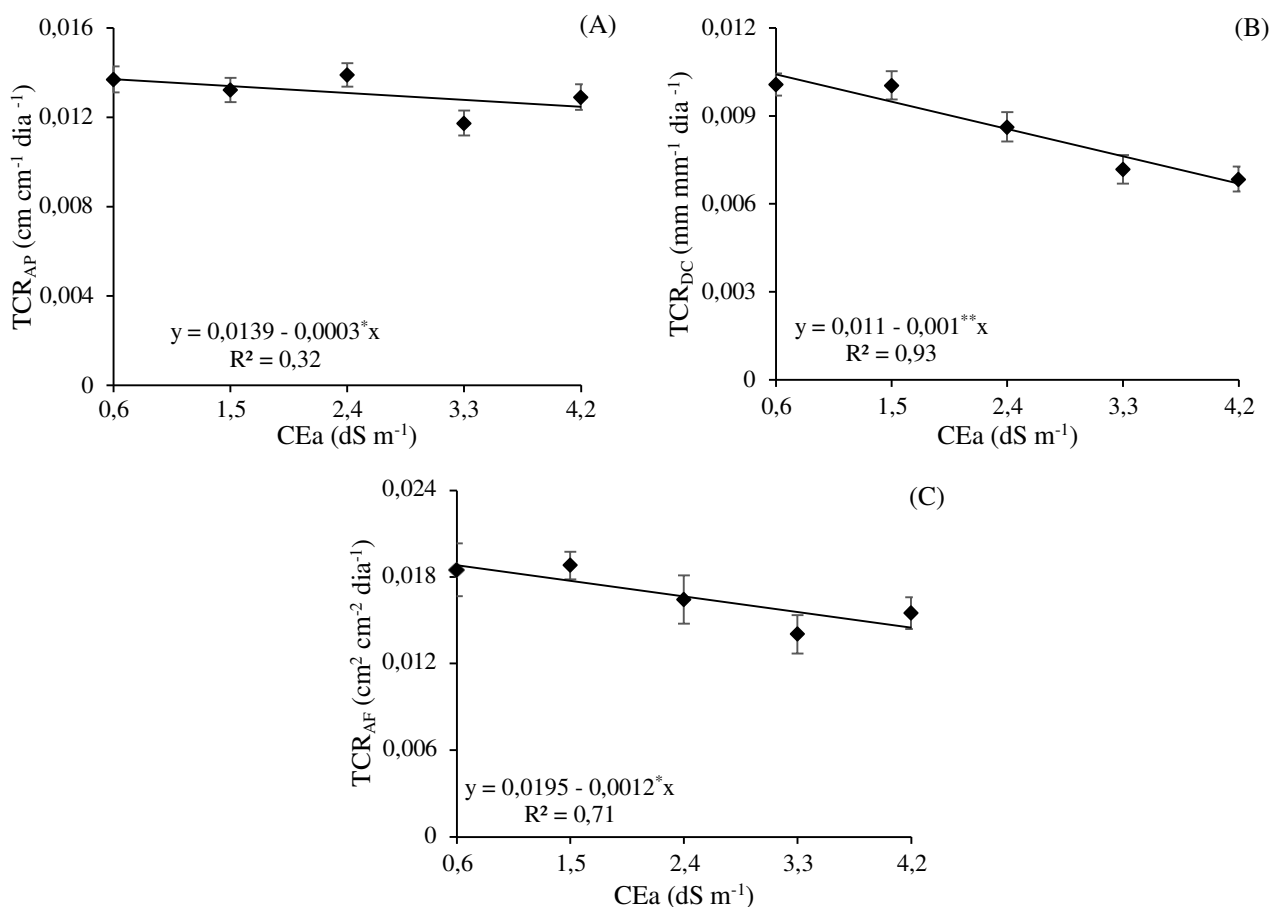
180 dias após a semeadura (DAS), fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), raiz (FSR), total (FST), e índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de goiabeira 'Paluma' irrigada com diferentes níveis de salinidades e submetidas à aplicação exógena de ácido salicílico, aos 180 dias após a semeadura.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios							
		TCR <sub>AP</sub>	TCR <sub>DC</sub>	TCR <sub>AF</sub>	FSF	FSC	FSR	FST	IQD
Níveis salinos (NS)	4	0,000014**	0,000047**	0,000082*	34,70**	44,22**	43,50**	362,98**	3,09**
Regressão linear	1	0,000019*	0,000174**	0,000232**	137,35**	173,99**	671,79**	1407,20**	11,47**
Regressão quadrática	1	0,000000 <sup>ns</sup>	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000008 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	31,10**	18,36 <sup>ns</sup>	0,47**
Ácido salicílico (AS)	4	0,000005 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000052 <sup>ns</sup>	2,43 <sup>ns</sup>	2,27 <sup>ns</sup>	0,66*	14,04*	0,07*
Regressão linear	1	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000011*	0,000132*	0,65 <sup>ns</sup>	2,84 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	10,12 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,000017*	0,000001 <sup>ns</sup>	0,000067 <sup>ns</sup>	4,89**	1,54 <sup>ns</sup>	7,51**	22,88*	0,24**
Interação (NS × AS)	16	0,000002 <sup>ns</sup>	0,000003 <sup>ns</sup>	0,000043 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	4,29 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Blocos	3	0,000024**	0,000062**	0,000025**	4,77**	14,07**	1,13**	25,77**	0,01 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	0,000004	0,000002	0,000025	1,09	1,02	0,24	4,19	0,02
CV %		14,81	17,00	30,11	24,51	24,68	18,70	20,20	19,25

