



**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**

**ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NO  
CULTIVO HIDROPÔNICO DE PEPINO JAPONÊS**

**VALESKA KAROLINI NUNES OLIVEIRA DE SÁ**

Campina Grande - PB  
2023

**VALESKA KAROLINI NUNES OLIVEIRA DE SÁ**

Engenheira Agrônoma

**ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NO CULTIVO  
HIDROPÔNICO DE PEPINO JAPONÊS**

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. Geovani Soares de Lima

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Campina Grande – PB  
2023

S111a Sá, Valeska Karolini Nunes Oliveira de.  
Ácido salicílico como atenuante do estresse salino no cultivo hidropônico de pepino japonês / Valeska Karolini Nunes Oliveira de Sá. – Campina Grande, 2023.  
106 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2023.  
"Orientação: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares".  
Referências.

1. Pepino (*Cucumis sativus* L.). 2. Irrigação e Drenagem. 3. Estresse Salino. 4. Fitormônio. I. Lima, Geovani Soares de. II. Soares, Lauriane Almeida dos Anjos. III. Título.

CDU 635.63(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/25



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

## **FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES**

**VALESKA KAROLINI NUNES OLIVEIRA DE SÁ**

**ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO  
ESTRESSE SALINO NO CULTIVO HIDROPÔNICO  
DE PEPINO JAPONÊS**

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

Aprovada em: 18/07/2023

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

Lauriane Almeida dos Anjos Soares - Coorientador(a) - CCTA/UF CG

Maria Sallydelândia Sobral de Farias - Examinador(a) Interno(a) -PPGEA/CTRN/UF CG

André Alisson Rodrigues da Silva - Examinador(a) Externo(a) - PDJ/UF CG

Luderlândio de Andrade Silva - Examinador(a) Externo(a) - PDCTR/UF CG



Documento assinado eletronicamente por **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-VISITANTE**, em 21/07/2023, às 12:10, 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(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/07/2023, às 13:22, 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 **LUDERLANDIO DE ANDRADE SILVA, Usuário Externo**, em 22/07/2023, às 15:08, 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 **André Alisson Rodrigues da Silva, Usuário Externo**, em 22/08/2023, às 10:15, 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 **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 22/08/2023, às 10:31, 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 **3603115** e o código CRC **BC147914**.

*Aos meus orientadores por sempre estar presente e me mostrando o caminho certo a seguir, por todo o amor, dedicação e cuidado, exponho aqui minha eterna gratidão.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela força coragem e sabedoria dada durante toda a minha caminhada, por ser minha fortaleza e meu guia em todas as minhas lutas.

Aos meus avós, Manoel Francisco e Maria Vilma, por terem me dado todo amor e carinho do mundo.

A minha mãe, Valdete Nunes, e a minha irmã, Tais Cristina, e a todos meus familiares por terem feito parte da minha vida.

A meu marido Jefferson Lucas, por todo o apoio, amor e compreensão nos momentos de estresse.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, por todo o conhecimento adquirido.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Geovani Soares de Lima e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lauriane Almeida dos Anjos Soares pela paciência, dedicação, orientação, e por toda disponibilidade e ensinamento durante essa caminhada, e me ajudando a tornar possível essa minha realização.

À Banca Examinadora, pelas sugestões atribuídas ao meu trabalho.

Aos meus amigos, Maíla Viera, Alesia Alves, Allysson Jonhny, Smyth Trotsk, Rafaela Sousa, Rafaela Torres, Jean Paiva, Luderlândio Andrade, Claudiene Moura, Amanda Guedes, todos aos colegas do grupo MSAP pelos momentos de estudos e pelas trocas de conhecimento, conselhos e carinho demonstrado durante a vida.

A todos que fazem o corpo de técnicos, professores, porteiros, auxiliares de serviços e demais funcionários da Universidade Federal de Campina Grande, que fizeram parte dessa caminhada.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta conquista, o meu eterno obrigado!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMO GERAL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>GENERAL ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I - Contextualização da pesquisa</b> .....	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
2.1 Geral	18
2.2 Específicos	18
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
3.1. Aspectos gerais da cultura do pepino japonês	19
3.2. Disponibilidade hídrica na região semiárida brasileira	20
3.3. Tolerância das plantas à salinidade	20
3.3.1 Cultivo de hortaliças utilizando águas salinas	22
3.4. Cultivo em sistema hidropônico	23
3.5. Ácido salicílico na mitigação do estresse salino	25
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO II - Índices fisiológicos e crescimento de pepino hidropônico sob soluções nutritivas salinas e ácido salicílico</b> .....	<b>33</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>34</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>35</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>37</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>44</b>
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	<b>58</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO III - Ácido salicílico ameniza o estresse salino sobre a fisiologia, produção e qualidade pós-colheita do pepino japonês hidropônico</b> .....	<b>65</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>66</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>67</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>68</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>69</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>77</b>
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	<b>96</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>96</b>



**CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 104**

## LISTA DE TABELAS

Pág.

---

### Capítulo II. Índices fisiológicos e crescimento de pepino hidropônico sob soluções nutritivas salinas e ácido salicílico.

<b>Tabela 1.</b>	Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva indicada por Hoagland e Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do pepino japonês....	39
<b>Tabela 2.</b>	Quantidades de sais incorporados na solução nutritiva salina (100 L) .....	39
<b>Tabela 3.</b>	Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), porcentagem de extravasamento de eletrólitos (%EE) no limbo foliar, condutância estomática ( <i>gs</i> ), transpiração ( <i>E</i> ), concentração interna de CO <sub>2</sub> ( <i>Ci</i> ) e a taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> ( <i>A</i> ) das plantas de pepino japonês cultivada com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplantio.....	45
<b>Tabela 4.</b>	Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila a (Cl <i>a</i> ), <i>b</i> (Cl <i>b</i> ), total (Cl <i>t</i> ) e carotenoides (Car) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplantio.....	48
<b>Tabela 5.</b>	Resumo da análise de variância referente à taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR <sub>AP</sub> ), diâmetro do caule (TCR <sub>DC</sub> ) e área foliar (TCR <sub>AF</sub> ) das plantas de pepino japonês cultivada com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, no período de 17 a 30 dias após o transplantio.....	51
<b>Tabela 6.</b>	Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC) e de raiz (FSR) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação foliar de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplantio.....	53
<b>Tabela 7.</b>	Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca total (FST), raiz/parte aérea (R/PA) e volume da raiz (VR) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplantio.....	55

---

### Capítulo III. Ácido salicílico ameniza o estresse salino sobre a fisiologia, produção e qualidade pós-colheita do pepino japonês hidropônico.

<b>Tabela 1.</b>	Composição química dos nutrientes presentes da solução nutritiva geral indicada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do pepino japonês.....	71
<b>Tabela 2.</b>	Quantidades de sais incorporados na solução nutritiva salina.....	72
<b>Tabela 3.</b>	Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (%EE) no limbo foliar, concentração interna de CO <sub>2</sub> ( <i>Ci</i> ), condutância estomática ( <i>gs</i> ), transpiração ( <i>E</i> ) e taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> ( <i>A</i> ) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação foliar de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio.....	77

<b>Tabela 4.</b>	Resumo da análise de variância referente a clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> ), clorofila total (Cl <i>t</i> ) e carotenoides (Car) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio.....	82
<b>Tabela 5.</b>	Resumo da análise de variância referente a 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> ), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F <sub>s</sub> ), eficiência quântica do fotossistema II na fase clara (YII) e taxa de transporte de elétrons (ETR) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio.....	85
<b>Tabela 6.</b>	Resumo da análise de variância referente ao número de frutos (NF), peso médio de fruto (PMF), produção total por planta (PTP), comprimento médio de fruto (CMF) e diâmetro médio de fruto (DMF) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplantio.....	89
<b>Tabela 7.</b>	Resumo da análise de variância referente ao potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico (AA) e acidez titulável (AT) dos frutos de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplantio.....	92

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Capítulo II. Índices fisiológicos e crescimento de pepino hidropônico sob soluções nutritivas salinas e ácido salicílico.</b>	
<b>Figura 1.</b> Dados de temperaturas máximas, médias e mínimas diárias e umidade relativa média do ar observadas na área interna da casa de vegetação durante o período experimental.....	37
<b>Figura 2.</b> Vista lateral (A) e vista superior (B) do sistema hidropônico utilizado para condução da pesquisa.....	38
<b>Figura 3.</b> Semeadura do pepino japonês em recipientes plásticos (A) e disposição das plantas nos perfis hidropônicos (B), aos 8 dias após o transplantio.....	40
<b>Figura 4.</b> Estrutura de uma lona plástica utilizada para evitar deriva do ácido salicílico.....	41
<b>Figura 5.</b> Conteúdo relativo de água - CRA (A) das plantas de pepino japonês, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplantio.....	46
<b>Figura 6.</b> Condutância estomática - <i>gs</i> (A) em função dos níveis de CEsn das plantas de pepino japonês cultivado em sistema hidropônico, concentração interna de CO <sub>2</sub> - <i>Ci</i> (B) das plantas de pepino japonês, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico- AS, aos 30 dias após o transplantio.....	47
<b>Figura 7.</b> Teores de clorofila <i>a</i> - <i>Cl a</i> (A) das plantas de pepino japonês em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e concentrações de ácido salicílico - AS, e teores de clorofila <i>b</i> - <i>Cl b</i> (B) em função dos níveis CEsn, aos 30 dias após o transplantio.....	49
<b>Figura 8.</b> Teores de clorofila total - <i>Cl t</i> (A) e carotenoides - <i>Car</i> (B) das plantas de pepino japonês, em função da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplantio.....	50
<b>Figura 9.</b> Taxa de crescimento relativo de altura de planta - TCR <sub>AP</sub> (A), diâmetro do caule- TCR <sub>DC</sub> (B) e área foliar- TCR <sub>AF</sub> (C), de plantas de pepino japonês em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, no período de 17 a 30 dias após o transplantio.....	52
<b>Figura 10.</b> Fitomassa seca de folhas - FSF (A), de caule - FSC (B) e de raiz - FSR (C) das plantas de pepino japonês, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplantio.....	54
<b>Figura 11.</b> Fitomassa seca da parte aérea - FSPA (A), fitomassa seca total - FST (B), relação raiz/parte aérea - R/PA (C) e volume da raiz - VR (D) das plantas de pepino japonês, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplantio.....	56

**Capítulo III. Ácido salicílico ameniza o estresse salino sobre a fisiologia, produção e qualidade pós-colheita do pepino japonês hidropônico.**

<b>Figura 1.</b>	Dados de temperaturas máximas, médias e mínimas diárias e umidade relativa média do ar observadas no interior da casa de vegetação durante o período experimental.....	70
<b>Figura 2.</b>	Vista lateral (A) e vista superior (B) do sistema hidropônico utilizado para condução da pesquisa.....	71
<b>Figura 3.</b>	Semeadura do pepino japonês em recipientes plásticos (A) e disposição das plantas nos perfis hidropônicos (B), aos 8 dias após o transplantio.....	73
<b>Figura 4.</b>	Conteúdo relativo de água - CRA (A) e extravasamento de eletrólitos do limbo foliar - EE (B) das plantas de pepino japonês em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio...	78
<b>Figura 5.</b>	Concentração interna de CO <sub>2</sub> - Ci (A), condutância estomática - gs (B), transpiração - E (A) e taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> - A (D) das plantas de pepino japonês em função da interação dos níveis da condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio.....	80
<b>Figura 6.</b>	Teores de clorofila a - Cl a (A) e clorofila total - Cl t (B), em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, teores de clorofila b - Cl b (C) e carotenoides - Car (D) em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva das plantas de pepino japonês cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio.....	83
<b>Figura 7.</b>	Fluorescência inicial - F <sub>0</sub> (A), fluorescência máxima - F <sub>m</sub> (B) e fluorescência variável - F <sub>v</sub> (C) em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e, superfície de resposta para eficiência quântica do fotossistema II - F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> (D) das plantas de pepino japonês em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico- AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio....	86
<b>Figura 8.</b>	Fluorescência inicial antes do pulso de saturação - F <sub>s</sub> (A) e eficiência quântica do fotossistema II na fase clara - Y <sub>II</sub> (B) das plantas de pepino japonês em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn), cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio.....	88
<b>Figura 9.</b>	Número de frutos por planta - NF (A), peso médio de fruto - PMF (B) e produção total por planta - PTP (C) das plantas de pepino japonês em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplantio.....	90
<b>Figura 10.</b>	Comprimento - CMF (A) e diâmetro - DMF (B) médio dos frutos de pepino japonês cultivado em sistema hidropônico em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn), aos 45 dias após o transplantio.....	92
<b>Figura 11.</b>	Potencial hidrogeniônico - pH (A), sólidos solúveis - SS (B), ácido ascórbico - AA (C) e acidez titulável - AT (D) dos frutos de pepino japonês em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplantio.....	94

OLIVEIRA, V. K. N. **Ácido salicílico como atenuante do estresse salino no cultivo hidropônico de pepino japonês** 2023. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Linha de Concentração - Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

## RESUMO GERAL

Na última década, com o acelerado crescimento populacional e a escassez de recursos hídricos tornou-se, uma necessidade a utilização de sistemas de cultivo cada vez mais eficientes para garantia da produção de alimentos. No entanto, para o uso de águas salobras, torna-se indispensável o uso de estratégias capazes de minimizar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas. Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito das concentrações de ácido salicílico na fisiologia, crescimento, produção e qualidade pós-colheita de frutos de pepino japonês cultivado sob soluções nutritivas salinas em sistema hidropônico. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, em Pombal – PB, utilizando-se o sistema de cultivo hidropônico tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes - NFT. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1, 3,6, 5,1, e 6,6 dS m<sup>-1</sup>) e as subparcelas constituídas pelas concentrações de ácido salicílico (0, 1,8, 3,6 e 5,4 mM) com quatro repetições e duas plantas por parcela, as concentrações de ácido salicílico foram aplicadas via foliar. A condutividade elétrica da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente o crescimento, os pigmentos fotossintéticos, a fisiologia, a produção e a qualidade pós-colheita do pepino. A concentração de 3,7 mM de ácido salicílico, juntamente com uma solução nutritiva salina de 5,1 dS m<sup>-1</sup>, resultou em maior conteúdo relativo de água no limbo foliar das plantas de pepino japonês. A concentração de 1,8 mM de ácido salicílico aumentou a taxa de crescimento relativo em área foliar das plantas de pepino sob solução nutritiva salina de 2,1 dS m<sup>-1</sup>. A aplicação exógena de 5,4 mM de ácido salicílico, combinada com uma solução nutritiva salina de 6,6 dS m<sup>-1</sup>, aumentou a relação raiz/parte aérea das plantas. O ácido salicílico nas concentrações de 1,4 a 2,0 mM reduziu os efeitos negativos do estresse salino na produção e qualidade pós-colheita dos frutos de pepino sob solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus* L., estresse salino, fitormônio.

OLIVEIRA, V. K. N. **Salicylic acid as an attenuator of salt stress in hydroponic cultivation of Japanese cucumber** 2023. 103p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering, Concentration Line - Irrigation and Drainage) - Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

### GENERAL ABSTRACT

In the last decade, with the accelerated population growth and the scarcity of water resources, it has become a necessity to use increasingly efficient cultivation systems to guarantee food production. However, for the use of brackish water, it is essential to use strategies capable of minimizing the deleterious effects of saline stress on plants. In this context, the objective of the present study was to evaluate the effect of salicylic acid concentrations on the physiology, growth, production and postharvest quality of Japanese cucumber fruits cultivated under saline nutrient solutions in a hydroponic system. The work was carried out in a greenhouse, in Pombal - PB, using the hydroponic cultivation system of the Nutrient Lamina Flow Technique - NFT. A completely randomized design in a split-plot scheme was used, with the plots consisting of four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC<sub>sn</sub> (2.1, 3.6, 5.1, and 6.6 dS m<sup>-1</sup>) and the subplots salicylic acid concentrations (0, 1.8, 3.6 and 5.4 mM) with four replications and two plants per plot, salicylic acid concentrations were applied via foliar application. The electrical conductivity of the nutrient solution above 2.1 dS m<sup>-1</sup> negatively affected growth, photosynthetic pigments, physiology, production and postharvest quality of cucumber. The concentration of 3.7 mM salicylic acid, together with a saline nutrient solution of 5.1 dS m<sup>-1</sup>, resulted in higher relative water content in the leaf blade of Japanese cucumber plants. The concentration of 1.8 mM salicylic acid increased the relative growth rate in leaf area of cucumber plants under 2.1 dS m<sup>-1</sup> saline nutrient solution. The exogenous application of 5.4 mM salicylic acid, combined with a 6.6 dS m<sup>-1</sup> saline nutrient solution, increased the root/shoot ratio of the plants. Salicylic acid at concentrations of 1.4 to 2.0 mM reduced the negative effects of saline stress on production and postharvest quality of cucumber fruits under 2.1 dS m<sup>-1</sup> nutrient solution.

**Keywords:** *Cucumis sativus* L., saline stress, phytohormone.

## **CAPÍTULO I**

---

### **CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA**



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O pepino (*Cucumis sativus* L.) é uma olerícola pertencente à família das Cucurbitáceas que se destaca como uma opção de renda para os pequenos e médios produtores, possibilitando rápido retorno financeiro em virtude de sua precocidade (PREVITAL et al., 2022). É composto por cerca de 95% de água e é uma fonte rica em vitaminas A, B, C e K, além de minerais, podendo ser consumido fresco em saladas, utilizado em conservas, ensopados, sanduíches, ou ainda ser usado como matéria-prima na indústria cosmética e farmacêutica (CARVALHO et al., 2013).

Em 2017, o Brasil ocupou o quarto lugar no ranking mundial de produção de pepino, sendo a produção nacional dessa cultura de 184.161 toneladas, destacando-se os estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais como os maiores produtores (IBGE, 2022). As águas encontradas na região semiárida do Nordeste brasileiro são escassas, devido à ocorrência de distribuição irregular das precipitações, altas taxas de evapotranspiração e temperaturas e baixa umidade relativa, favorecendo o acúmulo de sais no solo e nas fontes hídricas (ARAÚJO NETO, 2017).

O excesso de sais na água e/ou no solo restringe a disponibilidade de água para as plantas, em virtude da redução do potencial osmótico da solução do solo. Além disso, o acúmulo de íons de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  pode promover toxicidade específica e desequilíbrio nutricional, com a diminuição do transporte de nutrientes nas plantas, inibindo o crescimento e a produção das culturas (BONIFÁCIO et al., 2018). As plantas sob estresse salino tendem a diminuir a absorção de água, induzindo o fechamento parcial dos estômatos, reduzindo a transpiração e a fixação de  $\text{CO}_2$ , limitando atividade fotossintética, pela redução na assimilação de  $\text{CO}_2$  e eficiência do uso da água (FIGUEIREDO et al., 2019). Devido a essa problemática, torna-se uma necessidade o uso de estratégias para o uso eficiente da água e minimizar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas (VIOL et al., 2017).

Neste contexto, o cultivo hidropônico se destaca como técnica promissora para o cultivo em áreas semiáridas, pois consiste no cultivo sem solo, onde as raízes das plantas estão submersas em um meio líquido e recebem uma solução nutritiva composta de água e nutrientes para o desenvolvimento da planta (SOARES et al., 2015; SILVA et al., 2018). No sistema hidropônico o potencial total da água depende do potencial osmótico, uma vez que o matricial é virtualmente nulo na ausência de solo (CRUZ et al., 2018; LIRA et al., 2018), tal situação ameniza os efeitos do estresse salino nas plantas.

O cultivo em sistema hidropônico é uma técnica que proporciona menor tempo para colheita, otimiza no consumo de água e reduz de mão de obra, além disso, fornece produtos

com maior tempo de prateleira (PAULUS, 2012). Várias pesquisas comprovam amplamente que o uso de águas salinas em cultivo de hortaliças, especialmente no cultivo hidropônico, está relacionado à ausência do potencial matricial (CRUZ et al., 2018; LIRA et al., 2018).

Outra estratégia para amenizar os efeitos do estresse salino sobre as plantas é a indução de mecanismos de defesa visando a tolerância das plantas ao estresse salino, destacando-se a aplicação foliar de ácido salicílico (SILVA et al., 2020). O ácido salicílico (AS) é um composto fenólico natural produzido naturalmente pelas plantas, sendo amplamente distribuído, tanto nas estruturas reprodutivas quanto nas folhas. O AS está envolvido em processos, como indução floral, abertura e fechamento estomático, absorção de íons, fotossíntese e transpiração (FIGUEIREDO et al., 2019; SILVA et al., 2020). Além disso, atua na proteção das membranas celulares, aumenta o metabolismo do carbono, o sistema antioxidante e, a regulação das proteínas de defesa do estresse (KANG et al., 2012; SHARMA et al., 2017).

Por sua vez, em plantas sob estresse salino a aplicação exógena de ácido salicílico aumentou a atividade antioxidante, bem como o teor de prolina, o que revelou um possível papel regulador do referido ácido em níveis transcricionais e/ou tradicionais (ALAM et al., 2023). A aplicação exógena de ácido salicílico vem sendo estudada, principalmente, como indutor de tolerância ao estresse salino em várias espécies, tais como no tomateiro irrigado sob salinidade da água (0,5, 1,3, 3,25, 5,2 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>) e cinco concentrações de ácido salicílico (0,0, 0,29, 1,0, 1,71 e 2,0 mM), cujas taxas de crescimento absoluto e relativo em altura das plantas foram estimuladas pela aplicação de AS na concentração de 1,71 mM (NOBREGA et al., 2021). Silva et al. (2022) em pesquisa com pimentão cv. All Big sob irrigação com águas salinas (0,8, 1,6, 2,4 e 3,2 dS m<sup>-1</sup>), verificaram que a concentração de 1,6 mM de ácido salicílico atenuou os efeitos do estresse salino nas trocas gasosas, no crescimento e produção, e diminuiu o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas.

Considerando a importância socioeconômica desta olerícola e a escassez de estudos avaliando os efeitos do ácido salicílico na fisiologia, crescimento, produção e pós-colheita do pepino hidropônico sob condições de estresse salino, torna-se de extrema importância o desenvolvimento de estratégias capazes de amenizar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas como opção para geração de renda no semiárido do Nordeste do Brasil.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar os efeitos das concentrações de ácido salicílico como atenuante do estresse salino na fisiologia, crescimento, produção e qualidade pós-colheita de frutos de pepino japonês em sistema hidropônico.

### **2.2 Específicos**

Avaliar o crescimento e a partição de fotoassimilados de plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina e das concentrações de ácido salicílico;

Analisar as trocas gasosas e eficiência fotoquímica do pepino japonês sob solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico;

Quantificar os teores de pigmentos fotossintéticos e as relações hídricas das plantas de pepino japonês submetidas a diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva e concentrações de ácido salicílico;

Avaliar produção e a qualidade pós-colheita dos frutos do pepino japonês sob solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico; e

Identificar a concentração de ácido salicílico capaz de amenizar os efeitos do estresse salino nas plantas de pepino japonês em sistema hidropônico.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos gerais da cultura do pepino japonês

Pertencente à família das Cucurbitáceas, o pepino (*Cucumis sativus* L.) é originário da Índia, atualmente uma das olerícolas mais consumida no mundo (LÓPEZ-ELÍAS et al., 2011). No Brasil é a oitava olerícola com maior volume de produção, com destaque para o tipo japonês, especialmente em mercados mais exigentes (RODRIGUES et al., 2018). É uma hortaliça fruto de crescimento indeterminado e anual, sendo muito apreciada em todas as regiões brasileiras, devido à grande versatilidade, o que garante sua importância econômica e social dentro do agronegócio de hortaliças no Brasil (MICHEREFF et al., 2012).