<sup>ns</sup>, \*\*, \*Respectivamente não significativos; Significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$

As taxas de crescimento relativo em altura de planta (TCR<sub>AP</sub>), diâmetro do caule (TCR<sub>DC</sub>) e área foliar (TCR<sub>AF</sub>) foram negativamente afetadas pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 4). Um efeito linear decrescente pode ser observado com decréscimos por incremento unitário da CEa de 2,16, 9,09 e 6,15% em TCR<sub>AP</sub>, TCR<sub>DC</sub> e TCR<sub>AF</sub>, respectivamente. Ao comparar as mudas de goiabeira 'Paluma' irrigadas com CEa de 4,2 dS m<sup>-1</sup> com aquelas cultivadas sob CEa de 0,6 dS m<sup>-1</sup>, nota-se uma redução de 7,87% (0,0011 cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) no TCR<sub>AP</sub>, 34,62% (0,0036 nm mm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) no TCR<sub>DC</sub> e 23% (0,0043 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) no TCR<sub>AF</sub>, no período de 104 a 180 DAS.

Resultados semelhantes foram observados por Bezerra et al. (2018a) em estudo realizado com goiaba 'Paluma' sob estresse salino (CEa variando de 0,3 a 3,5 dS m<sup>-1</sup>), no qual verificaram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação afetou negativamente as taxas de crescimento absoluto e relativo das plantas. A redução no crescimento da altura da planta e do diâmetro do caule é resultado de alterações no potencial hídrico do solo causadas pelo excesso de sais, o que restringe a absorção de água, diminuindo a pressão de turgescência e a atividade celular das plantas, por inibir a expansão e o alongamento celular (LOPES et al., 2019). Redução da área foliar (Figura 4C) pode ser considerada um mecanismo para proteger as plantas do estresse salino, pois leva a uma diminuição na absorção de água e íons tóxicos que resultariam em danos a processos bioquímicos essenciais (DIAS et al, 2020).



Barra vertical representa o erro padrão da média (n = 4).

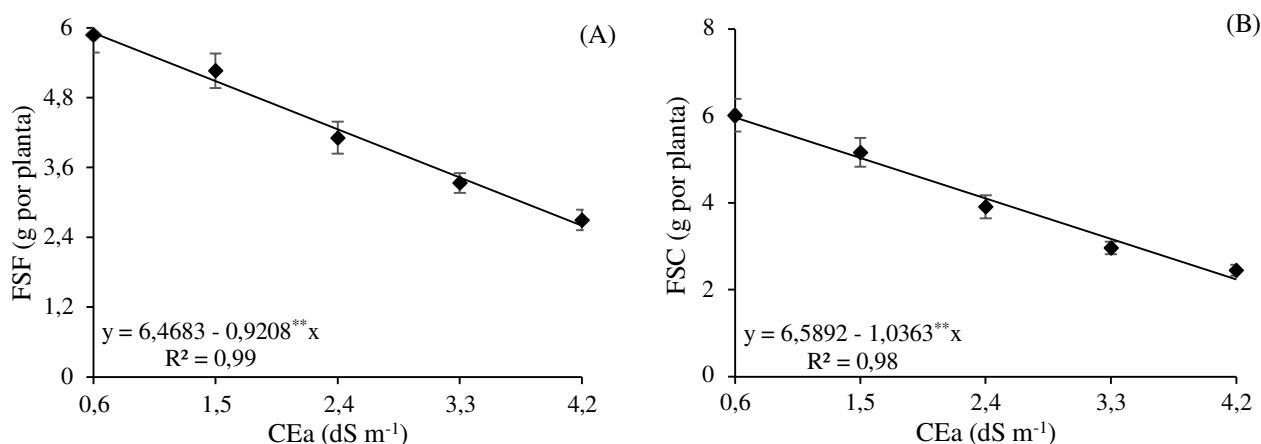
**Figura 4.** Taxa de crescimento relativo em altura de plantas – TCR<sub>AP</sub> (A), diâmetro do caule – TCR<sub>DC</sub> (B) e área foliar – TCR<sub>AF</sub> (C) de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água – CEa, no período de 104 e 180 dias após a semeadura.

O aumento na salinidade da água afetou negativamente o acúmulo de fitomassa seca de folhas e de caule das plantas de goiabeira (Figura 5A e 5B), cujos declínios foram de 14,23% e 15,72% por aumento unitário, respectivamente. Ao comparar a FSF e FSC das plantas irrigadas com o maior nível salino (4,2 dS m<sup>-1</sup>) em relação as submetidas a CEa de 0,6 dS m<sup>-1</sup>, verifica-se redução de 56,01 e 62,48%, respectivamente.

O dispêndio energético para manutenção das atividades metabólicas induz alterações no crescimento das plantas, como observado através da redução na TCR<sub>AP</sub>, TCR<sub>DC</sub>, TCR<sub>AF</sub>. Quando as plantas absorvem água com excesso de sais (principalmente Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>), esses íons se acumulam nos tecidos celulares causando fechamento estomático, redução nas trocas gasosas e danos ao maquinário fotossintético, o que resulta em menor assimilação de CO<sub>2</sub>, desequilíbrios nutricionais, diminuição no turgor, redução na

expansão e divisão celular, acarretando menor crescimento e conseqüente acúmulo de biomassa (BONACINA et al., 2022).

Bezerra et al. (2018c) em pesquisa avaliando o crescimento de plantas enxertadas de goiabeira ‘Paluma’ submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (CEa entre 0,3 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>) e doses de adubação nitrogenada (70, 100, 130 e 160% de N, da dose recomendada para a cultura), verificaram que a salinidade na água de irrigação afetou negativamente o número de folhas, área foliar, diâmetro do caule e fitomassa seca da parte aérea das plantas de goiabeira ‘Paluma’.



Barra vertical representa o erro padrão da média (n=4).