A planta possui crescimento variável, podendo chegar a três metros de comprimento, o caule é anguloso e apresenta gavinhas, as folhas são grandes, alternadas e cordiformes, tri ou penta lobadas e ásperas possuindo um sistema radicular axilar (ALCANTARA et al., 2021). As flores apresentam pétalas amarelas, podendo ser masculinas, expostas em grupos, e feminina, exposta individualmente, o fruto é do tipo baga carnuda indeiscente, apresentando forma, tamanho, cor e aspectos variados (FONTES; NICK, 2021).

Trata-se de uma cultura que necessita de condições de alta luminosidade ou fotoperíodo longo e solos férteis e bem drenados com pH em torno de 5,5 a 6,8 deve ser irrigado com frequência para que as plantas não sofram estresse hídrico (ALCANTARA et al., 2021). Esta olerícola pode ser cultivada tanto em sistema convencional como também no sistema orgânico (MATOS et al., 2021). O pepino apresenta condições de ser produzido por meio de tutoramento vertical assim como em consórcio (MARTINS et al., 2018).

O pepino constitui-se de 95% de água; é rico em vitaminas A, B, C e K, potássio, sódio, cálcio, magnésio, silício, enxofre, flúor, fósforo, cloro, ferro; tem propriedades medicinais como anti-inflamatório, calmante, refrescante, digestivo, diurético e tônico. O pepino pode ser consumido tanto na forma in natura, em saladas, como em conservas, ensopados, sanduíches, conservas ou ainda utilizado como matéria-prima para indústrias cosmética e farmacêutica (CARVALHO et al., 2013).

No Brasil é comercializado quatro tipos de pepinos sendo eles o caipira, conserva, japonês e aodai; destacando-se no cenário nacional o pepino japonês caracterizado por frutos trilobulados, de coloração verde-escura, alongados, com a presença de espinhos brancos, sendo colhidos quando atingem entre 20 e 30 cm de comprimento, com sabor agradável e sem a formação de sementes na maioria das cultivares (CARVALHO et al., 2013).

### **3.2. Disponibilidade hídrica na região semiárida brasileira**

A região semiárida brasileira é caracterizada por longos períodos de estiagem, reduzindo a disponibilidade de água superficial nos reservatórios (BEZERRA et al., 2020). As águas superficiais nem sempre são suficientes para atender as necessidades hídricas das áreas cultiváveis e este desequilíbrio impulsiona a exploração de fontes alternativas de água.

Nessa região as águas subterrâneas é a principal fonte para a irrigação, obtidas a partir da escavação de poços, visto que, nos períodos de estiagem os rios e pequenos córregos cessam o escoamento e os açudes secam ou reduzem drasticamente o nível de água, devido à grande evaporação da água e ausência de reposição pela falta de chuvas (SILVA et al., 2022a). Entretanto, a quantidade e a qualidade de água disponível tem sido fatores limitantes no uso desse recurso, as águas subterrâneas nas regiões semiáridas possuem elevados teores de sais (NASCIMENTO et al., 2020).

A salinidade é decorrente de acúmulo de sais no solo proveniente de processos geológicos, ações antrópicas que envolve manejo inadequado de insumos agrícolas e irrigação com água de elevada condutividade elétrica, além da influência dos fatores climáticos (BARBOSA et al., 2019). Os principais sais encontrados nas águas da região semiárida do Nordeste brasileiro são o cloreto de sódio, cloreto de cálcio, cloreto de magnésio, sulfato de sódio, sulfato de magnésio e carbonato de sódio, sendo comumente encontrado nas fontes hídricas desta região uma proporção 7:2:1 referente ao sódio, cálcio e magnésio, respectivamente (MEDEIROS, 1992).

O uso da água salina na irrigação depende da composição iônica da água, tolerância das culturas, tipo, estrutura e capacidade de drenagem do solo (SOUSA et al., 2019). A salinidade das águas de irrigação é um aspecto problemático para o setor agrícola, sendo necessária a compreensão de suas causas e a busca pelo desenvolvimento de estratégias para seu melhor aproveitamento (VELOSO et al., 2023)

### **3.3. Tolerância das plantas à salinidade**

A salinidade afeta de forma negativa as plantas, em virtude dos efeitos osmóticos e iônicos, as diversas espécies ou cultivares respondem de forma diferente quando expostas a essas condições, com isso elas desenvolvem estratégias fisiológicas, bioquímicas e morfológicas de aclimatação e adaptação aos ambientes salinos (LIMA et al., 2019; GUIMARÃES et al., 2019).

Os efeitos dos sais sobre as plantas são de natureza osmótica, restringindo a absorção de água pela planta, resulta no fechamento estomático, ocasionando a reduções na transpiração, taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, captação de dióxido de carbono, alterações na eficiência quântica do fotossistema II, estresse oxidativo e deficiência nutricional, com consequente redução do desenvolvimento e produtividade das plantas (REHMAN et al., 2019; ARIF et al., 2020; DINIZ et al., 2020).

A tolerância de uma cultura à salinidade refere-se à capacidade que ela tem de resistir aos efeitos prejudiciais do excesso de sais presentes na zona radicular, permitindo que a planta continue seu desenvolvimento e complete seu ciclo de vida (MACHADO; SERRALHEIRO, 2017). O limite de tolerância é influenciado pela concentração de sais na solução do solo, tempo de exposição, estágio de desenvolvimento das plantas, espécie, cultivar, manejo de irrigação, adubação e condições climáticas da região (AYERS; WESTCOT, 1999).

As plantas podem ser divididas em dois grupos, sendo halófitas potencialmente mais tolerantes à salinidade por possuírem estratégias mais eficientes na convivência com o estresse salino, enquanto as glicófitas são sensíveis aos sais, havendo uma alta variabilidade entre espécies e cultivares em função dos mecanismos de tolerância que cada uma apresenta (SILVA et al., 2018).

Um dos mecanismos de tolerância à salinidade é o ajuste osmótico que envolve a capacidade das plantas de acumular íons no vacúolo e/ou solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, os osmólitos compatíveis ou osmoprotetores; essa regulação osmótica permite a manutenção da absorção de água e a turgescência celular (HOPKINS, 1999). Em plantas submetidas à alta salinidade ocorrem modificações estruturais, tais como reduções no número e tamanho das folhas, altura de plantas e a produção das plantas, em decorrência das alterações fisiológicas e metabólicas (EKBIC et al., 2017).

As respostas das plantas ao estresse salino ocorrem em duas fases, a primeira é caracterizada pela inibição do crescimento, que ocorre em minutos ou dias, causa o fechamento estomático e inibição da expansão celular, principalmente da parte aérea. A segunda fase ocorre ao longo de dias ou mesmo semanas e está relacionada ao aumento dos níveis de íons citotóxicos, que retardam processos metabólicos, causam senescência precoce e, por fim, morte celular (ISAYENKOV; MAATHUIS, 2019; LIMA et al., 2019; ALVES et al., 2020).

Além disso, a salinidade aumenta a absorção de elementos em grande quantidade, como o sódio (Na<sup>+</sup>) e o cloro (Cl<sup>-</sup>), que têm efeitos deletérios na fisiologia, crescimento e desenvolvimento das plantas (KHAN et al., 2019). Os efeitos do estresse salino dependem da concentração de sais, duração do estresse, cultura e seu estágio de desenvolvimento e das

práticas de manejo de solo, água e das condições climáticas da área de cultivo (MUNSS et al., 2020).

Quando associada às alterações provocadas pelo estresse salino nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, ocorre uma redução na produção de biomassa. Essas alterações incluem o estresse oxidativo, caracterizado pelo aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs), as quais causam danos às membranas e aos tecidos celulares da planta (LIMA et al., 2019).

### **3.3.1 Cultivo de hortaliças utilizando águas salinas**

Várias pesquisas em diferentes sistemas de cultivo foram desenvolvidas com hortaliças utilizando-se águas salinas. Neste contexto, Dantas et al. (2022) avaliando a abobrinha italiana cultivada em sistema hidropônico NFT utilizando diferentes condutividades da solução nutritiva salina - CEs<sub>n</sub> (2,1; 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>) e concentrações de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0; 20; 40 e 60 µM), verificaram que a CEs<sub>n</sub> da solução a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup> inibiu a síntese de pigmentos fotossintéticos, o número de folhas, a área foliar, o comprimento do ramo principal, e a fitomassa seca de caule, folhas e raízes; contudo, observaram que a concentração de 20 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup> aumentou o peso total dos frutos e diâmetro basal dos frutos de abobrinha italiana.

Diniz et al. (2022) cultivando mudas de quatro cultivares de melancia (Crimson sweet, Crimson Select Plus, Fair Fax e Charleston gray) utilizando águas salinas (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m<sup>-1</sup>) em solo, constataram que água de condutividade elétrica a partir de 0,3 dS m<sup>-1</sup> promoveu redução no crescimento e no acúmulo de fitomassa de mudas de melancia em todas as cultivares estudadas.

Ao avaliarem a tolerância de híbridos de pepino (Aodai Melhorado e Caipira) ao estresse salino (0,7; 1,2; 2,0 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>) em ambiente protegido, Ventura et al. (2019) observaram que o aumento da condutividade elétrica da água a partir de 0,7 dS m<sup>-1</sup>, reduziu o crescimento, a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos de pepino; entretanto, o híbrido Aodai teve maior tolerância ao estresse salino.

Em condições de estresse salino, as plantas têm uma tendência a reduzir a condutância estomática devido à baixa absorção de água. Isso pode induzir o fechamento parcial dos estômatos, afetando a transpiração e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (FIGUEIREDO et al., 2019). Dantas et al. (2022) avaliaram que o aumento da solução nutritiva salina (2,1; 3,6; 5,1 e 6,6 dS

$\text{m}^{-1}$ ) acima de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  promove uma redução nas trocas gasosas e na produção dos frutos de abobrinha.

De acordo com o estudo realizado por Putti et al. (2018), em pesquisa com a abobrinha italiana em condições de estresse salino variando a condutividade elétrica (CEa) de 0 a  $5 \text{ dS m}^{-1}$ , foi observada a tolerância das plantas a uma CEa de  $2 \text{ dS m}^{-1}$  para os parâmetros de comprimento da raiz, massa seca e fresca do caule e da parte aérea, bem como o diâmetro dos frutos. Ventura et al. (2019) avaliando dois híbridos de pepino (Aodai melhorado e Caipira) submetidos a quatro níveis de salinidade (0,7; 1,2; 2,0 e  $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ), verificaram que as plantas de Aodai melhorado se permaneceram estáveis conforme aumentava a condutividade elétrica, diferente do caipira que apresentou sensibilidade com o estresse salino. Nóbrega et al. (2020) ao avaliarem o desenvolvimento inicial de melancia sob níveis salinos (0,0; 0,5; 1,5; 3,5 e  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), concluíram que o aumento da CEa afetou negativamente a velocidade de emergência, comprimento e massa seca de plântulas.

### **3.4.Cultivo em sistema hidropônico**

O termo hidroponia é de origem grega, Hydro = água e Ponos = trabalho, cuja junção significa trabalho em água, realizando a produção sem a utilização de solo a partir da disponibilização direta de luz, nutrientes e água às plantas, esta técnica foi utilizada pela primeira vez em 1935 pelo Dr. William Frederick Gericke na Universidade da Califórnia, sendo o principal responsável pela adoção e viabilização do sistema, devido a suas importantes contribuições científicas na época (XYDIS et al., 2017).

O sistema hidropônico pode ser vertical ou horizontal, fechado ou aberto. O sistema fechado consiste na técnica de circulação de solução nutritiva; enquanto no método aberto, a solução nutritiva passa pelas raízes das plantas e não retorna a caixa coletora, sendo aplicada única vez, designado de semi-hidropônico por utilizar substratos (VILELA JUNIOR et al., 2003).

No sistema hidropônico, as plantas são capazes de se desenvolver e produzir sem a utilização do solo, onde as raízes são submersas na água com nutrientes que atende suas necessidades (ALMEIDA, 2016). A hidroponia independe do solo e requer pouca água, as culturas são mais tolerantes à salinidade, permitindo o uso de águas de moderada a alta condutividade elétrica (RODRIGUES et al., 2022).

A utilização de solução no cultivo permite maior eficiência do uso da água e fertilizantes, reduzindo assim o impacto ambiental da atividade agrícola. As plantas cultivadas em sistema



hidropônico geralmente apresentam crescimento mais rápido, uma vez que a absorção de água e nutrientes é facilitada, em decorrência do contato direto da raiz com a solução (PUTRA; YULIANDO, 2015; PARDOSSI et al., 2017).

É importante destacar que com o sistema hidropônico, é possível controlar a composição da solução nutritiva com maior eficiência do que no solo, fornecendo proporções de nutrientes mais próximas para os requeridos pelas plantas (NASCIMENTO et al., 2020). No sistema hidropônico, vários fatores devem ser considerados na nutrição de plantas, como estágio de desenvolvimento, estação do ano, espécie de planta cultivada, temperatura e intensidade de luz (FURLANI, 1999).

Segundo Furlani (1999), para que aconteça o desenvolvimento pleno da cultura utilizando o sistema hidropônico, é preciso uma constante manutenção da concentração de nutrientes na solução. Os principais elementos para o crescimento da planta devem sempre estar presentes na solução fornecida, respeitando uma amplitude de variação que se distancie da falta ou do excesso de minerais.

A utilização da hidroponia é uma alternativa que permite o cultivo agrícola sustentável em locais onde o solo ou água são fatores limitantes no semiárido (RODRIGUES et al., 2022). De acordo com Guimarães et al. (2019), o uso de água salina no cultivo hidropônico é uma técnica promissora para o cultivo de hortaliças, especialmente em áreas com escassez quantitativa e qualitativa das fontes hídricas, situação comumente observada no semiárido do Nordeste brasileiro. Lima et al. (2018) em pesquisa com o pimentão cv Rúbia sob solução nutritiva salina (2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m<sup>-1</sup>), verificaram que o estresse salino não ocasionou perdas na produtividade. Ao estudar quiabeiro ‘Speedy’ cultivado em sistema hidropônico sob níveis de salinidade da água, Modesto et al. (2019) constataram que a maior produtividade foi de 31,36 t ha<sup>-1</sup> sob CEa de 5,43 dS m<sup>-1</sup>, sendo considerado com potencial produtivo adequado.

Segundo Mendonça et al. (2022) com base na produção relativa, pode-se considerar que o quiabeiro cv Canindé, cultivado em sistema hidropônico, apresenta tolerância à salinidade até um nível de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) de 5,05 dS m<sup>-1</sup>. Nesse nível de salinidade, espera-se uma redução máxima de 20% no rendimento da cultura. Oliveira et al (2023) em estudo com o meloeiro em sistema hidropônico tipo NFT, observaram que a salinidade da solução nutritiva 5,4 dS m<sup>-1</sup> proporciona a elevação dos sólidos solúveis do meloeiro cv gaúcho. Dantas et al. (2021) ao avaliarem a produção total da abobrinha submetidos à estresse salino em cultivo hidropônico, constataram que uma condutividade elétrica de 2,1 dS m<sup>-1</sup> obteve uma produção de 2443,60 g por planta.

Apesar dos sistemas hidropônicos apresentarem diversas vantagens, seu custo de implantação, bem como a exigência de conhecimentos técnicos e mão de obra capacitada, além do risco de falta de energia elétrica no campo podem se constituir como fatores limitantes no emprego dessa tecnologia (MARTINEZ, 2006).

### **3.5. Ácido salicílico na mitigação do estresse salino**

A aplicação foliar de ácido salicílico (AS) vem sendo utilizada como uma estratégia capaz de minimizar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas (NÓBREGA et al., 2020). O ácido salicílico é um composto fenólico com ação reguladora em diversos processos fisiológicos na planta, incluindo indução floral, absorção de nutrientes, biossíntese de etileno, fechamento estomático e fotossíntese (GAST FILHO et al., 2017; SILVA et al., 2020).

O ácido salicílico apresenta-se como um agente antioxidante enzimático, relacionado à ativação de respostas de defesa no vegetal sob condições de estresse biótico e abiótico e no metabolismo do nitrogênio e de prolina, na produção de glicina betaína, sistema de defesa antioxidante e relação água-planta-atmosfera (ROCHA et al., 2022). O ácido salicílico também está envolvido na síntese de osmólitos compatíveis e com ampla ação protetora das funções fisiológicas de células sob estresses abióticos, destacando importante função na adaptação das plantas ao estresse salino (YANG et al., 2003; LAKZAYI et al., 2014).

O ácido salicílico (AS) desempenha um papel fundamental na ativação e sinalização dos genes envolvidos nos mecanismos de defesa das plantas, no processo fotossintético, no qual atua na expressão dos genes responsáveis pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) nos apoplastos, tais como peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e superóxido ( $O_2^-$ ), reduzindo sua intensidade e minimizando seus efeitos deletérios da salinidade na planta (SHARMA et al., 2017).

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas com o propósito de avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico em plantas sob estresse salino. Nóbrega et al. (2020) ao avaliarem o efeito aplicação foliar de ácido salicílico (0; 0,15; 0,50; 0,85 e 1,00 mM) via embebição de sementes como atenuante do estresse salino na emergência e crescimento inicial de plantas de melancia, verificaram que aplicação foliar de AS em concentrações de até 1 mM não amenizou os efeitos deletérios do estresse salino.

Soares et al. (2022) avaliando os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico em meloeiro sobre estresse salino (2,1 a 5,4 dS  $m^{-1}$ ) em cultivo hidropônico, constataram que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,5 mM e solução nutritiva salina de 3,1

dS m<sup>-1</sup> proporcionou a máxima produtividade máxima de frutos de melão (23,82 t ha<sup>-1</sup>). Oliveira et al. (2022) em pesquisa com melão cv. Gaúcho em sistema hidropônico utilizando soluções nutritivas salinas (CESn de 2,1 a 5,4 dS m<sup>-1</sup>), observaram que a concentração de 1,5 mM aumentou os teores de sólidos solúveis nos frutos nas plantas submetidas à condutividade elétrica 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

Mendonça et al. (2022) em estudo com o quiabeiro hidropônico, constataram que a aplicação foliar de ácido salicílico em concentrações entre 1,2 e 2,3 mM reduziu os efeitos deletérios do estresse salino (CESn de 3,0 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e pode viabilizar o uso de água salobra no cultivo de quiabo. Neste mesmo estudo, também observaram que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,8 mM estimulou a biossíntese de clorofila *a* e *b* das plantas de quiabeiro, respectivamente, sob solução nutritiva salina de 3,0 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>. Apesar de vários estudos destacarem os efeitos benéficos da aplicação foliar de ácido salicílico em plantas sob condições de estresse salino na literatura são incipientes pesquisas com a cultura do pepino japonês.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, P.; Balawi, T. A.; Faizan, M. Salicylic acid's impact on growth, photosynthesis, and antioxidant enzyme activity of *Triticum aestivum* when exposed to salt. *Molecules*, v. 28, p.1-12, 2023.
- Alcantra, E.; Martins, M. A. S.; Corrêa, F. A. V.; Marques, R. F. D. P. V. Aproveitamento do silício derivado da extração do quartzito São Thomé na cultura do pepino. *Revista Augustus*, v. 27, p. 48-58, 2021.
- Almeida, P. C. Diferentes métodos de cultivo hidropônicos e seus manejos. In: Encontro, 11; E Simpósio Brasileiro de Hidroponia, 3. Anais. Florianópolis, 2016.
- Alves, L. S. de; Vêras, M. L. M.; Sousa, N. A.de; Araújo, F. F. de; Melo, E. N.de; Abrantes, E. G. de; Dantas, A. P. J.; Dias, T. J.; Bezerra, A. C.; Leal, M. P. da S. Morphophysiology of ornamental sunflower plant irrigated with saline water and application of silicon. *Australian Journal of Crop Science*, v. 14, p. 1427-1432, 2020.
- Araújo Neto, L. J. de. Indicadores da qualidade de solos sob sistemas de uso no perímetro irrigado várzeas de Sousa-PB. 2017. 46f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas Agroindustriais: Área de Concentração em Agroecologia e Sustentabilidade Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

- Arif, Y.; Singh, P.; Siddiqui, H.; Bajguz, A.; Hayat, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 156, p. 64-77, 2020.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. *Qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p.
- Barbosa, J. L.; Nobre, R. G.; Souza, L. D. P.; Veloso, L. L. S. de; Silva, E. L. da; Guedes, M. A. Crescimento de algodoeiro colorido cv. BRS Topázio em solos com distintas salinidades e adubação orgânica. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, p. 201-210, 2019.
- Bezerra, V. R.; Montero, L. R. R.; Medeiros, K. M.; Lima, A. C. P. Aplicação de tecnologias para o uso de água salobra e salina no semiárido paraibano. in: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 115, 2020, Anais... Campina Grande: V CONAPESC, 2020.
- Bonifácio, B. F.; Nobre, R. G.; Sousa, A. D. S.; Gomes, E. M.; Silva, E. M. da; Sousa, L. P. de 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.
- Carvalho, A. D. F. de; Amaro, G. B.; Lopes, J. F.; Vilela, N. J.; Michereff Filho, M.; Andrade, R. A cultura do pepino. Circular Técnica n. 113, Embrapa Hortaliças, 2013.
- Cruz, A. F. S.; Silva, G. F.; Silva, E. F. F.; Soares, H. R.; Santos, J. S. G.; Lira, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 622-627, 2018.
- Dantas, M. V.; de Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. *Revista Caatinga*, v. 35, p. 436-449, 2022.
- Diniz, G. L.; Costa, C. C.; Sousa, V. F. de O.; Lopes, K. P.; Bomfim, M. P.; Santos, J. B. dos. Uso de *Trichoderma* spp e estresse salino na produção de mudas de melancia. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15, p. 1-16, 2022.
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Souza, L. de P.; Gheyi, H. R.; Medeiros, M. N. V. de. Physiological indices and growth of 'Gigante Amarelo' passion fruit under salt stress and silicate fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, p. 814-821, 2020.
- Ekbic, E.; Cagiran, C.; Korkmaz, K.; Kose, M. A.; Aras, V. Avaliação de acessos de melancia para tolerância ao sal usando índices de tolerância ao estresse. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 41, p. 616-625, 2017.

- Figueiredo, F. R. A.; Lopes, M. de F. Q.; Silva, R. T. da; Nóbrega, J. S.; Silva, T. I. da; Bruno, R. de L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. *Brazilian Journal of Irrigation and Drainagem*, v. 24, p. 662-675, 2019.
- Fontes, P. C. R.; Nick, C. Olericultura: teoria e prática. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 614p.
- Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: IAC, 1999. 52p. Boletim Técnico, v. 180.
- Gastl Filho, J.; Bonetti, L. L. da S.; Araujo, R. da S.; Santi, S. L. de; Nascimento, V. A.; Vilarinho, M. S. Ácido salicílico e potencial germinativo na germinação de sementes de pepino. *Innovative Science and Technology Journal*, v.3, p.7-12, 2017.
- Guimarães, R. F. B.; Maia Júnior, S. de O.; Nascimento, R. do; Melo, D. F. de; Ramos, J. G.; Andrade, J. R. de. Trocas gasosas em cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico com água salina. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.13, p. 3599 - 3609, 2019.
- Hopkins, G.W. Introduction to plant physiology, New York: John Wiley E Sons, 1999. 512 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipais culturas temporárias e permanentes. 2017. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 16 set. 2022
- Isayenkov, S. V.; Maathuis, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 1-11, 2019.
- Kang, G.; Li, G.; Xu, W.; Peng, X.; Han, Q.; Zhu, Y.; Guo, T. Proteomics reveals the effects of salicylic acid on growth and tolerance to subsequent water stress in wheat. *Journal of Proteome Research*, v. 11, p. 6066-6079, 2012.
- Khan, A.; Khan, A. L.; Muneer, S.; Kim, Y. H.; Al-Rawahi, A.; Alharrasi, A. Silicon and salinity: cross-talk in crop mediated stress tolerance mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, p. 1429. 2019.
- Lakzayi, M.; Sabbagh, E.; Rigi, K.; Keshtegar, A. Effect of salicylic acid on activities of antioxidant enzymes, flowering and fruit yield and the role on reduce of drought stress. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, v. 3, p. 980-987, 2014.
- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, p. 214-225, 2019.
- Lima, N. da S.; Silva, E. F. de F.; Menezes, D.; Camara, T. R.; Willadino, L. G. Fruit yield and nutritional characteristics of sweet pepper grown under salt stress in hydroponic system. *Revista Caatinga*, v. 31, p. 297-305, 2018.