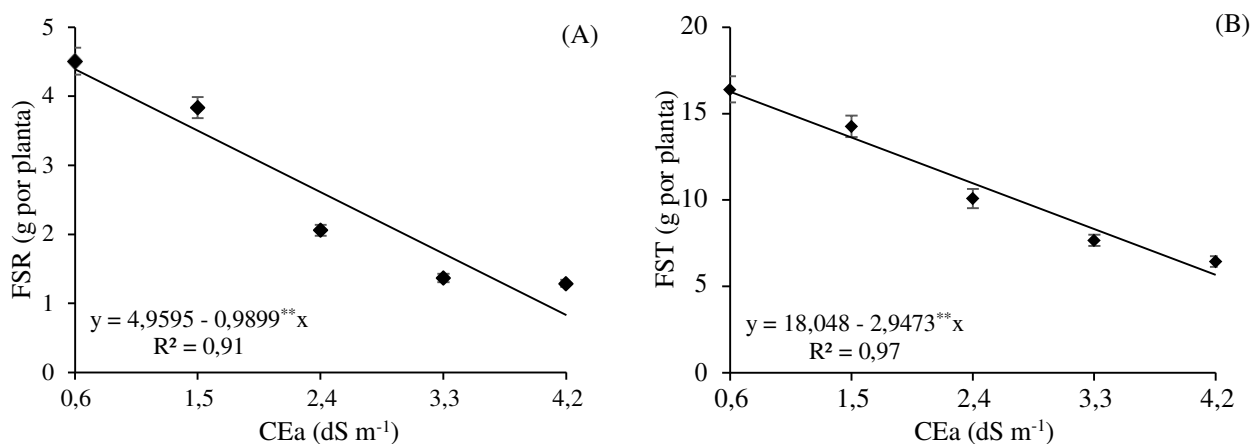
**Figura 5.** Fitomassa seca de folhas - FSF (A) e de caule – FSC (B) das plantas de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 180 dias após a semeadura.

A salinidade da água de irrigação provocou redução no acúmulo de fitomassa seca de raiz (Figura 6A), com decréscimos de 19,95% por incremento unitário da CEa. Comparando-se a FSR das plantas cultivadas sob condutividade elétrica de 4,2 dS m<sup>-1</sup> em relação as que receberam o menor nível salino (0,6 dS m<sup>-1</sup>), verifica-se redução de 81,65% (3,56 g por planta). Também se observa que a salinidade da água provocou redução na fitomassa seca total (Figura 6B) com decréscimo de 16,32% por aumento unitário da CEa, e quando comparadas a FST das plantas irrigadas com água de maior salinidade (4,2 dS m<sup>-1</sup>) e as submetidas a menor CEa (0,6 dS m<sup>-1</sup>), constata-se redução de 65,17% (10,61 g por planta).

A redução na biomassa pode estar associada aos efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas, que reduz a capacidade de absorção de água e causa interferência imediata nos



processos de assimilação de CO<sub>2</sub> e desvio de energia para outros processos, como ajuste osmótico, manutenção de processos metabólicos básicos e reparo de danos causados pelo estresse salino (SILVA et al., 2021b). Em um estudo conduzido por Souza et al. (2017) avaliando a influência em porta-enxerto de goiabeira ‘Paluma’ da irrigação com diferentes níveis salinos (CEa entre 0,3 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>), os autores também verificaram redução linear na FSR das plantas com o incremento na CEa de irrigação.

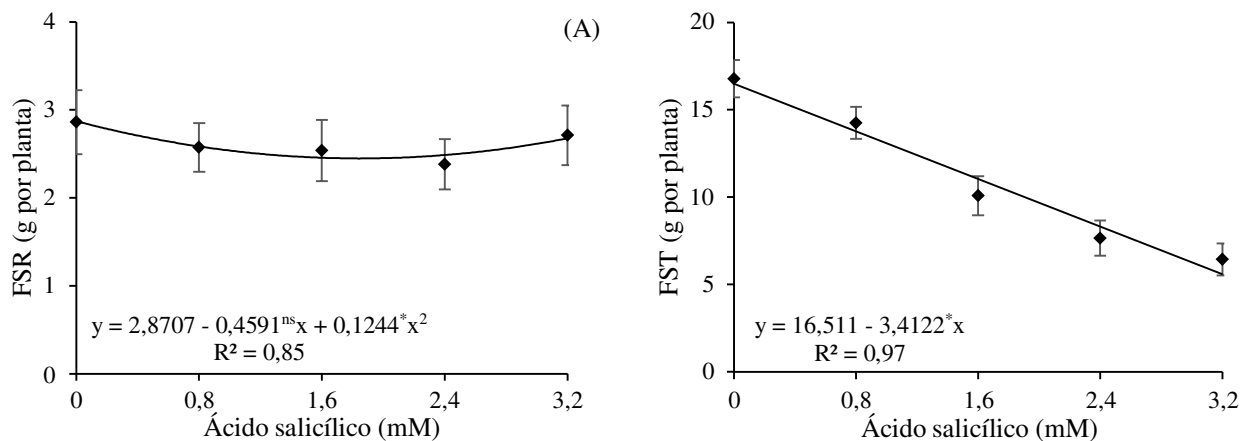


Barra vertical representa o erro padrão da média (n=4).

**Figura 6.** Fitomassa seca de raiz – FSR (A) e total – FST (B) das mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função dos níveis de salinidade da água – CEa, aos 180 dias após a semeadura.

As concentrações de ácido salicílico causaram um efeito significativo no FSR e FST (Figura 7A e 7B) de mudas de goiaba 'Paluma'. De acordo com a equação de regressão (Figura 7A), plantas que não receberam aplicação exógena de AS (0 mM) obtiveram o maior valor de FSR (2,87 g por planta), enquanto aquelas submetidas à concentração de AS de 1,84 mM tiveram o menor valor (2,45 g por planta). As concentrações de ácido salicílico influenciaram negativamente a produção de massa seca total (Figura 7B). As plantas submetidas à maior concentração de ácido salicílico (3,2 mM) reduziram seu FST em 66,13% (10,92 g por planta) em comparação com as do tratamento controle (0 mM).

O ácido salicílico é um importante composto capaz de mitigar os efeitos do estresse salino e está presente em diversos processos fisiológicos das plantas (Silva et al., 2018). No presente estudo, o efeito negativo do AS na FST pode estar associado ao método de aplicação e à concentração utilizada, uma vez que seu uso como mitigador do estresse salino depende de outros fatores como espécie e/ou genótipo e fatores ambientais, bem como fatores abióticos (El-Esawi et al., 2017).



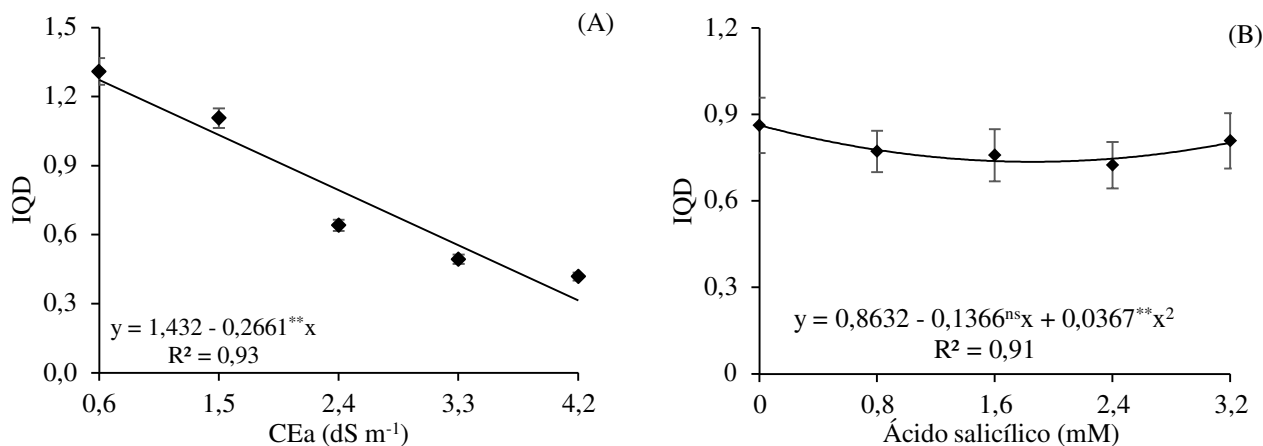
Barra vertical representa o erro padrão da média (n=4).