- Lira, R. M.; Silva, Ê. F. F.; Silva, G. F.; Soares, H. R.; Willadino, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. *Horticultura Brasileira*, v. 36, p.13-19, 2018.
- López-Elías, J.; Rodríguez, J. C.; Huez, M. A.; Garza, S.; Jiménez, J.; Leyva, E. I. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *Idesia*, v. 29, p. 21-27, 2011.
- Machado, R. M. A.; Serralheiro, R. P. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticultura*, v. 3, p. 1-13, 2017.
- Martins, J.; Luz, S.; Enck, B.; Keffer, G.; Damaceno, J. B. Avaliação da produtividade do pepino conduzido em sistemas de tutoramento horizontal e vertical com e sem consórcio com amendoim em Rondônia. *Enciclopédia Biosfera*, v. 15, p.154-162, 2018.
- Martinez, H.E.P., Silva Filho, J.B. da Introdução ao cultivo hidropônico de plantas. 3, ed. Viçosa: UFV, 2006. 111p.
- Matos, S. M. de ; Alves, R. N.; Chaves, J. da S.; Soares, R. B.; Nascimento, J. P. S. do; Silva, L. S. da; Leal, M. L. de A.; Marzano, I. M.; Moraes, G. S.C.; Souza, F. G. de, Efeitos do uso de gliricídia e rocha fosfatada no crescimento e nos teores de N, P e K nas culturas do quiabo e pepino. *Research, Society and Development*, v. 10, e534101422366, 2021.
- Mendonça, A. J. T.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, V. K. N.; Gheyi, H. R.; Lacerda, C. F. de; Azevedo, C. A. V. de; Lima, V. L. A. de Fernandes, P. D. Salicylic acid modulates okra tolerance to salt stress in hydroponic system. *Agriculture*, v. 12, e1687, 2022.
- Mendonça, A. J. T.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, V. K. N.; Gheyi, H. R.; Silva, L. de A.; Almeida, F. A. de; Fernandes, P. D. Gas exchange, photosynthetic pigments, and growth of hydroponic okra under salt stress and salicylic acid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, p. 673-681, 2023.
- Medeiros, J. F. de. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE. 1992. 196f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1992
- Michereff Filho, M.; Moura, A. P. de; Guimarães, J. A.; Reyes, C. P.; Carvalho, A. D. F. de; Amaro, G. B.; Lopes, J. F. Recomendações técnicas para o controle de pragas do pepino. Circular Técnica n. 109, Embrapa Hortaliças, 2012.

- Munns, R.; Day, D. A.; Fricke, W.; Watt, M.; Arsova, B.; Barkla, B. J.; Tyerman, S. D. Energy costs of salt tolerance in crop plants. *New Phytologist*, v. 225, p. 1072-1090. 2020.
- Modesto, F. J. N.; Santos, M. Â. C. M. dos; Soares, T. M.; Dos Santos, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. *Irriga*, v. 24, p. 86-97, 2019.
- Nascimento, C. S.; Nascimento, C. S.; Cecilio Filho, A. B. N. K. ratio for phenological growth stages of net melon cultivated in NFT hydroponic system. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 108-115, 2020.
- Nóbrega, J. S.; Silva, T. I. da; Ribeiro, J. E. da S.; Vieira, L. de S.; Figueiredo, F. R. A.; Fátima, R. T. de; Bruno, R. de L. A. Dias, T. J. Emergência e crescimento inicial de melancia submetida a salinidade e doses de ácido salicílico. *Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v. 7, p. 162-171, 2020.
- Nóbrega, J. S.; Lopes, K. P.; Paiva, F. J. da S.; Silva, J. G. de. Dantas, M. V. Potencial fisiológico de sementes de melão pepino submetidas a salinidade. *Research, Society and Development*, v. 9, e31973735, 2020.
- Nóbrega, J. S.; Figueiredo, F. R. A.; Silva, T. I. da; Ribeiro, J. E. S.; Fátima, R. T. de; Ferreira, J. T. A.; Bruno, R. D. L. A. Salinidade da água e ácido salicílico no crescimento de plantas de tomate. *Research, Society and Development*, v. 10, p. 31-38, 2021.
- Oliveira, W. J. de; Souza, E. R. de; Santos, H. R. B.; França, Ê. F. de; Duarte, H. H. F.; Melo, D. V. M. de. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, p. 2592, 2018.
- Oliveira, V. K. N.; Lima, G. S. de; Soares, M. D. M.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Paiva, F. J. S.; Mendonça, A. J. T.; Fernandes, P. D. Salicylic acid does not mitigate salt stress on the morphophysiology and production of hydroponic melon. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, p. 1-20, 2022.
- Pardossi, A.; Incrossi, L.; Salas, M.C.; Gianquinto, G. Managing mineral nutrition in soilless culture. In: Orsini, F., Dubbeling, M., Zeeuw, H., Gianquinto, G. (eds.) *Rooftop urban agriculture*. Urban Agriculture. Springer, Cham. p. 147- 166. 2017.
- Paulus, D.; Paulus, E.; Nava, G. A.; Moura, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. *Revista Ceres*, v. 59, p. 110-117, 2012
- Prevital, E.; Gastaldi, A. C. R.; Novakoski, A. dos S.; Francisco, J. P.; Silva, R. A. da; Lopes, A. D. Potencial produtivo de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) para conserva sob diferentes sistemas de condução. *Research, Society and Development*, v. 11, p. 1-8, 2022

- Putra, P. A.; Yuliando, H. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: a review. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 3, p. 283-288, 2015.
- Putti, F. F.; Silva, A. O. da; Junior, J. F. S.; Gabriel Filho, L. R. A.; Klar, A. E. Crescimento e produção da abobrinha sob irrigação com água salobra. *Irriga*, v. 23, p. 713-726, 2018.
- Rehman, S.; Abbas, G.; Shahid, M.; Saqib, M.; Farooq, A. B. U.; Hussain, M.; Murtaza B.; Amjad, M.; Naeem, M. A.; Farooq, A. Effect of salinity on cadmium tolerance, ionic homeostasis and oxidative stress responses in *Conocarpus* exposed to cadmium stress: Implications for phytoremediation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 171, p. 146-153, 2019.
- Rocha, M. E. L.; Souza, F. L. B. de.; Coutinho, P. W. R.; Malavasi, M. de M.; Malavasi, U. C. Morphophysiological changes in seedlings of two wood species after application of salicylic acid. *Revista Ceres*, v. 69, p. 158-166, 2022.
- Rodrigues, L. G.; Meireles, A. C. M.; Oliveira, C. W.; Bernardo, L. S.; Simões, D. H. P.; Gonçalves, A. H. M. Crescimento inicial da alface hidropônica sob diferentes níveis de salinidade em sistema automatizado com Arduino Uno em função da temperatura e umidade do ar no semiárido. *Research, Society and Development*, v. 11, p. 1-22, 2022.
- Rodrigues, T. C. de A.; Junior, J. A. de L.; Souza, R. O. R. M.; Neto, C. F. de O.; Martins, I. C. F. Viabilidade técnica da produção de pepino japonês submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Irriga*, v. 23, p. 535-547, 2018.
- Sharma, A. M.; Gupta, S. K.; Majumder, B.; Maurya, V. K.; Deeba, F.; Alam, A.; Pandey, V. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress, *Journal of Proteomics*, v. 163, p. 28-51, 2017.
- 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. da.; Lima, G. S. de.; Azevedo, C. A. V. de; Veloso, L. L. de S. A.; Souza, L. de P.; Fátima, R. T. de; Silva, F. de A.; Gheyi, H. R. Exogenous application of salicylic acid on the mitigation of salt stress in *Capsicum annum* L. *Ciência Rural*, v. 53, e20210447, 2022.
- Silva, J. S. da; Paz, V. P. da S.; Soares, T. M.; Almeida, W. F. de; Fernandes, J. P. Production of lettuce with brackish water in NFT hydroponic system. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, p. 947-961, 2018.



- Soares, H. R.; Silva, Ê. F. de F.; Silva, G. F. da.; Pedrosa, E. M.; Rolim, M. M.; Santos, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 636- 642, 2015.
- Soares, M. D. M.; Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Oliveira, V. K. N.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Sousa, P. F. do N.; Silva, L. de A.; Fernandes, P. D., Physiology and yield of ‘Gaúcho’ melon under brackish water and salicylic acid in hydroponic cultivation. *Arid Land Research and Management*, v. 38, p. 1-20, 2022.
- Sousa, A. B. O. de; Farias, F. C.; Bezerra, M. A. Crescimento inicial de plantas enxertadas de cajueiro anão precoce, irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.13, p.3380 - 3389, 2019.
- Veloso, L. L. de S. A.; Azevedo, C. A. V. de; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Bezerra, J. R. C.; Silva, A. A. R. da; Fatima, R. T. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Lima, V. L.A. de; Chaves, L. H. G. Production and Fiber Characteristics of Colored Cotton Cultivares under Salt Stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Plants*, v. 12, e2090, 2023.
- Ventura, K. M.; Alves, D. A. da S.; Grassi Filho, H.; Román, R. M. S. Tolerância de híbridos de pepino à níveis de salinidade em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 13, p. 3783-3791, 2019.
- Vilela Junior, L. V.; Araújo, J. A.; Factor, T. L. Estudo da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, p. 72-79, 2003.
- Viol, M. A.; Carvalho, J. de A.; Lima, E. M. de C.; Mattos, R. W.; Rezende, F. C.; Rodrigues, J. L. M. Déficit hídrico e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, p. 1244-1253, 2017.
- Xydis, G. A.; Liaros, S.; Botsis, K. Energy demand analysis via small scale hydroponic systems in suburban areas - An integrated energy-food nexus solution. *Science of the Total Environment*, v. 593-594, p. 610-617, 2017.
- Yang, W. J.; Rich, P. J.; Axtell, J. D.; Wood, K. V.; Bonham, C. C.; Ejeta, G.; Mickelbart, M. V.; Rhodes, D. Genotypic variation for glycinebetaine in sorghum. *Crop Science*, Madison, v. 43, p. 162-169, 2003.

**ÍNDICES FISIOLÓGICOS E CRESCIMENTO DE PEPINO  
HIDROPÔNICO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALINAS E ÁCIDO  
SALICÍLICO**

---

Trabalho submetido na Revista Caatinga.

## ÍNDICES FISIOLÓGICOS E CRESCIMENTO DE PEPINO HIDROPÔNICO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALINAS E ÁCIDO SALICÍLICO

### RESUMO

Na região semiárida do Nordeste Brasileiro as fontes hídricas normalmente possuem teores moderados de sais, destacando-se como um fator limitante para produção de culturas sensíveis ao estresse salino. Neste contexto, o uso da hidroponia como sistema de cultivo e a concentrações de ácido salicílico destaca-se como alternativa para reduzir os efeitos do estresse salino sobre as plantas. Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito das concentrações de ácido salicílico nos índices fisiológicos e crescimento de pepino japonês cultivado sob soluções nutritivas salinas em sistema hidropônico. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, utilizando-se o sistema de cultivo hidropônico tipo NFT. Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn (2,1; 3,6; 5,1, e 6,6 dS m<sup>-1</sup>) e as subparcelas de concentrações de ácido salicílico - AS (0, 1,8, 3,6 e 5,4 mM) com quatro repetições e duas plantas por parcelas. A salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup> a concentração de 0 mM de AS, inibiu o crescimento, a partição de fotoassimilados, os teores de pigmentos fotossintéticos e a condutância estomática das plantas de pepino japonês, aos 30 dias após o transplântio. A concentrações de 1,8 mM de ácido salicílico associado à solução nutritiva salina de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, resultou em maior taxa de crescimento relativo em área foliar e concentração interna de CO<sub>2</sub> das plantas de pepino japonês.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus* L., estresse abiótico, fitormônio.

## PHYSIOLOGICAL INDICES AND GROWTH OF HYDROPONIC CUCUMBER UNDER SALINE NUTRITIVE SOLUTIONS AND SALICYLIC ACID

### ABSTRACT

In the semi-arid region of Northeast Brazil, water sources normally have moderate levels of salt, standing out as a limiting factor for the production of crops sensitive to saline stress. In this context, the use of hydroponics as a cultivation system and the foliar application of salicylic acid stands out as an alternative to reduce the effects of saline stress on plants. The objective of this study was to evaluate the effect of salicylic acid concentrations on the physiological indices and growth of Japanese cucumber cultivated under saline nutrient solutions in a hydroponic system. The research was carried out in a greenhouse, using the NFT hydroponic cultivation system. A completely randomized design was used in subdivided plots, with the plots consisting of four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC<sub>sn</sub> (2.1; 3.6; 5.1, and 6.6 dS m<sup>-1</sup>) and the subplots of salicylic acid concentrations - AS (0, 1.8, 3.6 and 5.4 mM) with four replications and two plants per plot. The salinity of the nutrient solution from 2.1 dS m<sup>-1</sup> at the concentration of 0 mM of AS, inhibited the growth, the partition of photoassimilates, the levels of photosynthetic pigments and the stomatal conductance of Japanese cucumber plants, 30 days after transplanting. The application of 1.8 mM of salicylic acid associated with a 2.1 dS m<sup>-1</sup> saline nutrient solution resulted in a higher relative growth rate in leaf area and internal CO<sub>2</sub> concentration of Japanese cucumber plants.

**Keywords:** *Cucumis sativus* L., abiotic stress, phytohormone.

## 1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Cucurbitácea, o pepino (*Cucumis sativus* L.), sendo uma hortaliça originária da Índia e cultivada por diversas partes do mundo, destacando-se pelo valor nutricional é uma opção de renda para os pequenos e médios produtores, pois o ciclo da cultura é rápido podendo atingir alta produtividade (ROCHA et al., 2019; PREVITAL et al., 2022).

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada pela variabilidade espaço-temporal das chuvas, alta demanda evaporativa, contribuindo para a escassez qualitativa e quantitativa das fontes hídricas, contribuindo naturalmente para um déficit hídrico e um aumento nas concentrações de sal das fontes de água, limitando o crescimento e desenvolvimento das culturas (LIMA et al., 2019; LIMA et al., 2020a; MENDONÇA et al., 2022). A presença excessiva de sais na água e/ou no solo restringe a absorção de água e nutrientes pelas plantas devido à redução do potencial osmótico, conseqüentemente o potencial hídrico (LIMA et al., 2020a).

O estresse ocasionado pelo excesso de sais promove alterações no metabolismo das plantas, nas trocas gasosas e no crescimento, comprometendo a eficiência fotossintética e os componentes de produção (SILVA et al., 2018). Neste contexto, o cultivo em sistema hidropônico se destaca como uma opção viável em áreas que possuem fontes hídricas com altas concentrações de sais, uma vez que permite maior eficiência no uso da água, resultando em economia de até 70% em comparação aos sistemas convencionais. Além disso, esse método proporciona maior controle do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva, bem como o uso eficiente de fertilizantes (SAUSEN et al., 2020).

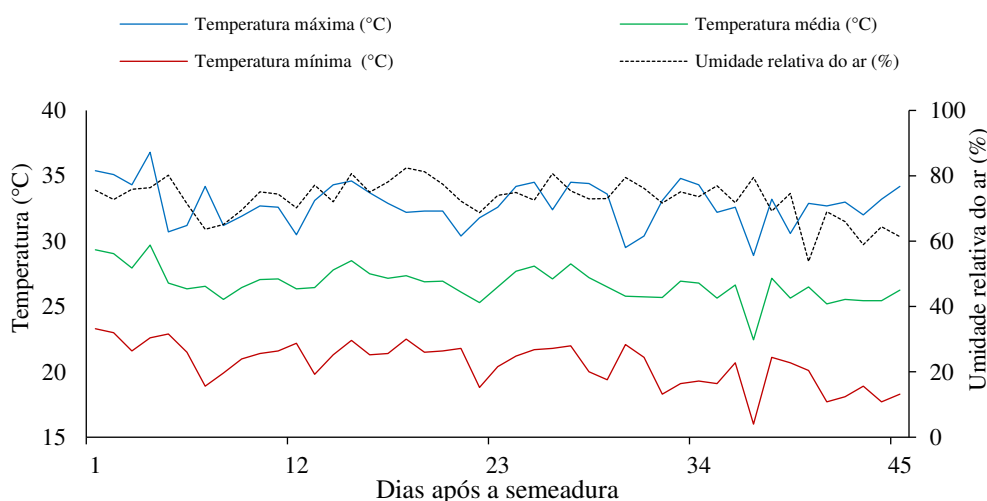
A aplicação foliar de ácido salicílico (AS) se destaca como estratégia utilizada para mitigar os efeitos do estresse salino nas plantas (SILVA et al., 2020). O ácido salicílico (AS) é um fitormônio que desempenha um papel importante na ativação de genes responsáveis pelo mecanismo de defesa das plantas contra danos oxidativos, contribuindo positivamente no processo fotossintético, reduzindo os efeitos deletérios do estresse salino (CHEN et al., 2020). Os efeitos benéficos do AS nas plantas estão associados ao aumento da síntese de osmólitos compatíveis, como glicina betaína, prolina, sorbitol, trealose e sacarose. Esses compostos contribuem na manutenção do equilíbrio osmótico (BAGHERIFARD et al., 2015; JAYAKANNAN et al., 2015; SILVA et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito das concentrações de ácido salicílico nos índices fisiológicos e crescimento de pepino japonês sob estresse salino em sistema hidropônico do tipo NFT.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a junho de 2022 sob condições de casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Pombal – PB, Brasil, localizado geograficamente a 6° 46' 8" Sul e 37° 47' 45" Oeste, com uma altitude de 184 m. De acordo com a classificação de Köppen, o município de Pombal tem um clima classificado como semiárido (AW' quente e úmido) com período chuvoso que inicia em novembro e termina em abril com precipitação média anual de 700 mm (ALVARES et al., 2013).

Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar foram coletados diariamente utilizando-se um termo-higrômetro digital no interior da casa de vegetação, cujos dados estão dispostos na Figura 1.



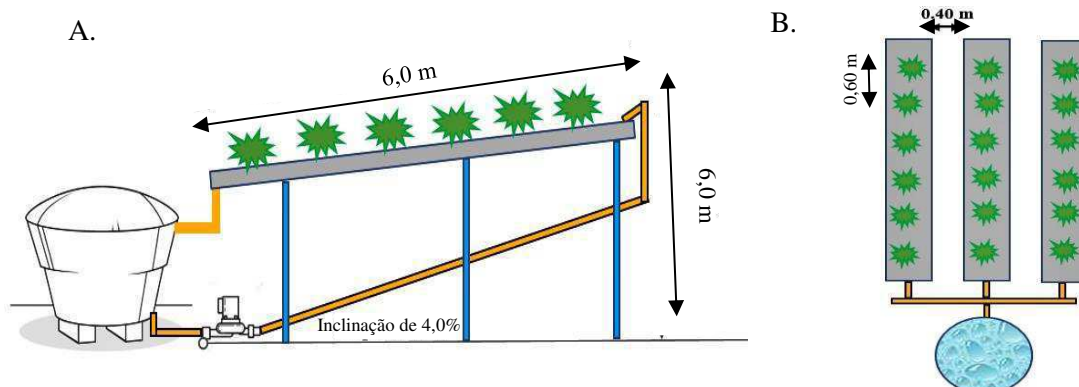
**Figura 1.** Dados de temperaturas máximas, médias e mínimas diárias e umidade relativa média do ar observadas na área interna da casa de vegetação durante o período experimental

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1; 3,6; 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,8; 3,6 e 5,4 mM) distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de CEs<sub>n</sub> considerados as parcelas e as concentrações de AS subparcelas, com quatro repetições e duas planta por parcela. As concentrações de AS utilizadas nesta pesquisa foram baseadas em um estudo realizado com melão (SOARES et al., 2022), enquanto os níveis da solução nutritiva salina foram adaptados pelo estudo realizado por Medeiros et al. (2010) com pepino cv. Hokushin.

Foi utilizado sementes de pepino 'Hiroshi' japonês. Esta cultivar possui ciclo de aproximadamente 60 dias, com plantas vigorosa e produtiva, como adaptabilidade em diferentes regiões do Brasil. Os frutos são cilíndricos e uniformes de cor verde escuro brilhante, com 18 a 22 cm de comprimento e diâmetros entre 30 e 40 mm (ISLA, 2022).

O sistema hidropônico foi do tipo – NFT (Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente) confeccionado com cano de PVC de 100 mm de diâmetro e com 6 m de comprimento, e 100 mm de diâmetro, espaçados de 0,40 m. No perfil hidropônico as cédulas que foi adicionado às mudas no sistema tinha como diâmetro de 54,17 mm e distância de 0,50 m e o espaçamento entre tratamentos (subsistemas) foi de 1,0 m.

Os perfis hidropônicos foram apoiados por cavaletes de 0,60 m de altura com 4% de inclinação para permitir o fluxo da solução nutritiva. Ao final de cada subsistema, um recipiente de polietileno de 150 L foi colocado para coletar o excesso de solução nutritiva de retorno e circular no sistema. A solução nutritiva era injetada no perfil hidropônico no topo de cada canal com uma bomba de 35 W a uma vazão de  $3 \text{ L min}^{-1}$ . Um timer foi utilizado para programar a circulação da solução nutritiva no sistema, com fluxo intermitente de 15 min durante dia e 30 min a noite.



**Figura 2.** Vista lateral (A) e vista superior (B) do sistema hidropônico utilizado para condução da pesquisa

No estudo foi utilizado a solução nutritiva recomendada por Hoagland e Arnon (1950), cuja composição e concentrações dos nutrientes estão apresentadas na Tabela 1. A solução foi preparada em água de abastecimento local ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) resultando em uma condutividade elétrica de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ , o pH foi mantido entre 5,5 e 6,5.

**Tabela 1.** Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva indicada por Hoagland e Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do pepino japonês

Nutrientes	Fertilizantes	Quantidade (g 1000 L <sup>-1</sup> )
P	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136,09
K/N	KNO <sub>3</sub>	101,10
Ca	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	236,15
Mg	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246,49
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3,10
Mn	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	1,70
Zn	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,22
Cu	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,75
Mo	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O	1,25
	EDTA - Na	13,9
Fe	FeSO <sub>4</sub>	13,9

As soluções nutritivas salinas foram preparadas com adição de cloreto de sódio não iodado (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), e cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) em uma proporção de 7:2:1, respectivamente. As águas de irrigação foram preparadas considerando a relação entre CEa e concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme Eq.1.

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

Em que:

Q – Soma de cátions (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>); e

CEa – condutividade elétrica desejada após descontar a CEa da água do sistema de abastecimento municipal (dS m<sup>-1</sup>).

As quantidades de sais adicionados em cada reservatório para solução nutritiva salina estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Quantidades de sais incorporados na solução nutritiva salina (100 L)

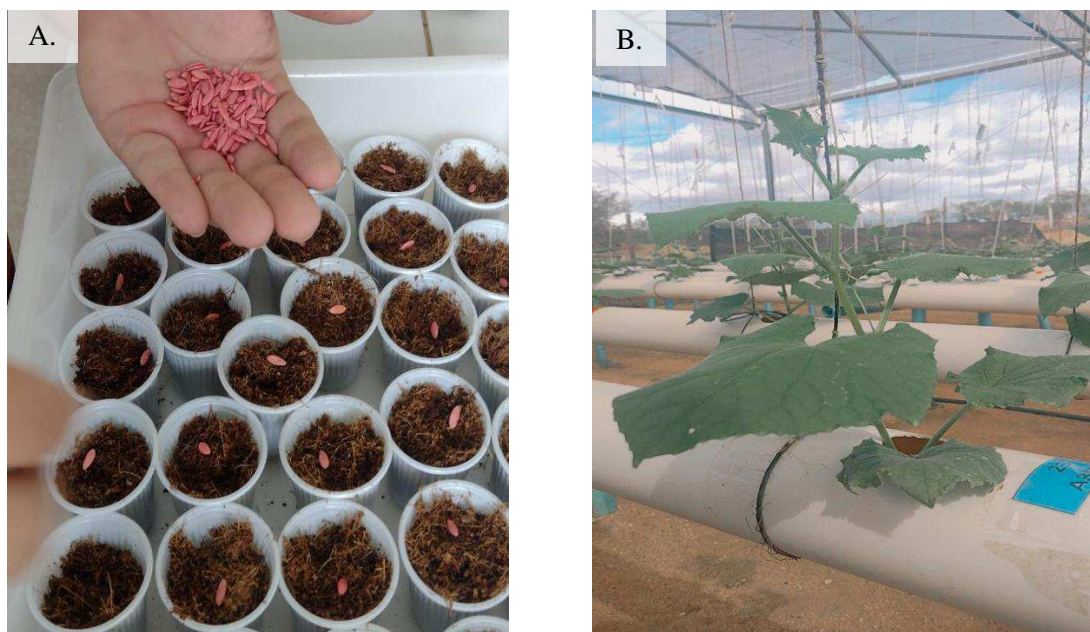
CEsn (dS m <sup>-1</sup> )	NaCl	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
	g		
2,1	-	-	-
3,6	61,43	20,55	15,23
5,1	122,8	41,10	30,45
6,6	184,2	61,65	45,68

Nos intervalos de oito dias, a solução nutritiva salina foi totalmente substituída, a condutividade elétrica e pH eram verificados diariamente, quando foi realizado os ajustes da CE com a adição de água de abastecimento local (0,3 dS m<sup>-1</sup>), mantendo o CEsn conforme



tratamentos estabelecidos inicialmente, o pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl).

A semeadura de pepino 'Hiroshi' japonês foi realizada em copos de polietileno com capacidade de 50 mL contendo o substrato de fibra de coco e colocando uma semente em cada recipiente, dispostas em bandejas (Figura 3A). A fibra foi higienizada com hipoclorito de sódio (2,5%) antes da semeadura. Da germinação ao surgimento da primeira folha verdadeira, foi utilizada solução nutritiva de meia força (50%). A fibra foi retirada após a emissão da primeira folha verdadeira e as mudas foram inseridas diretamente nos canais hidropônicos, sendo utilizada solução nutritiva de 100%. As plantas foram conduzidas com tutoramento vertical de modo a deixar o caule ereto com o auxílio de fitilho de 'nylon' (Figura 3B).

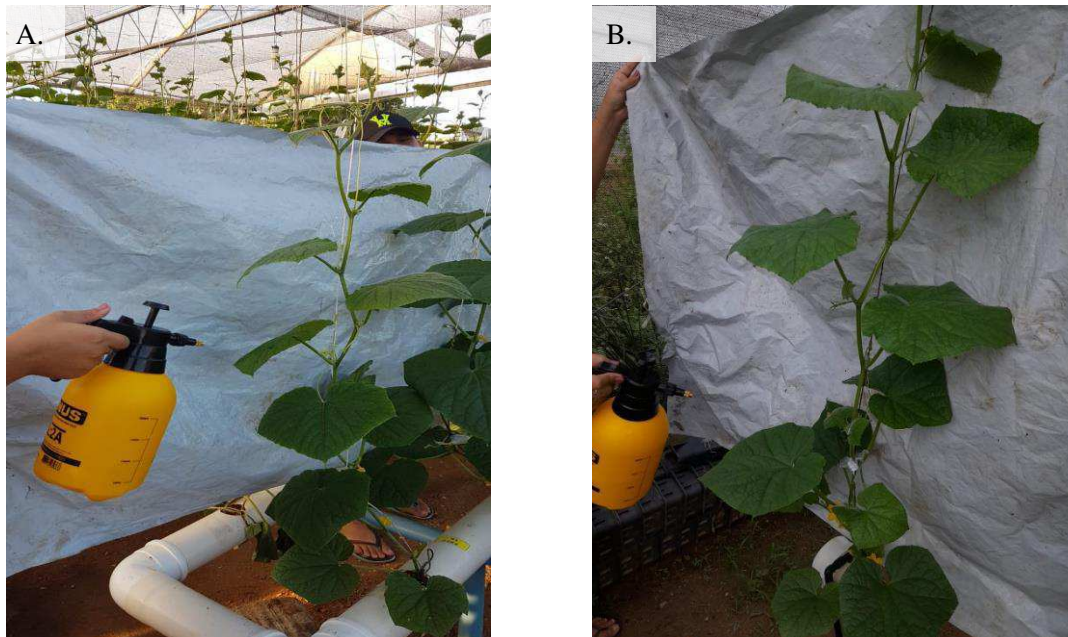


**Figura 3.** Semeadura do pepino japonês em recipientes plásticos (A) e disposição das plantas nos perfis hidropônicos (B), aos 8 dias após o transplântio

As concentrações de ácido salicílico foram preparadas através da diluição do ácido salicílico PA em 30% de álcool etílico (99,5%) e 0,05% de Haiten<sup>®</sup>, espalhante adesivo não iônico utilizado para quebrar a tensão superficial e melhorar a absorção pelas folhas de pepino. As aplicações de ácido salicílicos foram realizadas após 48 h da inserção das plantas nos perfis hidropônicos e 72 h antes do início da utilização das soluções nutritivas salinas.

As aplicações foram realizadas entre às 17 h 00 min e 18 h 00 min com pulverizador manual, visando o molhamento completo da área foliar conforme os tratamentos, aplicando em média 80 mL por planta, em intervalo de 10 dias as aplicações foram encerradas após o início

da fase de frutificação, totalizando quatro aplicações. Para evitar a deriva dos tratamentos entre as plantas, foi utilizada uma estrutura de uma lona plástica. As plantas foram monitoradas e as práticas fitossanitárias foram realizadas sempre que necessário.



**Figura 4.** Estrutura de uma lona plástica utilizada para evitar deriva do ácido salicílico

Aos 30 dias após o transplante (DAT), foram avaliados o conteúdo relativo de água - CRA, o extravasamento de eletrólitos - %EE no limbo foliar, as trocas gasosas foliares mediante determinação de condutância estomática -  $g_s$  ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a transpiração -  $E$  ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  -  $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  -  $C_i$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), os teores de clorofila  $a$  ( $Cl a$ ),  $b$  ( $Cl b$ ),  $total$  ( $Cl t$ ) e carotenoides ( $Car$ ) e as taxas de crescimento relativo (TCR) em altura de plantas, diâmetro de caule e área foliar, e o acúmulo de fitomassas secas.

Para determinação do conteúdo relativo de água (CRA), foram retiradas duas folhas do terço médio do ramo principal, obtendo-se dez discos com uma área de  $1,54 \text{ cm}^2$  cada. Os discos foram imediatamente pesados quanto à massa fresca (MF). Posteriormente, os discos foram transferidos para um béquer e imerso em 50 mL de água destilada por 24 h. Após esse período, o excesso de água dos discos foi removido e determinado a massa túrgida (MT). Os discos foram secos a uma temperatura de  $\approx 65 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  em estufa até peso constante para obtenção da massa seca (MS). O conteúdo relativo de água foi determinado de acordo com metodologia de Weatherley (1950), utilizando a Eq. 2.

$$\text{CRA (\%)} = \frac{(\text{MF}-\text{MS})}{(\text{MT}-\text{MS})} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

CRA – conteúdo relativo de água (%);

FM – Massa fresca (g);

MT – Massa túrgida (g); e

DM = massa seca (g).

O extravasamento de eletrólitos (%EE) foi determinado utilizando-se cinco discos foliares com uma área de 1,54 cm<sup>2</sup> cada; os discos foram acondicionados em beckers com 50 mL de água destilada e mantidos em temperatura de 25 °C por 24 h. Transcorridos esse tempo, com o auxílio de um condutivímetro de bancada foi mensurada a condutividade elétrica inicial do meio (Ci). Depois os beckers foram colocadas em estufa de secagem e mantidas em temperatura de 80 °C por 120 min, para posterior aferição da condutividade final (Cf). Extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi expressa de acordo com Scott-Campos et al. (2013), conforme Eq. 3.

$$\%EE = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

%EE - extravasamento de eletrólitos na membrana (%);

Ci - condutividade elétrica inicial (dS m<sup>-1</sup>); e

Cf - condutividade elétrica final (dS m<sup>-1</sup>).

As trocas gasosas foram determinadas nas folhas localizadas no terço médio com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro<sup>+</sup> Portable Photosynthesis System<sup>®</sup> (ADC BioScientific Limited, UK), irradiação de 1200 μmol fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e fluxo de ar de 200 mL min<sup>-1</sup>, e concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, foram realizadas entre 7 h 00 min e 9 h 00min.

A quantificação dos pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, total e carotenoides) foi realizada segundo Arnon (1949), com extratos de amostras de discos da terceira folha a partir do ápice completamente madura. Em cada amostra, foi adicionada 6,0 mL de acetona PA a 80%. Através desses extratos, os teores de clorofila e carotenoides foram determinados usando a espectrofotômetro (UV/VIS-UV17030, AKSO<sup>®</sup>, São Leopoldo-RS, Brasil) no comprimento de onda de absorbância de 470, 647 e 663, usando as Eqs. 4, 5, 6 e 7, com resultados expressos em mg g<sup>-1</sup> MF.

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = 12,21 \text{ ABS}_{663} - 2,79 \text{ ABS}_{646} \quad (4)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = 21,5 \text{ ABS}_{646} - 5,10 \text{ ABS}_{663} \quad (5)$$

$$\text{Carotenóides (Car)} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Cl } a - 85,02 \text{ Cl } b) / 198 \quad (6)$$

$$\text{Clorofila total (Cl } T) = 7,15 \text{ ABS}_{646} + 7,18 \text{ ABS}_{663} \quad (7)$$

Aos 17 e 30 dias após o transplântio avaliou-se o crescimento em diâmetro de caule (DC), altura de plantas (AP) e área foliar (AF). O diâmetro de caule foi mensurado 5 cm acima dos perfis hidropônicos. A altura de plantas foi determinada do orifício do sistema hidropônico até a inserção do meristema apical. A área foliar foi determinada com base na largura do folhas (> 5 cm) e foi estimada pela Eq. 8, de acordo com metodologia de Yang et al. (1990):

$$AF = \sum 0,739 \times L \times W^{0,00104} \dots\dots\dots (8)$$

Em que:

AF – área foliar por planta (cm<sup>2</sup>);

L – comprimento da folha (cm); e

W – largura da folha (cm).

A partir dos dados de AP, DC e AF determinou-se a taxa de crescimento relativo (TCR) em altura de plantas (TCR<sub>AP</sub>), diâmetro de caule (TCR<sub>DC</sub>) e área foliar (TCR<sub>AF</sub>) no período entre 17 a 30 DAT, de acordo a metodologia de Benincasa (2003), conforme Eq. 9.

$$TCR = \frac{(\ln A2 - \ln A1)}{(T2 - T1)} \quad (9)$$

Em que:

TCR = taxa de crescimento relativo;

A1 – variável no tempo t1;

A2 – variável no tempo t2;

T1 – tempo 1 em dias;

T2 – tempo 2 em dias; e

ln – logaritmo natural.

Para a determinação do acúmulo de fitomassas, as plantas foram coletadas após 42 DAT, em seguida separadas em folhas, caule e raiz. Posteriormente, o material foi acondicionado em sacos de papel previamente identificados e colocados em estufa de circulação de ar a 65 °C por 72 h. Após obtenção do peso constante foi realizada a determinação das fitomassas seca de folhas (FSF), de caule (FSC), raiz – (FSR), da parte aérea (FSPA) (soma das fitomassas de folhas e caule) e fitomassa seca total - FST (FSPA + FSR) em balança de precisão de 0,01 g.

A relação raiz/parte aérea (R/PA) foi obtida pela relação entre a fitomassa seca de raiz e a fitomassa seca da parte aérea, de acordo com Benincasa (2003), utilizando a Eq. 10.

$$R/PA = \frac{FSR}{FSPA} \quad (10)$$

Em que:

R/PA – relação raiz/parte aérea ( $g\ g^{-1}$ )

FSR - fitomassa seca de raiz (g); e

FSPA - fitomassa seca da parte aérea (g).

O volume de raízes (VR) ( $cm^3$ ) foi obtido seguindo a metodologia descrita por Basso (1999), em que as raízes foram colocadas em um cilindro graduado contendo um volume conhecido de água. A diferença resultante fornece diretamente o volume da raiz por unidade de equivalência ( $1\ mL = 1\ cm^3$ ).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Em seguida, foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância isolado do fator, foi feita uma análise de regressão, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019). A escolha do modelo foi baseada nos valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e considerando uma provável explicação biológica. Devido à heterogeneidade dos dados de  $g_s$ ,  $E$  e  $C_i$  (Tabela 2), foi necessário realizar análise exploratória dos dados, com transformação de dados em  $\sqrt{x}$ . Nos casos de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot v.12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico ( $CE_{sn} \times AS$ ) sobre o conteúdo relativo de água (CRA) e a concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), das plantas de pepino japonês, aos 30 dias após o transplântio. Os níveis salinos da solução nutritiva afetaram a condutância estomática ( $g_s$ ) das plantas de pepino japonês (Tabela 3).

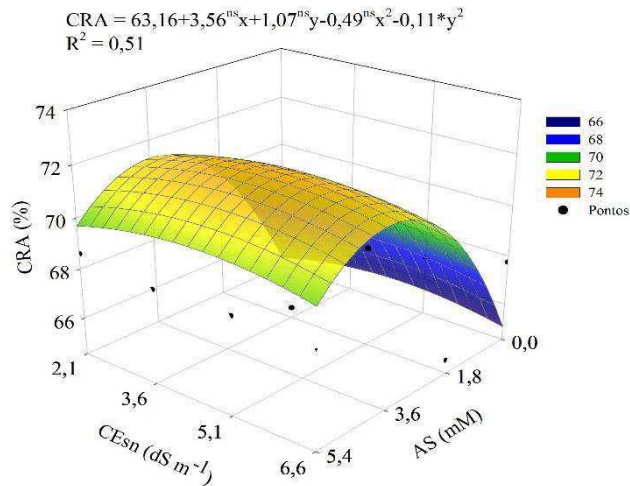
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), e extravasamento de eletrólitos (%EE) no limbo foliar, condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e taxa de assimilação de  $CO_2$  ( $A$ ) das plantas de pepino japonês cultivada com solução nutritiva salina ( $CE_{sn}$ ) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplântio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		CRA	%EE	$g_s^{(1)}$	$E^{(1)}$	$C_i^{(1)}$	A
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	341,624 <sup>ns</sup>	153,29 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>**</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	7839,14 <sup>*</sup>	97,21 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	514,64 <sup>*</sup>	40,16 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>**</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	16230,75 <sup>*</sup>	37,79 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	4,461 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	1816,89 <sup>ns</sup>	74,34 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	93,06	52,70	0,009	0,61	1819,16	23,89
Ácido salicílico (AS)	3	178,36 <sup>ns</sup>	197,45 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	8884,47 <sup>**</sup>	13,51 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	9,50 <sup>ns</sup>	360,28 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	538,20 <sup>ns</sup>	2,88 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	39,64 <sup>ns</sup>	107,15 <sup>ns</sup>	0,037 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	13427,01 <sup>**</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × AS)	9	224,11 <sup>*</sup>	279,75 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	4668,76 <sup>**</sup>	47,34 <sup>ns</sup>
Residual 2	36	102,27	253,03	0,01	0,55	1601,09	22,94
CV 1 (%)		13,42	17,64	31,51	24,91	23,18	19,34
CV 2 (%)		14,07	38,65	38,10	23,57	21,74	18,96

<sup>ns</sup>, \* e \*\*Respectivamente, não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV: coeficiente de variação, GL: graus de liberdade; <sup>1</sup>Dados transformados em  $\sqrt{x}$

A concentração de ácido salicílico em concentrações até 3,6 mM proporcionou aumento no conteúdo relativo de água (Figura 5), mesmo quando as plantas foram cultivadas com o maior CEsn (6,6 dS m<sup>-1</sup>), sendo o maior valor estimado de 72,23% obtido nas plantas submetidas à CEsn de 4,8 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 3,7 mM de AS. Contudo, o menor valor de 64,92% foi verificado nas plantas submetidas à CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e sem aplicação de AS (0 mM). O CRA é uma variável indicativa do status hídrico da planta e, sua redução em função da salinidade, pode ocorrer devido aos efeitos osmóticos, que restringe a absorção de água pelas plantas (MORAIS et al., 2018).

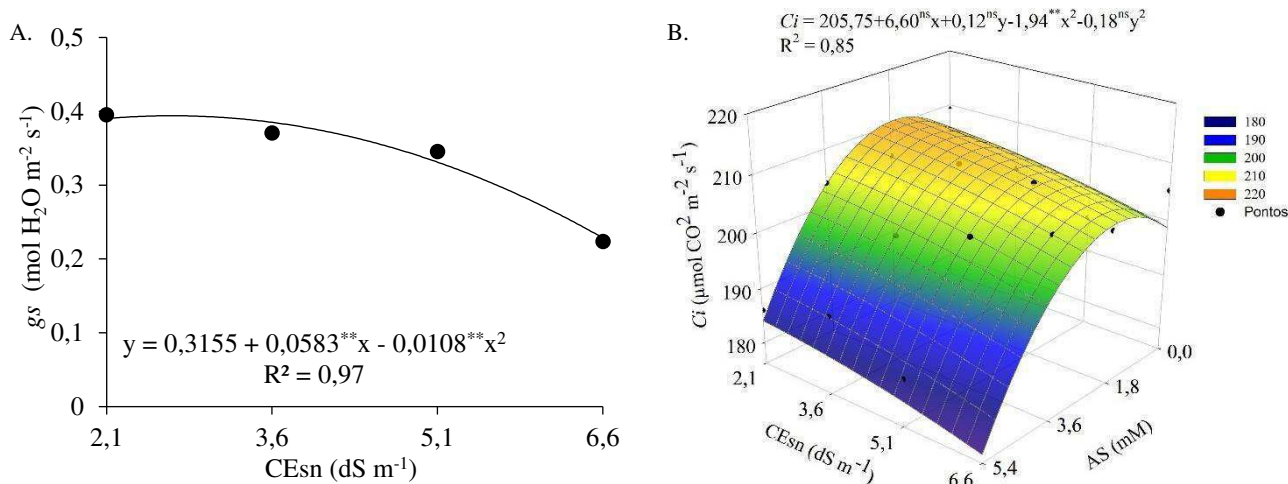
O aumento na CRA nas plantas submetidas à concentração de 3,6 mM pode estar associado as funções fisiológicas do ácido salicílico sobre o acúmulo de osmóticos, contribuindo para a absorção e aumento do conteúdo relativo de água nos tecidos (SILVA et al., 2021). Batista et al. (2021) em estudo com tomate cereja submetido à solução nutritiva salina (CEsn variando de 2,5 a 8,5 dS m<sup>-1</sup>) em sistema hidropônico, constataram que o estresse salino ocasionado pela CEsn a partir de 4,0 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente a CRA no limbo foliar das plantas, cuja redução foi de 14% entre o menor (2,5 dS m<sup>-1</sup>) e o maior nível de CEsn (7,0 dS m<sup>-1</sup>).



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico - AS, respectivamente;  
 \*Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F

**Figura 5.** Conteúdo relativo de água - CRA (A) no limbo foliar das plantas de pepino japonês, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplantio

A condutância estomática das plantas de pepino reduziu de forma quadrática com o incremento nos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 6A), sendo o valor máximo estimado de  $0,394 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  obtido nas plantas cultivadas sob CEsn de  $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ , decrescendo a partir deste nível e alcançando o valor mínimo de  $0,230 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  nas plantas submetidas à CEsn de  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ . O fechamento estomático é uma estratégia para reduzir as perdas de água e manter um equilíbrio hídrico, contribuindo para uma menor absorção de íons tóxicos (DIAS et al., 2019). O efeito negativo da salinidade da solução nutritiva também foi verificado por Dantas et al. (2022) em pesquisa com abobrinha italiana cultivada com CEsn ( $2,1$  a  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) em sistema hidropônico tipo NFT, em que observaram redução na  $gs$  de  $26,84\%$  por incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva.



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn e concentração de ácido salicílico - AS, respectivamente;  
 \*Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F. respectivamente

**Figura 6.** Condutância estomática -  $g_s$  (A) das plantas de pepino japonês em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  -  $C_i$  (B), em função da interação entre os níveis de CESn e das concentrações de ácido salicílico - AS, aos 30 dias após o transplantio

Com relação à concentração interna de  $\text{CO}_2$  das plantas de pepino (Figura 6B), observa-se que o valor máximo estimado de  $210,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi registrado nas plantas submetidas à CESn de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  e ácido salicílico na concentração de  $1,7 \text{ mM}$ . As plantas de pepino submetidas ao maior nível de CESn ( $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ ) e AS na concentração de  $5,4 \text{ mM}$  apresentaram o menor valor de concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $177,77 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Tal fato pode estar relacionado ao consumo de carbono pela Rubisco no ciclo de Calvin, que reduz o carbono presente na câmara subestomática, sendo que danos nesse processo reduzem o consumo de carbono, provenientes do desbalanço energético provocado pelo acúmulo de sais na planta, que intensifica a produção de espécies reativas de oxigênio (VELOSO et al., 2022). Esse incremento pode ser atribuído a capacidade do AS atuar na regulação estomática, favorecendo, assim, a entrada de  $\text{CO}_2$  nas células (ARFAN; ATHAR; ASHRAF, 2007).

O fechamento parcial dos estômatos é uma resposta precoce das plantas ao estresse salino, na tentativa de reduzir a perda de água e, conseqüentemente, a absorção de sais da solução do solo sem comprometer a atividade fotossintética (DIAS et al., 2018; BEZERRA et al., 2018). Oliveira et al. (2022) ao avaliarem os efeitos do estresse salino no cultivo de melão cv. Gaúcho (CESn variando de  $2,1$  a  $5,4 \text{ dS m}^{-1}$ ) e aplicação foliar de ácido salicílico, constataram que o aumento nos níveis salinos da solução nutritiva reduziu a  $C_i$ , ao comparar as plantas que



receberam CEs<sub>n</sub> de 5,4 dS m<sup>-1</sup> com aquelas cultivadas sob CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> na ausência de ácido salicílico, houve uma diminuição no *Cl* de 28,49%.