**Figura 7.** Fitomassa seca de raiz – FSR (A) e total – FST (B) das mudas de goiabeira ‘Paluma’, em função das concentrações de ácido salicílico – AS, aos 180 dias após a sementeira.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi reduzido linearmente com o incremento nos níveis de condutividade elétrica da água (Figura 8A), sendo a diminuição de 18,58% por aumento unitário da CEa. As plantas cultivadas sob salinidade da água de 4,2 dS m<sup>-1</sup> reduziram o IQD em 75,29% em relação as que foram irrigadas com CEa de 0,6 dS m<sup>-1</sup>. O IQD é uma medida morfológica integrada que, por relacionar robustez (altura de planta e diâmetro de caule) com o equilíbrio da distribuição de fitomassa, é considerada um bom indicador de qualidade de mudas a serem utilizadas no campo (LIMA et al., 2021).

Em pesquisa conduzida Souza et al. (2017) com porta-enxerto de goiabeira crioula sob estresse salino, identificaram IQD superior a 0,2 sendo considerados de boa qualidade final para estabelecimento no campo.

Com relação os efeitos das concentrações de AS sobre o índice de qualidade de Dickson (Figura 8B), verifica-se que o valor máximo estimado (0,8625) foi obtido nas plantas submetidas à concentração de 0 mM e o menor valor estimado (0,7415) foi obtido sob a concentração de 1,82 mM de acordo com a equação de regressão. A redução no IQD com o incremento na concentração de AS pode estar relacionada à redução observada na FST (Figura 7B) já que essa é uma das variáveis utilizadas para determinar o IDQ. Apesar da redução no IQD, os valores obtidos neste estudo (variaram de 0,31 a 1,27) o que pode considerar mudas com qualidade aceitável para o cultivo em campo (DICKSON, 1960).



Barra vertical representa o erro padrão da média (n=4).

**Figura 8.** Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de goiabeira ‘Paluma’ em função dos níveis de salinidade da água de irrigação – CEa (A) e das concentrações de ácido salicílico – AS (B), aos 180 dias após semeadura.

De maneira geral, no presente estudo, observou-se que a aplicação foliar de ácido salicílico não induziu a tolerância das plantas ao estresse salino, esse fato pode estar relacionado à frequência de aplicação (15 dias), sendo realizadas apenas sete aplicações durante a pesquisa. Além disso, o efeito benéfico do ácido salicílico depende de vários fatores, incluindo concentração, espécie de planta, estágio de desenvolvimento da cultura e modo de aplicação (SEMIDA et al., 2017); portanto, mais pesquisas são necessárias para entender melhor os efeitos da AS na goiaba.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de até 1,4 mM reduz os efeitos deletérios do estresse salino na eficiência instantânea do uso da água de mudas de goiabeira 'Paluma' aos 180 dias após a semeadura.

2. A transpiração das mudas de goiabeira irrigadas com condutividade elétrica de até  $3,7 \text{ dS m}^{-1}$  é beneficiada pela aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 3,2 mM.

3. As concentrações de ácido salicílico aplicadas via foliar não atenuaram os efeitos nocivos da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento e a qualidade de mudas de goiabeira 'Paluma'.

## 5. REFERÊNCIAS

- Altuntas, O.; Dasgan, H. Y.; Akhoundnejad, Y. Silicon-induced salinity tolerance improves photosynthesis, leaf water status, membrane stability, and growth in pepper (*Capsicum annuum* L.). HortScience, v.53, n.12, p. 1820-1826, 2018.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Lacerda, C. F. de; Lima, B. G. F.; Bonifácio, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. Bioscience Journal, v.35, n.3, p.837-848, 2019.
- Bezerra, I. L.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Santos, J. B.; Fernandes, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. Revista Ambiente e Água, v.13, n.3, p.1-13, 2018b.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Barbosa, J. L. Physiological indices and growth of 'Paluma' guava under saline water irrigation and nitrogen fertigation. Revista Caatinga, v. 31, n.4, p.808-816, 2018a.
- Bezerra, I. L.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Souza, L. de P.; Pinheiro, F. W. A.; Lima, G. S. de. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, n.1, p.32-37, 2018c.
- Bonacina, C.; Cruz, R. M. S. da; Nascimento, A. B.; Barbosa, L. N.; Gonçalves, J. E.; Gazim, Z. C.; Magalhães, H. M.; Souza, S. G. H. de. Salinity modulates growth, oxidative metabolism, and essential oil profile in *Curcuma lona* L. (Zingiberaceae) rhizomes. South African Journal of Botany. v. 146, p. 1-11, 2022.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Melo, A. S. de; Medeiros, L. C. de. Gas exchange and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salinity stress and salicylic acid. Comunicata Scientiae. v. 12, e3664, 2021
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Growth and gas exchanges of cotton under water salinity and nitrogen-potassium combination. Revista Caatinga, v.33, n.2, p.470-479, 2020.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de, Pinheiro, F. W. A., Gheyi, H. R., Soares, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. Revista Caatinga, v.32, n.2, p.429-439, 2019.
- Dias, M. J. T.; Souza, H. A.; Natale, W.; Modesto, V. C.; Rozane, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. Semina: Ciências

- Agrárias, v. 33, Suplemento 1, p. 2837-2848, 2012.
- Dickson, A.; Leaf, A. L.; Hosner, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- El-Esawi, M. A.; Elansary, H. O.; El-Shanhorey, N. A.; Abdel-Hamid, A. M. E., Ali, H. M.; Elshikh, M. S. Salicylic acid-regulated antioxidant mechanisms and gene expression enhance rosemary performance under saline conditions. *Frontiers in Physiology*, v.8, p. 716, 2017.
- 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 Estatística. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.
- Lima, G. S. de; Andrade, J. N. F. de; Medeiros, M. N. V. de ; Soares, L. A. dos A. ; Gheyi, H. R. ; Nobre, R.G ; Fernandes, P. D. ; Lacerda, C. N. Gas exchange, growth, and quality of passion fruit seedlings cultivated with saline water. *Semina: Ciências Agrárias.*, v. 42, n.1 p. 137-154, 2021.
- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Nobre, R. G.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, A. A. R. Gas exchanges and production of colored cotton under salt stress and nitrogen fertilization. *Bioscience Journal*. v.33, n.6, p.1495-1505, 2017.
- Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v. 33, n.1, p.184-194, 2020.
- Lima, L.G.S.; Andrade, A.C.; Silva, R.T.L.; Fronza, D. & Nishijima, T. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: 64ª Reunião Anual da SBPC. São Luiz: UFMA. 2012
- Lopes, M. de F. de Q.; Silva, T. I. da; Nóbrega, J. S.; Silva, R. T. da; Figueiredo, F. R. A.; Bruno, R. de L. A. Crescimento de *Erythrina velutina* willd. submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. *Colloquium Agrariae*, v.15, n. 4, p. 31-38, 2019.
- Manica, I.; Icuma, I. M.; Junqueira, N. T. V.; Salvador, J. O.; Moreira, A.; Malavolta, E. Goiaba: Do plantio ao consumidor: Tecnologia de produção, pós-colheita e comercialização. Porto Alegre: Cinco Continentes, 124p, 2001.

- Medeiros, J. F. de. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992. 173p.
- Mohammadi, H.; Imani, A.; Abdosi, V.; Asghari, M. R.; Talaei, A. R. Exogenous salicylic acid mitigates adverse effects of salinity on some photosynthesis-related parameters of almond. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v.22, n.2, p. 519-534, 2020.
- Montes, R. M.; Parent, L. E.; Amorim, D. A. de; Rozane, D. E. ; Parent, S. E.; Natale, W.; Modesto, V. C. Nitrogen and potassium fertilization in a guava orchard evaluated for five cycles: soil cationic balance. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, e0140533, 2016.
- Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. A.; Silva, T. I. da; Ribeiro, J. E. da S. .; Fátima, R. T. de; Ferreira, J. T. A.; Albuquerque, M. B. de; Dias, T. J.; Bruno, R. de L. A. . Water salinity and salicylic acid on tomato plants growth. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, 2021.
- 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. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, DF: Embrapa sea. Cap. 2, p.189-198, 1991.
- Rajeshwari, V.; Bhuvaneshwari, V. Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. *International Journal of Plant Biology and Research*, v.5, n.3, p.1067-1073, 2017.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkail soils. Washington: U. S, Department of Agriculture. 160p. 1954. U.S. Handbook, 60.
- Rodrigues, V. dos S.; Bezerra, F. M. L.; Sousa, G. G. de; Fiusa, J. N.; Leite, K. N.; Viana, T. V. de A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, n.2, p.101-105, 2020.
- Sá, F. V. da S.; Souto, L. S.; Paiva, E. P. de; Torres, S. B.; Oliveira, F. A. de. Initial development and tolerance of pepper species to salinity stress. *Revista Caatinga*, v. 32, n.3, p. 826-833, 2019.
- Silva, A. A. R da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, A. R. de; Fernandes, P. D. Salicylic acid relieves the effect of saline stress on soursop morphology. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, e007021, 2021a.

- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A.; Gheyi, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. *Revista Caatinga*, v.33, n.4, p. 1092-1101, 2020.
- Silva, S. S. da; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Fernandes, P. D. Quantum yield, photosynthetic pigments and biomass of mini-watermelon under irrigation strategies and potassium. *Revista Caatinga*, v.34, n.3, p.659-669, 2021b.
- Silva, T. I.; Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. A.; Sousa, L. V.; Ribeiro, J. E. S.; Bruno, R. L. A.; Dias, T. J.; Albuquerque, M. B. *Ocimum basilicum* L. seeds quality as submitted to saline stress and salicylic acid. *Journal of Agricultural Science*, v.10, n.5, p. 159-166, 2018.
- Soares, L. A. dos A.; Oliveira, S. G. de; Lima, G. S. de; Fernandes, P. D.; Araújo, R. H. C. R.; Fernandes, E. A. Physiological changes of pomegranate seedlings under salt stress and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n.7, p.453-459, 2021.
- Souza, L. de P.; Sena, G. S. A. de; Nobre, R. G.; Barbosa, J. L.; Souza, C. M. A. de; Elias, J. J. Formação de porta-enxerto de goiabeira submetidas a diferentes salinidades da água e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n.4, p. 1578-1587, 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilidade de recursos hídricos na região semiárida de qualidade e em quantidade suficiente para suprir as demandas de irrigação das culturas é baixa, devido às características edafoclimáticas da região. As fontes de água presentes na região apresentam em sua grande parte salinidade elevadas que pode trazer danos tanto ao desenvolvimento e produção das culturas quanto aos solos. Dessa forma se faz necessário a busca constante por técnicas que permitam a utilização das águas de qualidade inferior para a produção de alimentos capazes de suprir a demanda do mercado. Partindo das circunstâncias apresentadas, buscou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento, índices fisiológicos e qualidade de mudas de goiabeira 'Paluma' irrigadas com águas salinas e aplicação foliar de ácido durante a fase de formação de porta-enxertos.

Em uma análise geral dos resultados obtidos, identificou-se que a goiabeira 'Paluma' é uma cultura sensível à salinidade, com decréscimos no crescimento, índices fisiológicos e índice de qualidade de Dickson a partir de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Destaca-se também que o efeito deletério do estresse salino teve maior magnitude nas plantas submetidas ao maior nível de condutividade elétrica de irrigação ( $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ ). Quando avaliadas em relação à aplicação do ácido salicílico, não foi possível estabelecer-se uma única concentração com efeito atenuador nos diferentes aspectos avaliados nas mudas de goiabeira.

Porém, de maneira geral, pode-se dizer que as plantas submetidas a concentrações de até  $1,5 \text{ mM}$  de ácido salicílico demonstraram melhores resultados obtidos de teor relativo de água, porcentagem de extravasamento de eletrólitos, pigmentos fotossintéticos, eficiência instantânea no uso da água e fluorescência da clorofila quando comparados aos tratamentos sob mesma salinidade sem a aplicação do ácido, podendo-se partir dessa concentração para estudos posteriores.

Por fim, com base nos resultados alcançados e a falta de estudos utilizando o ácido salicílico como mitigador do estresse salino em plantas de goiabeira, sugere-se que mais pesquisas avaliando diferentes combinações entre condutividade elétrica e ácido salicílico sejam realizados para estabelecer as melhores concentrações em que a produção de mudas de qualidade seja possível permitindo assim, um melhor desenvolvimento do cultivo da goiabeira na região semiárida nordestina.