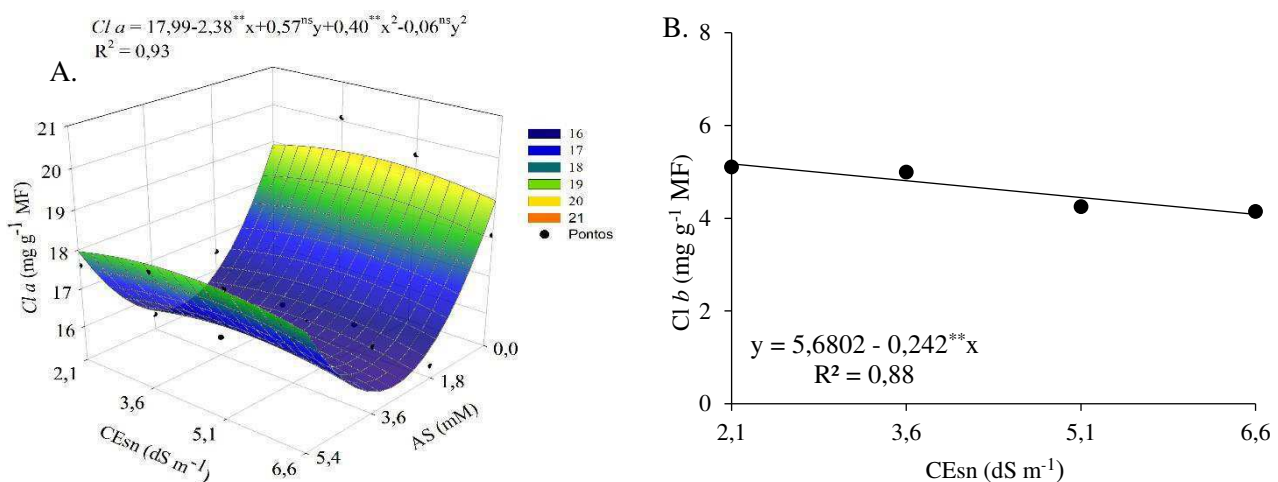
Houve efeito significativo da interação entre os fatores níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e ácido salicílico (CEs<sub>n</sub> × AS) sobre os teores de clorofila *a* (*Cl a*), total (*Cl t*) e carotenoides (*Car*). Os níveis salinos da solução nutritiva influenciaram de forma significativa os teores de clorofila *b* (*Cl b*) das plantas de pepino japonês, aos 30 dias após o transplântio (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila *a* (*Cl a*), *b* (*Cl b*), total (*Cl t*) e carotenoides (*Car*) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CEs<sub>n</sub>) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplântio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		<i>Cl a</i>	<i>Cl b</i>	<i>Cl t</i>	<i>Car</i>
Solução nutritiva salina (CEs <sub>n</sub> )	3	43,43**	8,77**	90,20**	3,88**
Regressão linear	1	114,65**	23,68**	242,26**	6,83**
Regressão quadrática	1	0,18 <sup>ns</sup>	1,28	2,43 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	3,29	0,84	6,66	0,12
Ácido salicílico (AS)	3	7,11 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>	16,88 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	11,72 <sup>ns</sup>	3,84 <sup>ns</sup>	28,97 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	4,76 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	9,86 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Interação (CEs <sub>n</sub> × AS)	9	8,26*	1,39 <sup>ns</sup>	16,12*	0,46*
Residual 2	36	2,96	1,12	7,04	0,19
CV 1 (%)		9,52	15,47	10,33	5,67
CV 2 (%)		9,03	17,90	10,62	7,24

<sup>ns</sup>, \* e \*\*Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação; GL - Graus de liberdade

Para os teores de clorofila *a* (Figura 7A) verifica-se que as plantas cultivadas sob CEs<sub>n</sub> de 4,7 dS m<sup>-1</sup> obtiveram o maior valor estimado (19,33 mg g<sup>-1</sup> MF) quando submetidas à concentração de 0 mM de AS. Enquanto o menor teor de *Cl a* (15,38 mg g<sup>-1</sup> MF) foi alcançado sob concentração de 2,9 mM de ácido salicílico e CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup>. A redução na síntese de clorofila é resultante do estresse oxidativo como também pode ser atribuído à inibição da síntese ou a degradação pela enzima clorofilase em plantas sob estresse salino (LIMA et al., 2020b). O ácido salicílico hormônio vegetal que desempenha diversos papéis fisiológicos nas plantas, aumenta a atividade de enzimas antioxidantes, concentradas no cloroplasto que protege o aparelho fotossintético quando uma planta é submetida à estresse, eliminando o excesso de radicais livres (RASHED et al., 2017; AZAD et al., 2021).



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico - AS, respectivamente;  
\*Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F, respectivamente

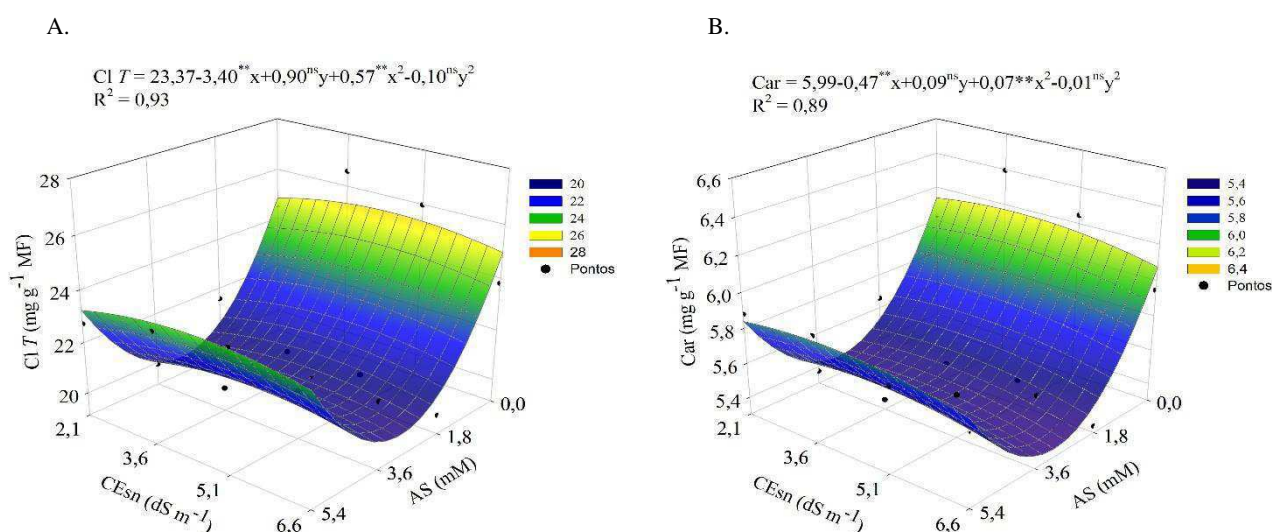
**Figura 7.** Teores de clorofila *a* - Cl *a* (A) das plantas de pepino japonês, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e concentrações de ácido salicílico - AS, e teores de clorofila *b* - Cl *b* (B) em função dos níveis de CEsn, aos 30 dias após o transplântio

O aumento nos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva reduziu teores de clorofila *b* (Figura 7B) nas plantas de pepino japonês, sendo a redução de 4,26% por incremento unitário da CEsn. Ao comparar os teores de Cl *b* das plantas submetidas à CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> em comparação com aquelas que receberam o menor nível salino da solução nutritiva (2,1 dS m<sup>-1</sup>), verifica-se decréscimo de 21,06%. A diminuição do teor de clorofila tem sido considerada um sintoma típico do estresse oxidativo e pode ser atribuída à inibição da síntese ou degradação pela enzima clorofilase (SOARES et al., 2021). Além disso, a redução pode ocorrer por síntese lenta ou degradação rápida, sendo um indício de que houve um mecanismo de fotoproteção por meio da redução da absorvância de luz, diminuindo os teores de clorofila (TAIBI et al., 2016). Em pesquisa com quiabo cv. Canindé cultivada com soluções nutritivas salinas (CEsn variando de 2,1 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>) em sistema hidropônico tipo NFT, Mendonça et al. (2022) observaram que o aumento nos níveis salinos da solução nutritiva elevou os teores de clorofila *b*, sendo o menor valor (20,57 mg g<sup>-1</sup> MF) obtido nas plantas cultivadas sob CEsn de 9,0 dS m<sup>-1</sup>.

Para os teores de clorofila total (Figura 8A) verifica-se que as plantas cultivadas sob CEsn de 4,5 dS m<sup>-1</sup> obtiveram o maior valor estimado Cl *t* (25,40 mg g<sup>-1</sup> MF), quando as plantas de pepino japonês foram submetidas à concentração de 0 mM de AS. Enquanto os menores teores

de  $Cl t$  ( $19,749 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ ) foram alcançados nas plantas submetidas à concentração de  $3,0 \text{ mM}$  de ácido salicílico e  $CEsn$  de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ .

O efeito benéfico do ácido salicílico sobre a síntese de pigmentos fotossintéticos pode estar relacionado à capacidade deste fitormônio melhorar as atividades enzimáticas e fotossintéticas, mantendo também o equilíbrio entre a produção e eliminação de espécies reativas de oxigênio - EROs (BATISTA et al., 2019). Batista et al. (2021) avaliando o tomate cereja sob solução nutritiva salina ( $CEsn$  variando de  $2,5$  a  $8,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) em sistema hidropônico tipo NFT, constataram que o estresse salino afetou negativamente a síntese dos teores de carotenoides, sendo o maior valor ( $60,33 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ ) obtido nas plantas submetidas à  $CEsn$  de  $3,3 \text{ dS m}^{-1}$  e o menor ( $46,70 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ ) sob  $CEsn$  de  $8,5 \text{ dS m}^{-1}$ .



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva –  $CEsn$  e concentração de ácido salicílico - AS, respectivamente;  
\*Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F, respectivamente

**Figura 8.** Teores de clorofila total -  $Cl t$  (A) e carotenoides - Car (B) das plantas de pepino japonês, em função da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva ( $CEsn$ ) e concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 30 dias após o transplântio

Com relação aos teores de carotenoides (Figura 8B), as plantas cultivadas sob  $CEsn$  de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$  e concentração de  $0,0 \text{ mM}$  de AS, obtiveram o maior valor estimado ( $6,19 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ ). Enquanto os menores teores de Car ( $5,35 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$ ) foram alcançados nas plantas submetidas à  $CEsn$  de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  e concentração de  $3,0 \text{ mM}$  de ácido salicílico. A redução na síntese de carotenoides pode ser atribuída ao fato de que o estresse salino induz a degradação do  $\beta$ -caroteno e redução dos teores de carotenoides, componentes integrados dos tilacóide que participam da absorção e transferência de luz para a clorofila (DIAS et al., 2019). De acordo

com Lee et al. (2014), o ácido salicílico pode aumentar a atividade da Rubisco, absorção de potássio, e o conteúdo de ATP mantendo uma ótima relação  $K^+/Na^+$  nas plantas, favorecendo uma melhor tolerância ao estresse salino. O  $K^+$  possui papel importante na manutenção do turgor celular, na abertura e fechamento dos estômatos e no controle do processo de fotossíntese (ZRIG et al., 2021).

A interação entre os fatores condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico (CESn  $\times$  AS), afetou de forma significativa a taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule (TCR<sub>DC</sub>), altura de plantas (TCR<sub>AP</sub>) e área foliar (TCR<sub>AF</sub>) das plantas de pepino japonês, no período de 17 a 30 dias após o transplantio (Tabela 5). Os níveis salinos da solução nutritiva afetaram de forma considerável todas as variáveis mensuradas. Já as concentrações de ácido salicílico influenciaram de foram significativas a TCR<sub>AP</sub> e a TCR<sub>DC</sub>.

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância referente à taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR<sub>AP</sub>), diâmetro do caule (TCR<sub>DC</sub>) e área foliar (TCR<sub>AF</sub>) das plantas de pepino japonês cultivada com solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, no período de 17 a 30 dias após o transplantio

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios		
		TCR <sub>AP</sub>	TCR <sub>DC</sub>	TCR <sub>AF</sub>
Solução nutritiva salina (CESn)	3	0,23**	0,23**	0,84**
Regressão linear	1	0,69**	0,68**	1,68**
Regressão quadrática	1	0,027**	0,020*	0,82**
Residual 1	9	0,0003	0,0023	0,001
Ácido salicílico (AS)	3	0,009**	0,01**	0,002 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	0,02**	0,01**	0,003 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,001*	0,000 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Interação (CESn $\times$ AS)	9	0,001**	0,009**	0,03**
Residual 2	36	0,0001	0,001	0,001
CV 1(%)		0,37	2,53	0,81
CV 2(%)		0,26	1,73	0,67

<sup>ns</sup>, \* e \*\* respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação, GL - Graus de liberdade

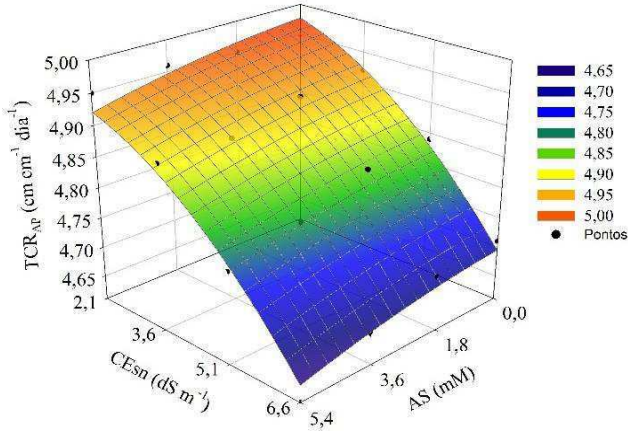
A taxa de crescimento relativo em altura de plantas (Figura 9A), diâmetro de caule (Figura 9B) e área foliar (Figura 9C) das plantas de pepino japonês, reduziu com o incremento nos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva. Para a taxa de crescimento relativo em altura de plantas (Figura 9A), verifica-se que as plantas cultivadas sob CESn de 2,1 dS  $m^{-1}$  obtiveram o maior valor estimado (4,97 cm  $cm^{-1} dia^{-1}$ ) quando submetidas à concentração de 0,0 mM de AS. O maior valor da taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (2,13 mm  $mm^{-1} dia^{-1}$ ) foi alcançado nas plantas foram cultivadas na CESn 2,1 dS  $m^{-1}$  sem aplicação de AS (0 mM) (Figura 4B). Contudo, a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 2,0 mM

reduziu os efeitos deletérios do estresse sobre a  $TCR_{AF}$  proporcionando o valor máximo estimado de  $5,13 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  nas plantas cultivadas na  $CEsn \ 3,5 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 9C).

A.

$$TCRAP = 4,98 - 0,004^{ns}x + 0,01^{ns}y - 0,001^{ns}x^2 - 0,008^{ns}y^2$$

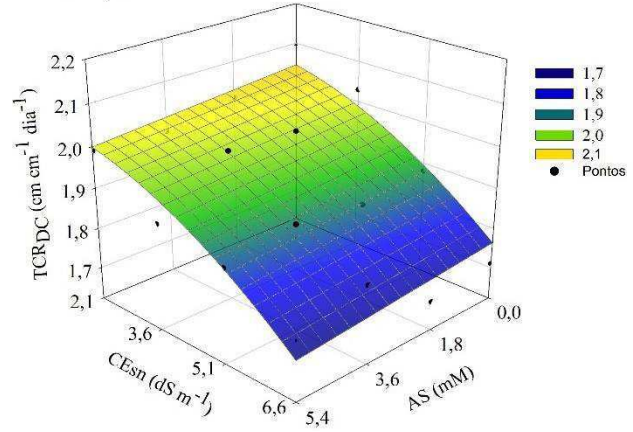
$$R^2 = 0,98$$



B.

$$TCR_{DC} = 2,05 - 0,008^{ns}x + 0,01^{ns}y + 1,441^{ns}x^2 - 0,008^{ns}y^2$$

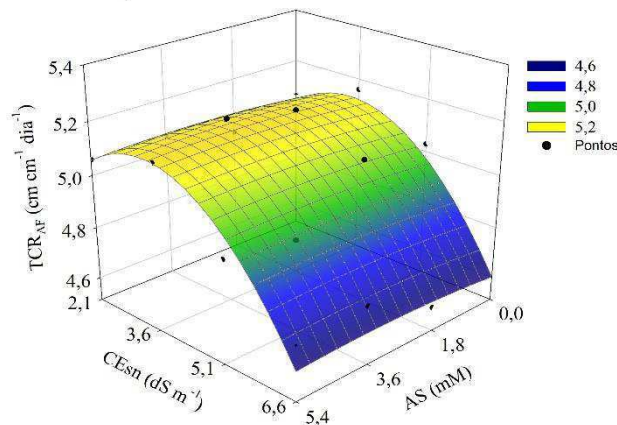
$$R^2 = 0,93$$



C.

$$TCRAF = 4,54 + 0,01^{ns}x + 0,34^{**}y - 0,002^{ns}x^2 - 0,05^{**}y^2$$

$$R^2 = 0,94$$



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva –  $CEsn$  e concentração de ácido salicílico -  $AS$ , respectivamente; \* Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F, respectivamente

**Figura 9.** Taxa de crescimento relativo de altura de planta-  $TCR_{AP}$  (A), diâmetro do caule-  $TCR_{DC}$  (B) e área foliar-  $TCR_{AF}$  (C) de plantas de pepino japonês, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva –  $CEsn$  e concentrações de ácido salicílico -  $AS$ , cultivado em sistema hidropônico, no período de 17 a 30 dias após o transplantio

O aumento da taxa de crescimento relativo da área foliar, observado em plantas submetidas a concentrações de até  $2,0 \text{ mM}$  (Figura 9C), reflete a capacidade do ácido salicílico de impedir a redução de citocinina e auxina, o que estimula a divisão celular e, conseqüentemente, o crescimento vegetal (ESTAJI; NIKNAM, 2020). O estresse salino pode provocar inibição do crescimento das plantas, devido às restrições na absorção de água e

nutrientes. Além disso, o fechamento parcial dos estômatos ocasionado pelos efeitos osmóticos e iônicos provocam alterações na taxa fotossintética e no metabolismo das plantas, reduzindo a pressão de turgescência, o alongamento celular e a elasticidade da parede celular inibindo assim o seu crescimento (RODRIGUES et al., 2018; CHARFEDDINE et al., 2019). Modesto et al. (2019), ao avaliarem os efeitos da salinidade da solução nutritiva (2,08; 4,47; 7,90; 9,46; 12,84; 14,82 e 18,61 dS m<sup>-1</sup>) na cultura do quiabeiro cultivado em sistema hidropônico, observaram que o aumento da salinidade da CEsn a partir de 1,8 dS m<sup>-1</sup> inibiu o crescimento das plantas de quiabeiro cv. Speedy aos 101 dias após a semeadura.

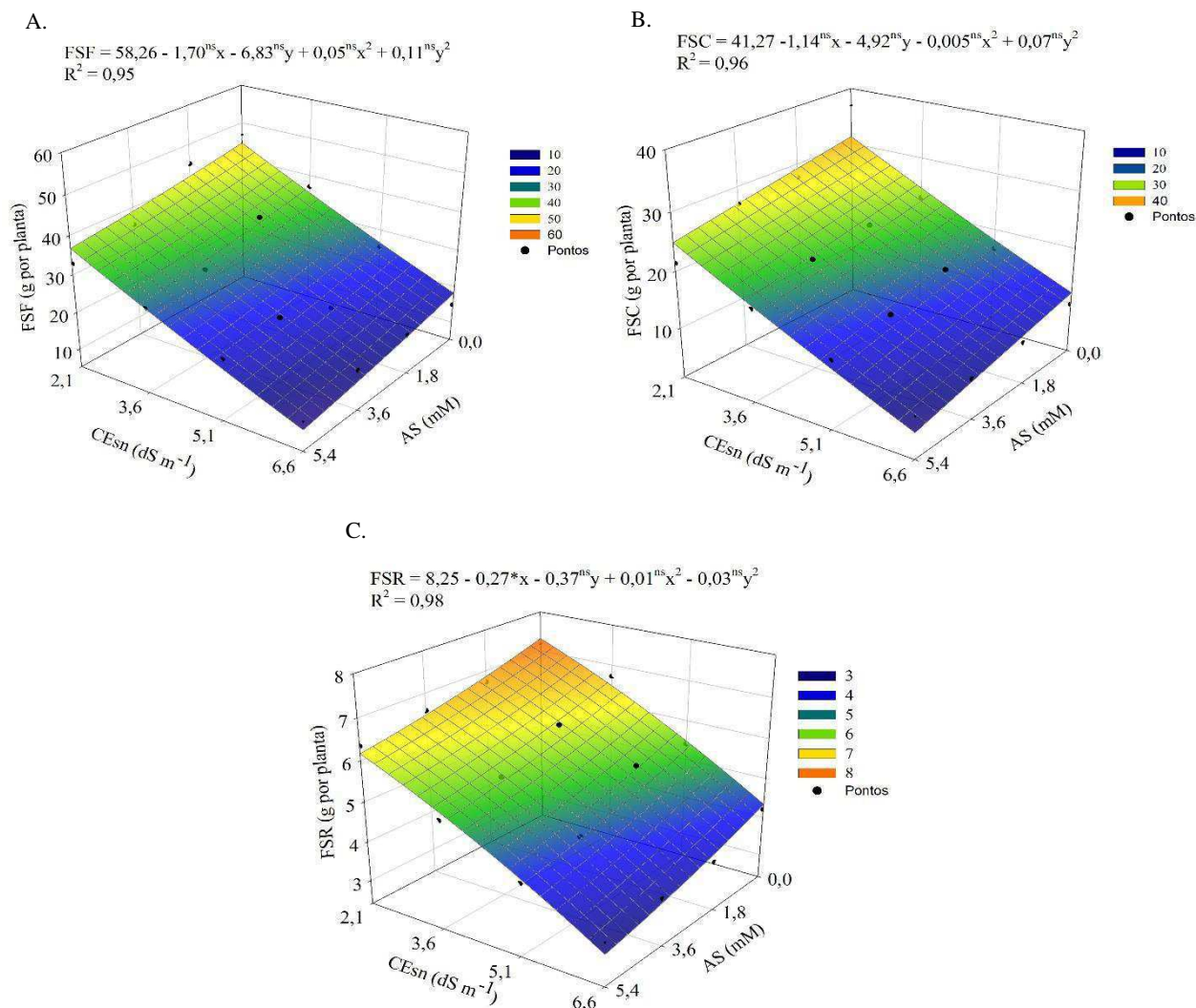
Houve efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico (CEsn × AS) sobre a fitomassa seca de folhas (FSF), do caule (FSC) e fitomassa seca da raiz (FSR) das plantas de pepino japonês, aos 42 dias após o transplantio (Tabela 6). Os níveis salinos da solução nutritiva afetaram significativamente todas as variáveis mensuradas aos 42 dias após o transplantio.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e raiz (FSR) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico aos 42 dias após o transplantio

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios		
		FSF	FSC	FSR
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	1923,03**	1112,51**	26,44**
Regressão linear	1	5760,38**	3325,10**	78,94**
Regressão quadrática	1	8,44 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
Residual 1	9	4,86	4,27	0,18
Ácido salicílico (AS)	3	226,57**	118,70**	3,94**
Regressão linear	1	628,68**	348,86**	11,69**
Regressão quadrática	1	12,95 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × AS)	9	30,70**	31,21**	0,28**
Residual 2	36	6,53	2,45	0,08
CV 1(%)		7,97	11,30	8,16
CV 2(%)		9,13	8,05	5,41

<sup>ns e \*\*</sup> Respectivamente não significativo e  $p \leq 0,01$ ; CV-Coefficiente de variação; GL- Graus de liberdade

Com relação a fitomassa seca de folhas (Figura 10A), observa-se que as plantas submetidas à CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de ácido salicílico na concentração de 0 mM obtiveram o valor máximo estimado de 44,4 g por planta. Por outro lado, o valor mínimo (10,25 g por planta) foi alcançado nas plantas cultivadas sob CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e ácido salicílico na concentração de 5,4 mM.



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico - AS, respectivamente;  
 \*Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F, respectivamente.

**Figura 10.** Fitomassa seca de folhas - FSF (A), de caule - FSC (B) e de raiz - FSR (C) das plantas de pepino japonês, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplantio

Para a fitomassa seca do caule (Figura 10B), constata-se que a salinidade da solução nutritiva de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  sem aplicação de AS (0 mM) proporcionou o valor máximo de  $31,25 \text{ g}$  por planta. Já o menor valor de FSC ( $5,55$  por planta) foi alcançado nas plantas cultivadas sob CEsn de  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$  e ácido salicílico na concentração de  $5,4 \text{ mM}$ . A fitomassa seca da raiz das plantas de pepino japonês também foi afetada significativamente pela interação entre os fatores (Figura 10C), cujo maior valor ( $7,34 \text{ g}$  por planta) foi obtido nas plantas cultivadas sob CEsn

de 2,1 dSm<sup>-1</sup> sem aplicação de AS (0 mM). A salinidade da solução nutritiva de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e aplicação foliar de 5,4 mM de AS resultou em menor valor (3,33 por planta).

A inibição no acúmulo de fitomassas em plantas submetidas ao estresse salino ocorre em função da diminuição na absorção de água e nutrientes e pelos efeitos iônicos responsáveis por desequilíbrios nutricionais e metabólicos. O estresse salino pode provocar alterações nos processos fotossintéticos e no equilíbrio nutricional que resultam em redução no crescimento das plantas (LOPES et al., 2019), fato observado neste estudo no acúmulo de fitomassas. Contudo, os efeitos benéficos do ácido salicílico nas plantas dependem da espécie, método de aplicação, estágio de desenvolvimento e concentração (FARHANGI-ABRIZ; GHASSEMI-GOLEZANI, 2018).

Houve efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico (CEsn × AS) sobre a fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca total (FST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e volume da raiz (VR) das plantas de pepino sob níveis salinos da solução nutritiva e concentrações ácido salicílico, aos 42 dias após o transplântio (Tabela 7).

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa seca total (FST), relação raiz/parte aérea (R/PA) e volume de raízes (VR) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações foliar de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplântio

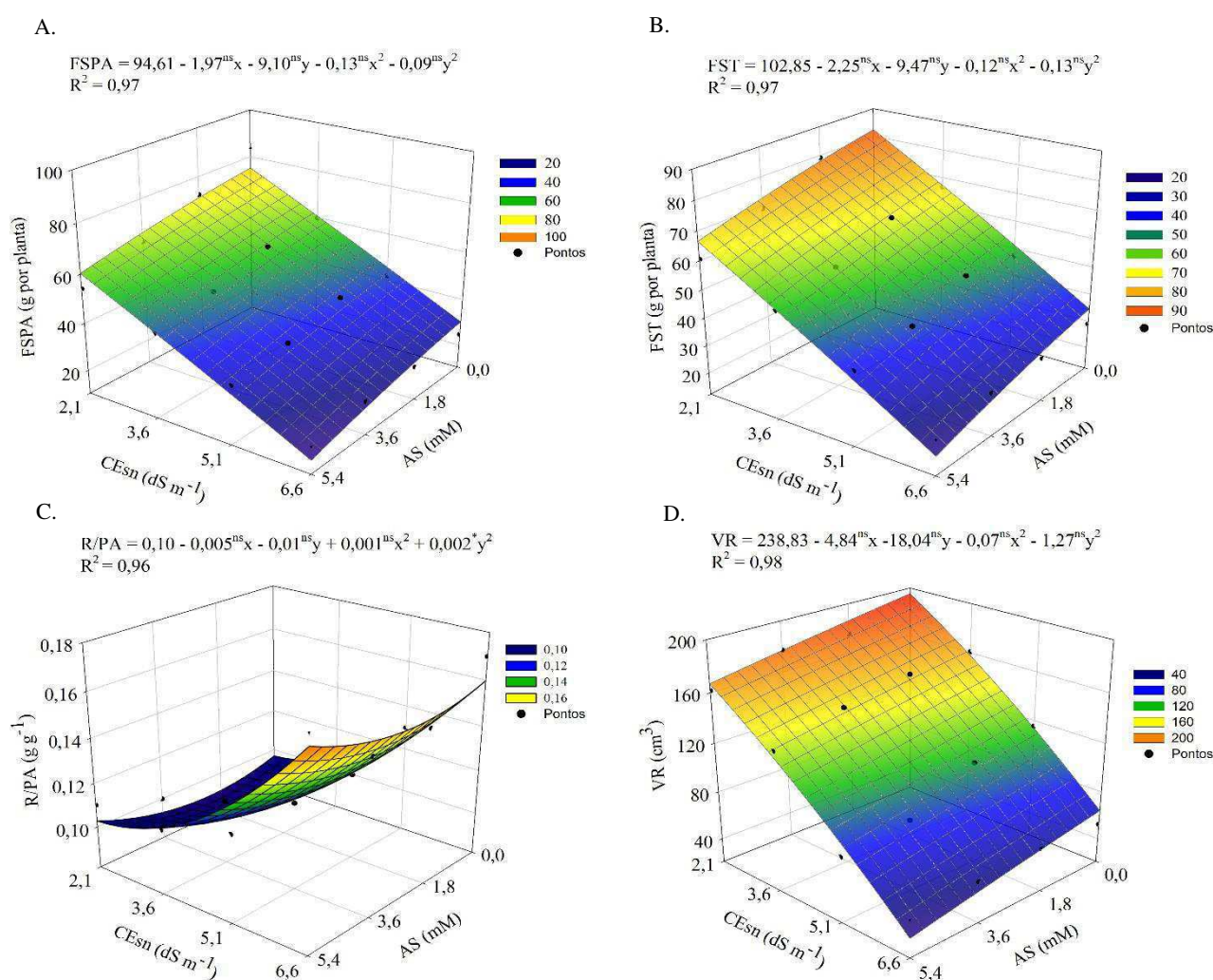
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		FSPA	FST	R/PA	VR
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	5952,13**	6770,67**	0,0111**	51728,95**
Regressão linear	1	17838,36**	20289,88**	0,03**	153006,89**
Regressão quadrática	1	3,08 <sup>ns</sup>	5,55 <sup>ns</sup>	0,002**	540,09*
Residual 1	9	7,06	7,95	0,0001	39,26
Ácido Salicílico (AS)	3	646,45**	749,85**	0,0005*	2396,21**
Regressão linear	1	1914,53**	2225,15**	0,0005 <sup>ns</sup>	7177,50**
Regressão quadrática	1	12,70 <sup>ns</sup>	10,63 <sup>ns</sup>	0,0009*	5,38 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × AS)	9	103,94**	105,14**	0,0003*	344,24**
Residual 2	36	10,31	10,82	0,0001	36,01
CV 1(%)		5,78	5,50	8,70	5,28
CV 2(%)		6,98	6,41	9,22	5,06

<sup>ns, \*</sup> e <sup>\*\*</sup>Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação; GL - Graus de liberdade

Com relação a fitomassa seca da parte aérea (Figura 11A) verifica-se que as plantas submetidas à CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e ácido salicílico na concentração de 0 mM obtiveram o maior valor estimado (75,10 g por planta). Por outro lado, o menor valor foi obtido quando as plantas foram cultivadas com a CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> quando submetidas à concentração de 5,4 mM de



AS, reflete a capacidade do ácido salicílico em impedir a redução de citocinina e auxina, o que motiva a divisão celular e com isso, o crescimento de plantas (ESTAJI; NINAM, 2020). A redução no acúmulo de fitomassa ocorre devido aos efeitos osmóticos e iônicos, que restringe a disponibilidade da água para as plantas, inibe a expansão celular e induz o fechamento estomático, comprometendo a taxa fotossintética e consequentemente o crescimento das plantas (LIMA et al., 2021). Oliveira et al. (2022) em pesquisa com o meloeiro cv. Gaúcho cultivado sob diferentes níveis salinos da solução nutritiva com CEsn variando de 2,1 a 5,4 dS m<sup>-1</sup>, constataram que o aumento nos níveis de CEsn a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup> reduziu o acúmulo de fitomassa seca da parte aérea e total das plantas, aos 74 dias após o transplântio.



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico - AS , respectivamente; \* - Significativo em  $p \leq 0,05$  pelo teste F, respectivamente

**Figura 11.** Fitomassa seca da parte aérea - FSPA (A), fitomassa seca total - FST (B), relação raiz/parte aérea - R/PA (C) e volume da raiz – VR (D) das plantas de pepino japonês, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das

concentrações de ácido salicílico- AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 42 dias após o transplântio

A fitomassa seca total (Figura 11B) das plantas de pepino japonês reduziu de forma acentuada com o incremento nos níveis salinos da solução nutritiva, cujo valor máximo de 82,39 g por planta foi obtido sob CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 0 mM de AS. O menor valor de FST (19,04 g por planta) foi alcançado nas plantas submetidas à salinidade da solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico.

O ácido salicílico desempenha papel importante na regulação de vários processos fisiológicos e de desenvolvimento de plantas, aumenta o crescimento de células radiculares pela divisão e expansão do meristema, contribuindo com o crescimento e o desenvolvimento das plantas (BOUKRAË et al., 2013; SOURI; TOHIDLOO, 2019). A diminuição no acúmulo de fitomassa seca das plantas submetidas à salinidade pode estar associado ao comprometimento da expansão celular, acarretando senescência das folhas, reduzindo a área fotossintética e por conseguinte a produção de fotoassimilados (JIA et al., 2018). A redução no acúmulo de fitomassas em função do estresse salino também foi analisado em outros estudos, como observado em tomate (NOBREGA et al., 2021), melão (OLIVEIRA et al., 2022) e quiabo (MENDONÇA et al., 2022)

Para relação raiz/parte aérea (R/PA) das plantas de pepino japonês (Figura 11C), o maior valor estimado (0,1233 g g<sup>-1</sup>) foi obtido nas plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de AS de 5,4 mM. Já o menor valor de 0,0816 g g<sup>-1</sup> foi verificado nas plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 2,3 mM de AS. A relação raiz/parte aérea (RPA) indica o nível de contribuição das reservas armazenadas no sistema radicular no favorecimento do crescimento da parte aérea (BEZERRA et al., 2022).

O aumento da relação raiz/parte aérea apresenta-se como uma estratégia de tolerância para planta, uma vez que quando são submetidas à estresses procuram aumentar suas raízes em busca de água e nutrientes (DINIZ et al., 2020). Bione et al. (2014) cultivando manjerição em sistema hidropônico com solução nutritiva salina com CEs<sub>n</sub> de 1,45 a 8,48 dS m<sup>-1</sup> observaram que a relação R/PA, aumentou significativamente com o incremento da salinidade, sendo um indicativo de alteração expressiva na partição da fitomassa seca da planta.

O volume de raiz das plantas de pepino japonês (Figura 11D) submetidas à CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> sem aplicação de AS (0 mM) se destacaram com o maior valor estimado (195,34 cm<sup>3</sup>). O menor valor de 36,26 cm<sup>3</sup> foi verificado nas plantas cultivadas sob CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de AS. Altas concentrações de sais presentes na água de irrigação

podem causar alterações iônicas, osmóticas, hormonais e nutricionais, restringindo a absorção de água e afetando negativamente o crescimento e desenvolvimento de culturas (LIMA et al., 2016; BEZERRA et al., 2018). Mendonça (2023), ao avaliar o volume de raiz das plantas de quiabeiro cv Canindé sob a solução nutritiva salina (CEsn 3,0 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>), também verificou redução linear de 59,55% por incremento unitário da CEsn, o menor valor (103,27 cm<sup>3</sup>) foi obtido na CEsn de 9,0 dSm<sup>-1</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

As concentrações de ácido salicílico na concentração de 3,6 mM associadas à solução nutritiva salina de 4,8 dS m<sup>-1</sup> promovem o maior conteúdo relativo de água no limbo foliar das plantas de pepino japonês.

A salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup> inibe o crescimento, a síntese de pigmentos fotossintéticos e o acúmulo de fitomassa nas plantas de pepino japonês, aos 42 dias após o transplantio.

Ácido salicílico na concentração de 2,0 mM resulta em maior taxa de crescimento relativo em área foliar das plantas de pepino japonês sob salinidade da solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

A concentração de 5,4 mM de ácido salicílico associada à solução nutritiva salina, respectivamente de 6,6 dS m<sup>-1</sup> resulta em maior relação de raiz/parte aérea das plantas de pepino japonês em cultivo hidropônico.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abriz, F. S.; Golezani, K. G. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 147, p. 1010-1016, 2018.
- Arfan, M.; Athar, H. R.; Ashraf, M. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate late growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. *Journal of Plant Physiology, Stuttgart*, v. 6, p. 685-694, 2007.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v. 24, p. 1-15, 1949.
- 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. 44, p. 359-369, 2021.

- Bagherifard, A.; Bagheri, A.; Sabourifard, H.; Bagherifard, G.; Najar, M. The Effect of salicylic acid on some Morphological and Biochemistry parameters under salt stress in herb artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, v.10, p.745-750, 2015.
- Basso, S.M.S. Caracterização morfológica e fixação biológica de nitrogênio de espécies de *Adesmia* DC. e *Lótus* L., 1999. 268f. Tese (Doutorado em Zootecnia: Área de Concentração em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- Batista, V. C. V.; Pereira, I. M. C.; Marinho, S. de O. P.; Canuto, K. M.; Pereira, R. de C. A.; Rodrigues, T. H. S.; Daloso, D. de M.; Gomes-Filho, E.; Carvalho, H. H. Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant *Egletes viscosa*. *Environmental and Experimental Botany*, v. 167, e103870, 2019.
- Batista, M. C.; Nascimento, R. do; Maia Júnior, S. de O.; Nascimento, E. C. S.; Bezerra, C. V. de. C.; Lima, R. F. de. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, p. 219-227, 2021.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- 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, p. 32-37. 2018.
- Bezerra, I. L.; Santos, L. da S.; Oliveira, V. L. de; Toledo, F. M.; Sampaio, E. P.; Castro, D. B. de. Morfofisiologia do crescimento inicial de cafeeiros sob salinidade da água de irrigação. *Irriga*, v. 27, p. 30-46, 2022.
- Bione, M. A. A.; Paz, V. P. da S.; Silva, F. da; Ribas, R. F.; Soares, T. M. Crescimento e produção de manjericão em sistema hidropônico NFT sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 1228-1234, 2014.
- Boukraâ, D.; Benabdelli, K.; Belabid, L.; Bennabi, F. Effect of salinity on chickpea seed germination pre-treated with salicylic acid. *Scientific Journal of Biological Sciences*, v. 2, p. 86-93, 2013.
- Charfeddine, S.; Charfeddine, M.; Hanana, M.; Gargouri-Bouzdid, R. Ectopic expression of a grape vine vacuolar NHX antiporter enhances transgenic potato plant tolerance to salinity. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, v. 28 p. 50-62, 2019.

- Chen, J.; Clinton, M.; Qi, G.; Wang, D.; Liu, F.; Fu, Z. Q. Reprogramming and remodeling: transcriptional and epigenetic regulation of salicylic acid-mediated plant defense. *Journal of Experimental Botany*, v 71, p. 5256-5268, 2020
- Dantas, M.V.; Lima, G.S.de; Gheyi, H.R.; Pinheiro, F.W.A.; Silva, P.C.C.; Soares, L.A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. *Revista Caatinga*, v. 35, p. 436–449 2022.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 628-633, 2018.
- 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.
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Souza, L. de P.; Gheyi, H. R.; Medeiros, M. N. V. de. Physiological indices and growth of ‘Gigante Amarelo’ passion fruit under salt stress and silicate fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, p.814-821, 2020.
- Estaji, A.; Niknam, F. Foliar salicylic acid spraying effects on growth, seed oil content, and physiology of drought-stressed *Silybum marianum* L. plant. *Agricultural Water Management*, v. 234: e106116, 2020.
- 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.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular*. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, v. 347, p. 32, 1950.
- ISLA – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível on-line: <https://www.isla.com.br/arquivos-para-download/catalogos>. Acesso em: 5 nov. 2022.
- Jayakannan, M.; Bose, J.; Babourina, O.; Shabala, S.; Massart, A.; Poschenrieder, C.; Rengel, Z. The NPR1-dependent salicylic acid signalling pathway is pivotal for enhanced salt and oxidative stress tolerance in Arabidopsis. *Journal of Experimental Botany*, v.66, p.1865-1875, 2015.
- Jia, J.; Huang, C.; Bai, J.; Zhang, G.; Zhao, Q.; Wen, X. Effects of drought and salt stresses on growth characteristics of *Euphalophyte suaeda* salsa in coastal wetlands. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 103, p. 68-74, 2018.

- Lee, S. Y.; Damodaran, P. N.; Roh, K. S. Influence of salicylic acid on rubisco and rubisco activase in tobacco plant grown under sodium chloride in vitro. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 21, n. 5, p. 417-426, 2014.
- Lima, G. S. de; Santos, J. B. dos; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Pereira, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. *Comunicata Scientiae*, v. 7, p. 513-522. 2016.
- Lima, G. S. de; Soares, M. G. da S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, J. B. da. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour passion fruit seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, p. 393-401, 2021.
- Lima, G. S. de; Dias, A. S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Silva, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias*, v.42, p.214-225, 2019.
- Lima, B. R. de; Oliveira, E. P.; Donato Júnior, E. P.; Bebé, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, p. 679-689, 2020a.
- Lima, G. S. de; Fernandes, C. G. J.; Soares, L. A. 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, p. 184-194, 2020b.
- Lopes, M. de F. Q.; Silva, T. I. da; Nóbrega, J. S.; Silva, R. T. da; Figueiredo, F. R. A.; Bruno, R. D. L. A. Crescimento de *Erythrina velutina* willd. submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. *Colloquium Agrariae*. v. 15, p. 31-38, 2019.
- Medeiros, P.R. F. de; Duarte, S.N.; Dias, C.T.; Silva, M.F. Tolerância do pepino à salinidade em ambiente protegido: Efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. *Irriga*, v. 15, p. 301–311, 2010.
- Mendonça, A.J.T. Ecofisiologia de quiabeiro sob soluções nutritivas salinas e ácido salicílico em cultivo hidropônico. 2023. 84f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola: Área de concentração em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2023.
- Mendonça, A. J. T.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, V.K.N.; Gheyi, H.R.; Lacerda, C. F. de.; Azevedo, C. A. V. de.; Lima, V. L.A. de.; Fernandes, P. D. Salicylic acid modulates okra tolerance to salt stress in hydroponic system. *Agriculture*, v. 12, p. 1687, 2022.

- Modesto, F. J.; Santos, M. A. C. M. dos; Soares, T. M.; Santos, E. P. M. dos Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. *Irriga*, v. 24, p. 86-97, 2019.
- Morais, M. B. de; Camara, T. R.; Ulisses, C.; Carvalho Filho, J. L. S.; Willadino, L. Multiple stresses on the oxidative metabolism of sugarcane varieties. *Ciência Rural*, v. 48, e20141487, 2018.
- 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.; Dias, T. J.; Bruno, R. de L. A. Salinidade da água e ácido salicílico no crescimento de plantas de tomate. *Research, Society and Development*, v. 10, e41210716630, 2021.
- Oliveira, V. K. N.; Lima, G. S. de; Soares, M. D. M.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Paiva, F.J.S.; Mendonça, A.J.T.; Fernandes, P. D. Salicylic acid does not mitigate salt stress on the morphophysiology and production of hydroponic melon. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, e262664, 2022.
- Prevital, E.; Gastaldi, A. C. R.; Novakoski, A. dos S.; Francisco, J. P.; Silva, R. A. da; Lopes, A. D. Potencial produtivo de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) para conserva sob diferentes sistemas de condução. *Research, Society and Development*, v.11, e8011124841, 2022.
- Rashed, S. F.; Mahmoud, M. I.; El-Tantawy, E. M.; Fouad, H. A.; El-Kassas, A. I. Improvement of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) productivity using some antioxidants under salinity conditions of south Sinai. *Journal of Applied Sciences*, v. 6, p. 29-46, 2017.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, USDA. *Agricultural Handbook*, 1954. 160p.
- Rodrigues, A. J. O.; Nunes, R. L. R.; Nunes, A. M. C.; Uchôa, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.14, p.141-148, 2018.
- Rocha, G. T.; Rocha, G. T.; Rocha, G. T. Efeito da salinidade na germinação de pepino. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*. v. 9, p. 42-47, 2019.
- Sausen, D.; Ferreira, C. R. L.; Lopes, S. C. D.; Marques, L. P.; Souza, A. J. M. de; Alves, E. C. G. de A.; Patrocínio, E.S.A. do.; Cordeiro, K. A. S. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, p. 14888- 14903, 2020.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, A. T.; Smedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. dos C. 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, J. R. I.; Jardim, A.M. da R. F.; Neto, J. B.; Leite, M. L. de M. V.; Teixeira, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.11, p.127-139, 2018.
- Silva, T. I.; Melo Filho, J. S.; Gonçalves, A. C. M.; Sousa, L. V.; Moura, J. G.; Dias, T. J.; Pizarro, J.C.A.; Pereira, W.E.; Mendonça, R.M.N. Salicylic acid effect on *Ocimum basilicum* L. during growth in salt stress and its relationship between phytomass and gas exchange. *Journal of Experimental Agriculture International*, v.22, p.1-10, 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, p.453-459, 2021.
- Soares, M. D. M.; Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Oliveira, V. K. N.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Sousa, P. F. do N.; Silva, L. de A.; Fernandes, P. D. Physiology and yield of 'Gaúcho' melon under brackish water and salicylic acid in hydroponic cultivation. *Arid Land Research and Management*, v.37, p. 134 - 153, 2023.
- Souri, M. K.; Tohidloo, G. Effectiveness of different methods of salicylic acid application on growth characteristics of tomato seedlings under salinity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 6, p. 26-32, 2019.
- Taibi, K.; Taibi, F.; Abderrahim, L. A.; Ennajah, A.; Belkhodja, M.; Mulet, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, v.105, p.306-312, 2016.
- Veloso, L. L. de S. A.; Silva, A. A. R. da; Lima, G.S. de; Azevedo, C. A. V. de ; Gheyi, H. R.; Moreira, R. C. Growth and gas exchange of soursop under salt stress and hydrogen peroxide application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 119-125, 2022.
- Weatherley, P. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v. 49 p. 81-97, 1950.
- Yang, X.; Short, T.H.; Fox, R.D.; Bauerle, W.L. Plant architectural parameters of a greenhouse Cucumber row crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.51, p. 93-105, 1990.



Zrig, A.; Abdelgawad, H.; Tounekti, T.; Mohamed, H. B.; Hamouda, F.; Khemira, H. Potassium and calcium improve salt tolerance of *Thymus vulgaris* by activating the antioxidant systems. *Scientia Horticulturae*, v. 277, n. 1, e109812, 2021.

## CAPÍTULO III

---

### **ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO SOBRE A FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO PEPINO JAPONÊS HIDROPÔNICO**

---

Trabalho publicado na Agriculture, v. 13, e395, 2023

**ÁCIDO SALICÍLICO AMENIZA O ESTRESSE SALINO SOBRE A FISIOLOGIA,  
PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DO PEPINO JAPONÊS  
HIDROPÔNICO**

**RESUMO**

O ácido salicílico é um composto fenólico capaz de induzir alterações fisiológicas e metabólicas e promover tolerância das plantas ao estresse salino e, associado ao uso de sistema hidropônico, viabilizar o uso de águas salinas em regiões semiáridas. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito das concentrações de ácido salicílico na mitigação dos efeitos do estresse salino no cultivo de pepino em sistema hidropônico. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, utilizando-se de um sistema hidropônico tipo NFT - Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1, 3,6, 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>) considerados as parcelas e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0, 1,8, 3,6 e 5,4 mM), as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva afetou negativamente a fisiologia, os componentes de produção e a qualidade pós-colheita do pepino. No entanto, a aplicação foliar de ácido salicílico em concentrações entre 1,4 e 2,0 mM reduziu os efeitos prejudiciais do estresse salino, proporcionando aumento da produção e melhoria da qualidade pós-colheita dos frutos de pepino.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus* L; água salina; cultivo sem solo; fitormônio

**SALICYLIC ACID AMENDS SALINE STRESS ON THE PHYSIOLOGY,  
PRODUCTION AND POSTHARVEST QUALITY OF HYDROPONIC JAPANESE  
CUCUMBER**

**ABSTRACT**

Salicylic acid is a phenolic compound capable of inducing physiological and metabolic changes and promoting plant tolerance to saline stress and associated with the use of a hydroponic system, enable the use of brackish water in semi-arid regions. In this sense, the objective of the present study was to evaluate the effect of foliar application of salicylic acid in mitigating the effects of salt stress in cucumber cultivation in a hydroponic system. The research was carried out in a greenhouse, using a hydroponic system of the NFT type - Nutrient Laminar Flow Technique. A completely randomized design was adopted in a split-plot scheme, with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECns (2.1, 3.6, 5.1 and 6.6 dS m<sup>-1</sup>) considered the plots and four concentrations of salicylic acid - SA (0, 1.8, 3.6 and 5.4 mM), the subplots, with four replications and two plants per plot. The increase in the electrical conductivity of the nutrient solution negatively affected the physiology, the production components and the postharvest quality of the cucumber. However, the foliar application of salicylic acid at concentrations between 1.4 and 2.0 mM reduced the harmful effects of saline stress, providing increased production and improved postharvest quality of cucumber fruits.

**Keywords:** *Cucumis sativus* L.; brackish water; soilless cultivation; phytohormone

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez de água doce é comum em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo, devido à irregularidade na distribuição dos recursos hídricos, deterioração da qualidade da água pelas atividades antrópicas e pelo aumento do consumo de água em decorrência do crescimento populacional (ZHANG et al., 2021; ZHANG; DU, 2022). Desta forma, o uso de águas salinas se torna necessário para garantir a produção agrícola nessas regiões e atender à necessidade alimentar (MENDONÇA et al., 2022).

Contudo, o excesso de sais na água e/ou no solo está se tornando uma ameaça cada vez maior para a produção agrícola global e afeta quase 20% das terras irrigadas mundialmente, causando perdas severas na produção e na qualidade de alimentos (BACHANI et al., 2022). As altas concentrações de sais inibem a absorção de água pelas raízes, resultando em déficit hídrico causando redução da área foliar e condutância estomática, o que reduz a fotossíntese e o desenvolvimento das plantas (SOUSA et al., 2022a).

O estresse salino também pode modificar o transporte de elétrons, alterar a atividade do fotossistema II, sendo este responsável pela oxidação das moléculas de água com a finalidade de produzir elétrons (NAJAR et al., 2019). Além disso, a absorção e o acúmulo excessivo de  $\text{Na}^+$  nas células, provoca o desequilíbrio iônico, agravando peroxidação lipídica e danos na membrana celular (FANG et al., 2021). O teor de água no fruto também pode ser afetado pelo estresse salino, causando alterações nas concentrações de sólidos solúveis, ácido ascórbico e acidez titulável (BACHANI et al., 2022).

Os fitohormônios desempenham um papel fundamental na sinalização e atenuação dos estresses bióticos e abióticos (BACHANI et al., 2022). Dentre eles, destaca-se o ácido salicílico (AS), composto fenólico que atua como regulador de crescimento e desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2022a; LACERDA et al., 2022). O AS é considerado um componente chave do sistema antioxidante da planta, exerce um papel importante na regulação do metabolismo de espécies reativas de oxigênio (EROs) e no equilíbrio do sistema redox (POÓR, 2020). Entretanto, o seu efeito depende da concentração, espécie vegetal, estágio de desenvolvimento e o modo de aplicação (HORVÁTH et al., 2007; POÓR., 2019).

O efeito benéfico do ácido salicílico como atenuante do estresse salino, foi relatado nos últimos anos em diversos estudos com hortaliças, como pimentão (VELOSO et al., 2021), tomate (SILVA et al., 2022b), beringela (SOUSA et al., 2022b), melão (SOARES., 2022), quiabo (MENDONÇA et al., 2022) e manjeriço (SILVA et al., 2022c). No entanto,

informações sobre seu uso na cultura do pepino japonês, principalmente no cultivo hidropônico, ainda são incipientes.

O uso de sistemas hidropônicos está se tornando mais difundido, em virtude do maior controle sobre as condições da rizosfera em comparação com o cultivo em solo, resultando em ganhos de quantidade, qualidade e segurança da produção (KALOTERAKIS et al., 2021). O cultivo hidropônico também proporciona maior eficiência no uso de água e nutrientes, e a ausência de potencial matricial minimiza os efeitos da salinidade nas plantas, o que possibilita o uso de águas salobras (SILVA et al., 2022c). Entre os sistemas hidropônicos, destaca-se o NFT (Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente), sistema fechado com recirculação da solução nutritiva, sendo o mais utilizado no cultivo de hortaliças de crescimento rápido (MENDONÇA et al., 2022; BEZERRA et al., 2022).

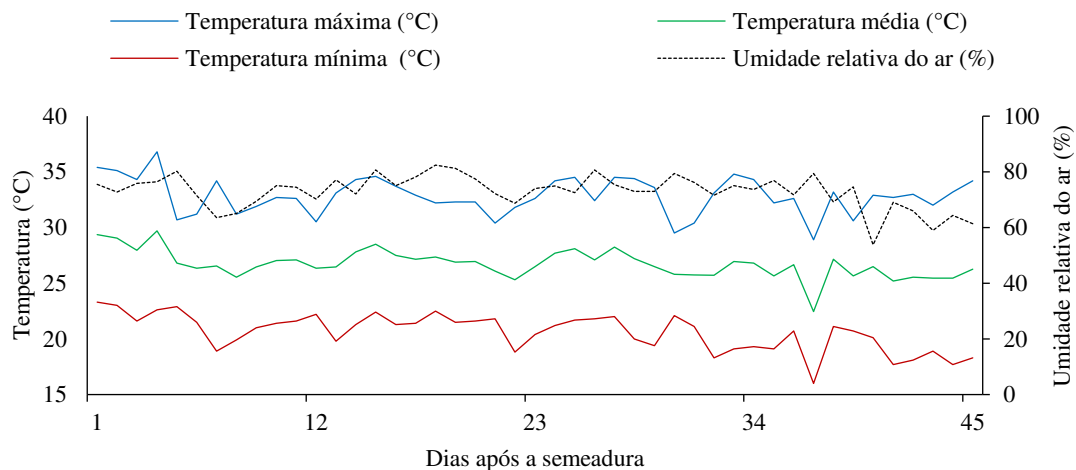
O pepino (*Cucumis sativus* L.) é uma das hortaliças mais populares do mundo e está classificada como moderadamente sensível à salinidade (YILDIRIM et al., 2008; DAS et al., 2022), com nível limiar da água de irrigação de 2,5 a 3,5 dS m<sup>-1</sup> no extrato de saturação do solo (MAAS E HOFFMAN 1977; MEDEIROS et al., 2009). Seus frutos possuem alto valor nutricional, são ricos em proteínas, carboidratos, vitamina C e minerais (SOTIROUDIS et al., 2010; UTHPALA; MARAPANA, 2017). Além disso, o pepino possui propriedades antioxidante, anticancerígena e anti-inflamatória, os quais auxiliam no tratamento de diversas doenças (AGATEMOR et al., 2018).

Estudos anteriores demonstraram que o estresse salino inibe a germinação, crescimento, produção de biomassa, e colheita do fruto de pepino (YILDIRIM et al., 2008). Em pesquisa conduzida por Brengi et al. (2022), limitações no crescimento e na síntese de clorofila foram verificadas devido ao estresse salino. Chen et al., (2020) relataram reduções no rendimento do pepino correspondendo a um incremento de 13% por unidade de condutividade elétrica acima de 2,5 dS m<sup>-1</sup>, demonstrando sua sensibilidade ao estresse salino. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o efeito das concentrações de ácido salicílico na mitigação dos efeitos do estresse salino no cultivo de pepino em sistema hidropônico.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no período de maio a junho 2022 sob condições de casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Pombal – PB, Brasil, localizado geograficamente a 6° 46' 8" Sul e 37° 47' 45" Oeste, com uma altitude de 184 m. De

acordo com a classificação de Köppen, o município de Pombal tem um clima classificado como semiárido (AW' quente e úmido) com período chuvoso que inicia em novembro e termina em abril com precipitação média anual de 700 mm. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar foram coletados diariamente utilizando-se um termohigrômetro digital no interior da casa de vegetação, cujos dados estão dispostos na Figura 1.



**Figura 1.** Dados de temperaturas máximas, médias e mínimas diárias e umidade relativa média do ar observadas no interior da casa de vegetação durante o período experimental

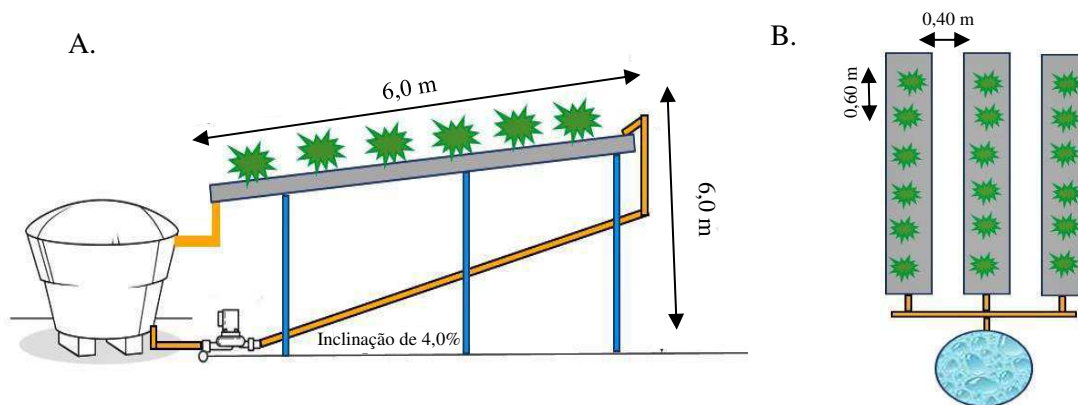
Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs<sub>n</sub> (2,1, 3,6, 5,1 e 6,6 dS m<sup>-1</sup>), e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,8; 3,6 e 5,4 mM) distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de CEs<sub>n</sub> considerados as parcelas e as concentrações de AS as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. As concentrações de AS utilizadas neste estudo foram baseadas em um estudo realizado com melão (SOARES et al., 2023), enquanto os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva foram adaptados pelo estudo realizado por Medeiros et al. (2010) com pepino cv. Hokushin.

Foram utilizadas sementes de pepino 'Hiroshi' japonês da ISLA<sup>®</sup>. Essa variedade tem um ciclo de aproximadamente 60 dias, com plantas vigorosas e produtivas, com adaptabilidade para diferentes regiões do Brasil. Possui frutos cilíndricos e uniformes de cor verde escuro brilhante, com 18 a 22 cm de comprimento e diâmetros entre 30 e 40 mm (ISLA, 2022).

O sistema hidropônico foi do tipo – NFT (Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente) confeccionado com cano de PVC de 100 mm de diâmetro e seis metros de comprimento, espaçados em 0,40 m. No perfil hidropônico cada célula para condicionamento das mudas no

sistema tinha diâmetro de 54,17 mm e espaçamento de 0,50 m; o espaçamento entre tratamentos (subsistemas) foi de 1,0 m.

Os perfis hidropônicos foram apoiados em cavaletes de 6,0 m de altura com 4% de inclinação para permitir o fluxo da solução nutritiva. Ao final de cada subsistema, um recipiente de polietileno de 150 L foi colocado para coletar o excesso de solução nutritiva de retorno e circular no sistema. A solução nutritiva era injetada no perfil hidropônico no topo de cada canal com uma bomba de 35 W a uma vazão de  $3 \text{ L min}^{-1}$ . Um timer foi utilizado para programar a circulação da solução nutritiva no sistema, com fluxo intermitente de 15 min durante o dia e 30 min a noite.



**Figura 2.** Vista lateral (A) e vista superior (B) do sistema hidropônico utilizado para condução da pesquisa

No presente estudo foi utilizado a solução nutritiva recomendada por Hoagland e Arnon (1950), cuja composição e concentrações dos nutrientes estão apresentadas na Tabela 1. A solução foi preparada em água de abastecimento local ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ) resultando em uma condutividade elétrica de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ .

**Tabela 1.** Composição química dos nutrientes presentes da solução nutritiva geral indicada por Hoagland e Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do pepino japonês

Nutrientes	Fertilizantes	Quantidade (g $1000 \text{ L}^{-1}$ )
P	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	136,09
K/N	$\text{KNO}_3$	101,10
Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236,15
Mg	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,49
B	$\text{H}_3\text{BO}_3$	3,10
Mn	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,70
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,75
Mo	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,25
	EDTA - Na	13,9



As soluções nutritivas salinas foram preparadas com adição de cloreto de sódio não iodado (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O), e cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) em uma proporção de 7:2:1, respectivamente. As águas de irrigação foram preparadas considerando a relação entre CEa e concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Eq. 1.

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

Em que:

Q - soma de cátions (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>); e

CEa - condutividade elétrica desejada após descontar a CEa da água do sistema de abastecimento municipal (dS m<sup>-1</sup>).

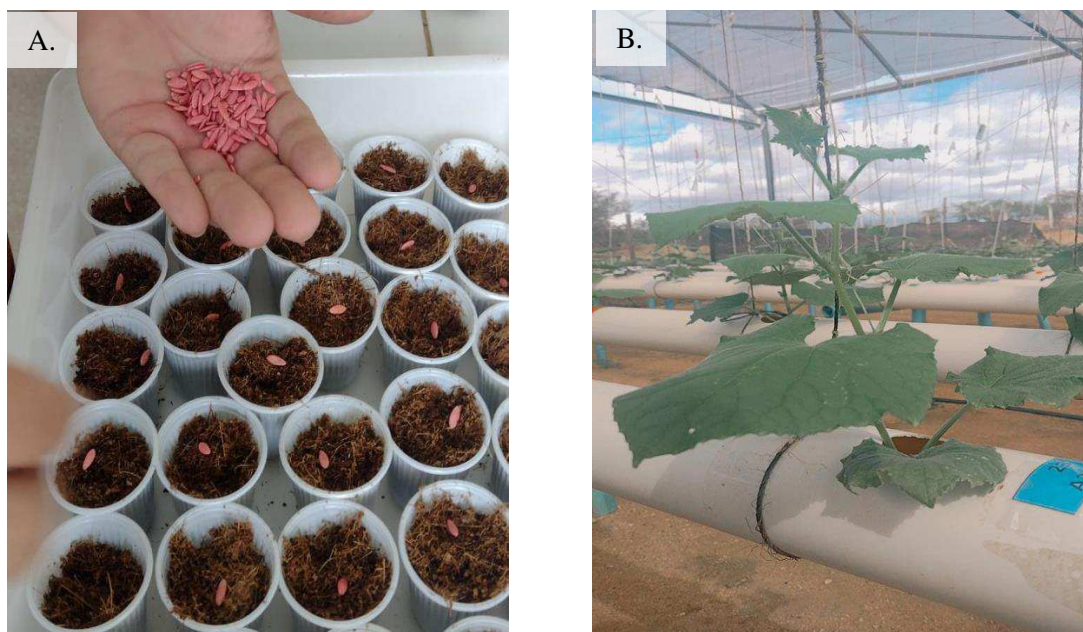
As quantidades dos respectivos sais adicionados à solução nutritiva estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Quantidades de sais incorporadas na solução nutritiva.

CEsn (dS m <sup>-1</sup> )	NaCl	CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O (g 100L <sup>-1</sup> )	MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
2,1	-	-	-
3,6	50,63	18,18	12,58
5,1	71,72	25,76	17,82
6,6	92,81	33,33	23,06

Nos intervalos de oito dias, a solução nutritiva salina foi totalmente substituída, a condutividade elétrica e o pH foram verificados diariamente, sempre que necessário foi realizado o ajustamento da CE com a adição de água de abastecimento local (0,3 dS m<sup>-1</sup>), mantendo o CEsn conforme tratamentos estabelecidos inicialmente, o pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl).

A semeadura de pepino 'Hiroshi' japonês foi realizada em copos de polietileno com capacidade de 50 mL contendo o substrato de fibra de coco e uma semente em cada copo, dispostas em bandejas (Figura 2A). A fibra foi higienizada com hipoclorito de sódio (2,5%) antes da semeadura. Da germinação ao surgimento da primeira folha verdadeira, foi utilizada solução nutritiva de meia força (50%). A fibra foi retirada após a emissão da primeira folha verdadeira e as mudas foram inseridas diretamente nos canais hidropônicos, sendo utilizada solução nutritiva de 100%. As plantas foram conduzidas com tutoramento vertical de modo a deixar o caule ereto com o auxílio de fitilho de 'nylon' (Figura 2B).



**Figura 3.** Semeadura do pepino japonês em recipientes plásticos (A) e disposição das plantas nos perfis hidropônicos (B), aos 8 dias após o transplântio

As concentrações de ácido salicílico foram preparadas através da diluição do ácido salicílico PA em 30% de álcool etílico (99,5%) e 0,05% de Haiten, espelhante adesivo não iônico utilizado para quebrar a tensão superficial e melhorar a absorção pelas folhas de pepino. As aplicações de ácido salicílico foram realizadas após 48 h da inserção das plantas nos perfis hidropônicos e 72 h antes do início da utilização das soluções nutritivas salinas.

As aplicações foram realizadas entre 17 h 00 min e 18 h 00 min com pulverizador manual, visando o molhamento completo da área foliar conforme os tratamentos, aplicando em média 80 mL por planta, em intervalo de 10 dias, totalizando quatro aplicações. Para evitar a deriva dos tratamentos entre as plantas, foi utilizada uma estrutura de uma lona plástica. As plantas foram monitoradas e as práticas fitossanitárias foram realizadas sempre que necessário.

Aos 40 dias após o transplântio (DAT) foram avaliados o conteúdo relativo de água, o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar, as trocas gasosas foliares, os pigmentos fotossintéticos e a fluorescência da clorofila *a*. Em seguida, após 29 DAT foi iniciada a colheita e obtenção dos componentes de produção: número de frutos por planta, peso médio de fruto, produção total, comprimento e diâmetro do fruto. Além disso, as seguintes características pós-colheita foram determinadas na polpa do fruto: pH, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico.

Para determinação do conteúdo relativo de água (CRA), foram retiradas duas folhas do terço médio do ramo principal obtendo-se dez discos de 12 mm de diâmetro. Os discos foram

imediatamente pesados quanto à massa fresca (MF); em seguida, os discos foram transferidos para um béquer e imerso em 50 mL de água destilada por 24 h. Após esse período, com papel toalha, o excesso de água era removido dos discos e a massa túrgida (MT) estava determinada. Os discos foram secos a uma temperatura de  $\approx 65 \pm 3$  °C em estufa até peso constante para obtenção da massa seca (MS). O conteúdo relativo de água foi determinado usando a Eq. 2 conforme recomendado por Weatherley (1950).

$$\text{CRA (\%)} = \frac{(\text{MF}-\text{MS})}{(\text{MT}-\text{MS})} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

CRA - conteúdo relativo de água (%);

MF - massa fresca (g);

MT - massa túrgida (g); e,

MS - massa seca (g).

O extravasamento de eletrólitos (%EE) foi determinado utilizando-se cinco discos foliares com uma área de 1,54 cm<sup>2</sup> cada, os discos foram acondicionados em beckers com 50 mL de água destilada e mantidos em temperatura de 25 °C por 24 h. Transcorrido esse tempo, com o auxílio de um condutivímetro de bancada foi mensurada a condutividade elétrica inicial do meio (Ci). Posteriormente, os beckers foram colocadas em estufa de secagem e mantidas em temperatura de 80 °C por 120 min, para posterior aferição da condutividade final (Cf). O extravasamento de eletrólitos no limbo foliar foi determinado de acordo com Scott-Campos et al. (2013), conforme Eq. 3.

$$\%EE = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

%EE - extravasamento de eletrólitos (%);

Ci - condutividade elétrica inicial (dS m<sup>-1</sup>); e

Cf - condutividade elétrica final (dS m<sup>-1</sup>).

As trocas gasosas foram determinadas nas folhas localizadas no terço médio a condutância estomática -  $g_s$  (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>) e concentração interna de CO<sub>2</sub> -  $C_i$  (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro<sup>+</sup> Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), irradiação de 1200 μmol fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> e fluxo de ar de 200 mL min<sup>-1</sup>, e concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico.

A quantificação dos pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, *b*, clorofila total e carotenoides) foi realizada de acordo com Arnon (1949), utilizando-se extratos de amostras de discos da terceira folha madura a partir do ápice. Em cada amostra, foi adicionada 6,0 mL de acetona PA a 80%. Através desses extratos, foram determinados os teores de clorofila e carotenoides usando a espectrofotômetro (UV/VIS-UV17030, AKSO<sup>®</sup>, São Leopoldo - RS, Brasil) no comprimento de onda de absorvância (470, 647 e 663), usando as Eqs. 4, 5, 6 e 7, com resultados expressos em mg g<sup>-1</sup> MF.

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = 12,21 \text{ ABS}_{663} - 2,79 \text{ ABS}_{646} \quad (4)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = 21,5 \text{ ABS}_{646} - 5,10 \text{ ABS}_{663} \quad (5)$$

$$\text{Carotenóides (Car)} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Cl } a - 85,02 \text{ Cl } b) / 198 \quad (6)$$

$$\text{Clorofila total (Cl } T) = 7,15 \text{ ABS}_{646} + 7,18 \text{ ABS}_{663} \quad (7)$$

A fluorescência da clorofila foi realizada sobre a terceira folha madura, contando do ápice do ramo principal no horário entre 08 h 00 min e 10 h 00 min, utilizando um fluorômetro modulado modelo OS5p da Opti Science, empregando o Fv/Fm protocolo para obter as variáveis - fluorescência inicial (F0), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm). Este protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por 30 min, utilizando uma pinça do aparelho, para garantir que todos os aceitadores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos. Posteriormente, as avaliações foram determinadas sob condições de luz, usando uma fonte de luz actínia com um pulso de saturação multiflash acoplado a um clipe para determinar a intensidade inicial fluorescência antes a saturação pulso (Fs), máximo fluorescência depois adaptação à luz de saturação (Fms), taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência quântica do fotossistema II (Y II).

A colheita teve início aos 29 DAT, os frutos foram colhidos em cada planta baseando-se no grau de maturação quando apresentaram um comprimento de 18 a 22 cm (CARVALHO et al., 2013). Os seguintes componentes de produção foram obtidos: número de frutos por planta, peso médio de fruto (g por fruto), produção total por planta (g por planta), comprimento médio de fruto (cm) e diâmetro médio de fruto (mm). O diâmetro médio do fruto do pepino foi medido no centro do fruto.

Após a colheita, os frutos foram armazenados em freezer a uma temperatura de -14 °C por um período de sete dias. Para determinação da qualidade pós-colheita foram utilizados três

frutos de pepino cortados e triturados no liquidificador para obtenção do extrato. Posteriormente, retirou-se 50 mL para determinação dos sólidos solúveis (SS, °Brix), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT, %) e ácido ascórbico (AA, mg 100 por g de polpa) (IAL, 2008).

Os sólidos solúveis totais foram determinados na polpa dos frutos com casca, utilizando refratômetro digital com compensação automática de temperatura, cujas leituras foram realizadas em triplicata. O potencial hidrogeniônico (PH) foi determinado com a adição de 3 g do extrato do fruto e 47 mL de água destilada, em triplicata, utilizando-se um peagâmetro de bancada previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7.

A determinação da acidez total titulável foi realizada pelo método da titulação com NaOH a 0,1 N. Utilizou-se 3 g do extrato do fruto depositadas separadamente em Becker de 125 mL, em triplicata, adicionados 47 mL de água destilada e agitada. Em seguida, foi acrescentado 3 gotas de indicador fenolftaleína a 5% e realizada a titulação com solução de NaOH a 0,1 N até a coloração rósea (IAL, 2008). A acidez foi expressa em mL da solução de NaOH a 1N por 100 g de polpa foram obtidos através da Eq. 8.

$$AT = \frac{V \times f \times 100}{P \times c} \quad .(8)$$

Em que:

AT - acidez titulável total (%);

V - volume gasto de hidróxido de sódio na titulação (mL);

f - fator da solução;

P - peso da amostra (g); e

c - correção da solução de NaOH.

Os teores de ácido ascórbico foram obtidos por meio de titulação, em que foram pesados 3,0 g da amostra do extrato em um Erlenmeyer, e após, foram adicionados 47 mL da solução de ácido oxálico para a diluição. Posteriormente, foi realizada a titulação com a solução de 2-6-diclorofenol-indofenol (DCPIP) até coloração rosada, sendo anotado o volume gasto. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100g<sup>-1</sup> da amostra, e foram obtidos através da Eq. 9.

$$\text{mg de ácido ascórbico por 100 g} = \frac{V \times F \times 100}{P_a} \quad (9)$$

Em que:

V - volume gasto de DCFI utilizado para titular a amostra (mL);

F - fator da solução; e

Pa - peso da amostra (g).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Em seguida foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade; nos casos de significância isolado do fator, foi feita uma análise de regressão, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019). A escolha do modelo foi baseada nos valores dos coeficientes de determinação. Em caso de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot v.12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

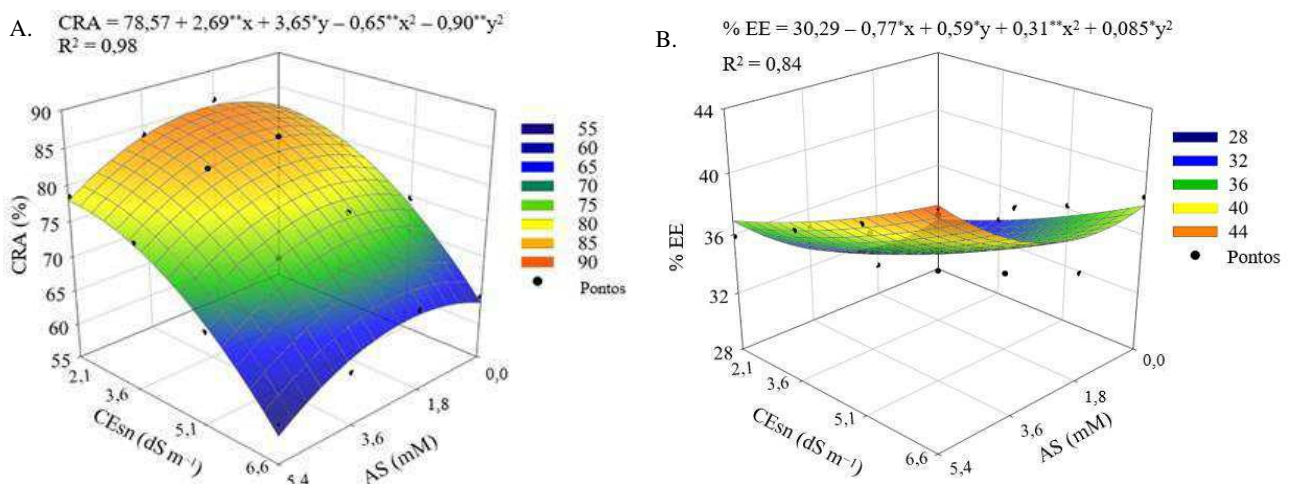
O conteúdo relativo de água (CRA), o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar (%EE) e todas as variáveis das trocas gasosas foliares foram influenciadas de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) pela interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico (CESn  $\times$  AS) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente ao conteúdo relativo de água (CRA), extravasamento de eletrólitos (%EE) no limbo foliar, concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E) e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e as concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplântio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		CRA	%EE	Ci	gs	E	A
Solução nutritiva salina (CESn)	3	1607,72**	106,41**	19058,13**	0,012**	2,93**	237,04**
Regressão linear	1	4218,93**	307,07**	51606,70**	0,03**	7,64**	685,88**
Regressão quadrática	1	601,59 <sup>ns</sup>	8,19*	3835,94*	0,001 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	25,11 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	24,42	0,06	180,69	2,0 $\times$ 10 <sup>-6</sup>	0,01	0,05
Ácido salicílico (AS)	3	11,26 <sup>ns</sup>	136,83**	4900,61**	0,002**	0,38**	130,82**
Regressão linear	1	57,39 <sup>ns</sup>	60,31*	1070,47 <sup>ns</sup>	0,001*	0,07*	141,21*
Regressão quadrática	1	218,37*	223,59**	11184,12**	0,004**	1,04**	165,86**
Interação (CESn $\times$ AS)	9	107,06*	0,33**	1300,44*	6,0 $\times$ 10 <sup>-6</sup> *	3,52**	10,86**
Resíduo 2	36	29,07	3,40	415,59	5,7 $\times$ 10 <sup>-4</sup>	0,28	0,64
CV 1 (%)		6,62	3,66	5,93	10,55	6,32	5,81
CV 2 (%)		7,23	5,10	8,99	13,89	12,32	9,83

ns, \* e \*\*\* Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação; GL - Graus de liberdade

A aplicação foliar de ácido salicílico com concentrações até 2,0 mM proporcionou aumento no conteúdo relativo de água (Figura 4A), mesmo quando as plantas foram cultivadas com o maior CEs<sub>n</sub> (6,6 dS m<sup>-1</sup>). O maior valor de CRA (85,05%) foi obtido nas plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 2,0 mM de ácido salicílico, correspondendo aumento de 3,34% em relação às plantas cultivadas com o mesmo nível salino (2,1 dS m<sup>-1</sup>) e sem aplicação do ácido salicílico (0,0 mM). Entretanto, a aplicação foliar de AS em concentrações maiores de que 2,0 mM intensificou os efeitos deletérios do estresse salino sobre o conteúdo relativo de água, sendo obtido o menor valor (59,03%) nas plantas que receberam CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico.



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs<sub>n</sub> e concentração de ácido salicílico, respectivamente; \* e \*\*\* Significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente

**Figura 4.** Conteúdo relativo de água - CRA (A) e extravasamento de eletrólitos do limbo foliar - %EE (B) das plantas de pepino japonês, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEs<sub>n</sub>) e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplântio

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva proporcionou incremento no extravasamento de eletrólitos do limbo foliar (Figura 4B), independente da concentração de ácido salicílico. A aplicação de ácido salicílico em concentrações maiores que 1,5 mM intensificou os efeitos deletérios do estresse salino, obtendo o maior valor de %EE (42,77%)

nas plantas submetidas à CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e AS na concentração de 5,4 mM. Entretanto, as plantas de pepino submetidas ao maior nível de CEsn (6,6 dS m<sup>-1</sup>) e na concentração de AS 1,4 mM apresentaram %EE de 37,41%, isto é, redução de 12,53% em relação as plantas cultivadas com mesma CEsn e aplicação do AS na concentração de 5,4 mM, demonstrando o efeito benéfico do ácido salicílico na aclimação ao estresse salino, quando aplicado em concentrações adequadas.

Em condições de estresse salino, é comum excesso de íons tóxicos, especialmente Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, que restringem a capacidade das raízes de absorver água (MENDONÇA et al., 2022; ALI et al., 2021). A redução na absorção de água, reflete em menor turgescência foliar, conforme observado neste estudo, através do conteúdo relativo de água (Figura 4A). Resultados semelhantes foram relatados em diferentes hortaliças cultivadas em sistema hidropônico, como melão (SOARES et al., 2022), quiabo (MENDONÇA et al., 2022) e tomate (ALI et al., 2021).

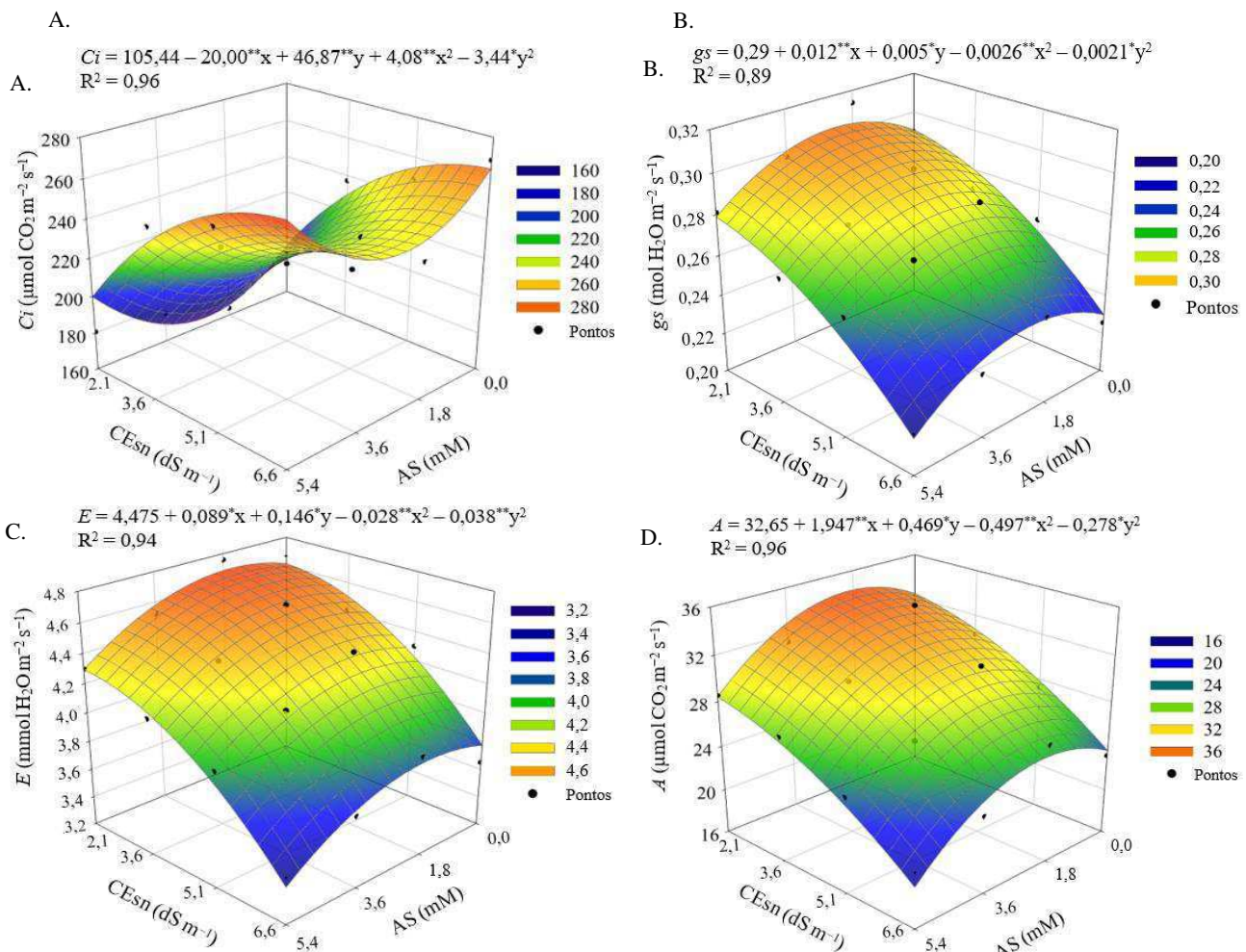
O incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva promoveu aumento no extravasamento de eletrólitos do limbo foliar (Figura 4B). O estresse salino aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio e danifica as proteínas e os ácidos nucléicos, bem como os lipídios da membrana celular, causando peroxidação lipídica (RADY et al., 2020; SACHDEV et al., 2021) e, conseqüentemente maior extravasamento de eletrólitos do limbo foliar. Contudo, o aumento observado no presente estudo, não causou injúrias às membranas celulares dos tecidos foliares, tendo em vista, que só é considerado danos quando ultrapassa 50% o extravasamento de eletrólitos (SULLIVAN et al., 1971). Corroborando com o presente estudo, Mendonça et al. (2022) avaliando o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico em plantas de quiabo hidropônico sob estresse salino (CEsn variando de 2,1 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>) e Oliveira et al. (2022) em plantas de melão, não observaram injúrias à membrana das plantas, ou seja, o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar não excedeu 50%.

Os efeitos deletérios do estresse salino sobre o conteúdo relativo de água e o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar foram atenuados pela aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 2,0 mM, ou seja, o ácido salicílico aumentou o conteúdo relativo de água (Figura 4A) e reduziu o extravasamento de eletrólitos do limbo foliar (Figura 4B). Efeitos benéficos da aplicação foliar de ácido salicílico também foram relatados por Mendonça et al. (2022), em plantas de quiabo hidropônico sob estresse salino (CEsn variando de 2,1 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>). Os autores constataram que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,5 mM, foi capaz de aumentar o conteúdo relativo de água e reduzir a porcentagem de extravasamento de eletrólitos do limbo foliar.



O ácido salicílico é um dos compostos fenólicos essenciais e atua como um regulador de crescimento, desempenhando papel exclusivo em vários processos fisiológicos e bioquímicos (POÓR, 2020; XAVIER et al., 2022). Além disso, atua na redução da peroxidação lipídica e pode interagir com outros hormônios vegetais para aumentar a tolerância das plantas ao estresse salino (GHARBI et al., 2016; JINI et al., 2017).

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 5A) foi reduzida pela aplicação de ácido salicílico até a concentração de 2,0 mM, independentemente do nível de CEs<sub>n</sub>. Observou-se que o menor valor de concentração interna de CO<sub>2</sub> (164,7 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi registrado nas plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e ácido salicílico na concentração de 2,0 mM. As plantas de pepino submetidas ao maior nível de CEs<sub>n</sub> (6,6 dS m<sup>-1</sup>) e AS na concentração de 2,0 mM apresentaram redução de 9,1% (24,0 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) na concentração interna de CO<sub>2</sub> em relação às plantas cultivadas com mesma CEs<sub>n</sub> e sem aplicação do AS (0 mM).



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs<sub>n</sub> e concentração de ácido salicílico, respectivamente; \* e \*\*significativo em p ≤ 0,05 e p ≤ 0,01, respectivamente

**Figura 5.** Concentração interna de CO<sub>2</sub> - *Ci* (A), condutância estomática - *gs* (B), transpiração - *E* (A) e taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> - *A* (D) das plantas de pepino japonês em função da interação dos níveis da condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico- AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplântio

A aplicação foliar de ácido salicílico com concentrações até 2,0 mM proporcionou aumento na condutância estomática (Figura 5B), mesmo quando as plantas foram submetidas ao maior nível de CESn (6,6 dS m<sup>-1</sup>). O maior valor de condutância estomática (0,305 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) foi obtido nas plantas cultivadas com CESn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> concentração de 2,0 mM de ácido salicílico, correspondendo aumento de 4,81% (0,014 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) em relação às plantas cultivadas com o mesmo nível salino (2,1 dS m<sup>-1</sup>) e sem aplicação do ácido salicílico (0 mM). Entretanto, a aplicação foliar de AS em concentrações maiores de que 2,0 mM intensificou os efeitos deletérios do estresse salino sobre a condutância estomática, sendo obtido o menor valor (0,221 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) nas plantas submetidas à CESn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico.

A transpiração e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> das plantas de pepino também foram beneficiadas pela aplicação foliar com ácido salicílico até a concentração de 2,0 mM, independente da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 5C e 5D). As plantas submetidas à concentração de 2,0 mM e CESn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> obtiveram os maiores valores de transpiração (4,7 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (34,3 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Ao comparar em termos relativos a transpiração e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de plantas cultivadas com CESn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e submetidas à concentração de ácido salicílico de 2,0 mM com a de plantas cultivadas com o mesmo nível de salinidade e sem aplicação de AS (0 mM), houve incrementos de 1,52% (0,07 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e 5,9% (1,90 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), respectivamente.

As trocas gasosas das plantas de pepino foram afetadas negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 5). Em condições de estresse abióticos como o estresse salino, ocorre um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e a defesa antioxidante, levando ao estresse oxidativo (ROUMANI et al., 2022). Desta forma, a disponibilidade de água para as plantas diminui, os estômatos são fechados parcialmente (Figura 5B), como mecanismo de tolerância da planta para reduzir a taxa de transpiração e diminuição da absorção de sais (Figura 5C) (DIAS et al., 2018). Isso não apenas reduz diretamente a atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase no ciclo de Calvin, mas também aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) por

recuperação incompleta de oxigênio, reduzindo a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 5D) (ROUMANI et al., 2022). Reduções nas trocas gasosas em plantas de pepino em função do estresse salino também foram verificados em outros estudos, como os realizados por Gurmani et al. (2018) e Turan et al. (2022).

Por outro lado, a aplicação de ácido salicílico na concentração de 2,0 mM aliviou o efeito do estresse salino sobre as trocas gasosas (Figura 5). O ácido salicílico pode aumentar a atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase /oxigenase e, absorção de potássio, o conteúdo de ATP e mantendo adequada relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> nas plantas, favorecendo desta forma a tolerância ao estresse salino (LEE et al., 2014). O AS também aumenta o acúmulo de osmoprotetores, melhorando a turgência nas células vegetais sob estresse e a ativação de enzimas antioxidantes, refletindo em melhor atividade fotossintética (COSTA et al., 2021).

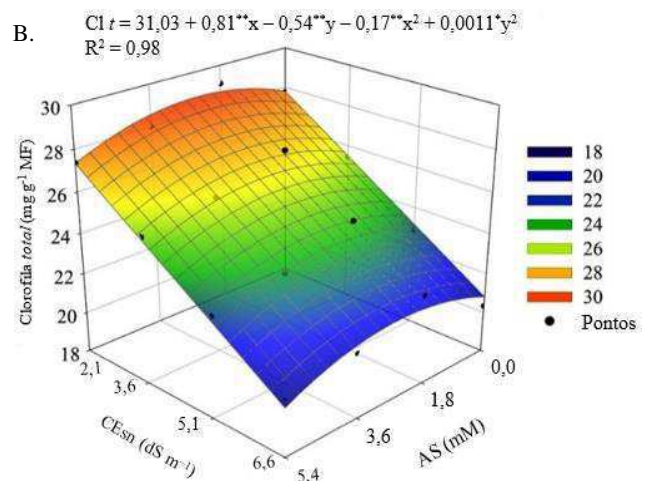
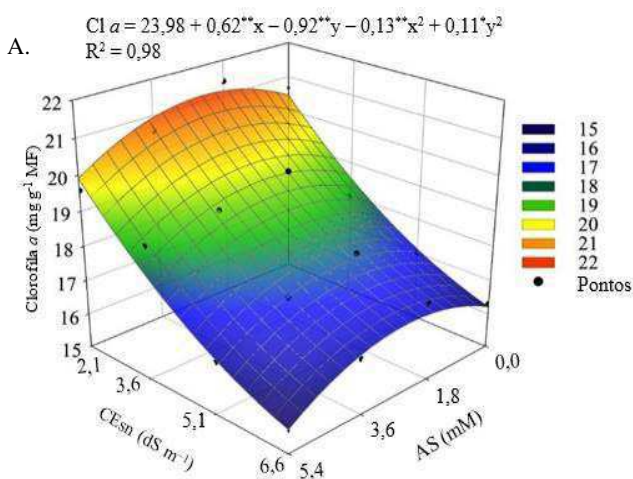
Houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico apenas para a clorofila *a* e total (Tabela 4). Já as condutividades elétricas da solução nutritiva influenciaram significativamente ( $p \leq 0,01$ ) todas as variáveis de pigmentos fotossintéticos, enquanto as concentrações de ácido salicílico avaliadas de forma isolada não afetaram os teores de clorofila e carotenoides das plantas de pepino japonês cultivados em sistema hidropônico, 40 dias após o transplântio.

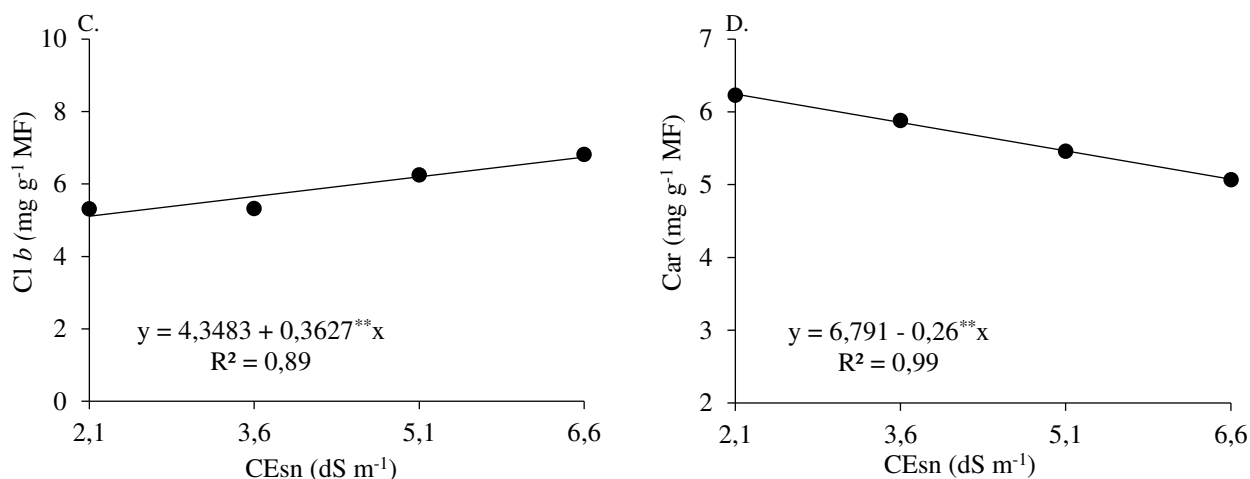
**Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente à clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), clorofila total (Cl *t*) e carotenoides (Car) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CEsn) e as concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplântio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>t</i>	Car
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	54,47**	27,09**	154,76**	1,90**
Regressão linear	1	158,72**	67,54**	433,61**	5,41**
Regressão quadrática	1	4,16 <sup>ns</sup>	12,06 <sup>ns</sup>	30,36 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	3,94	0,59	6,59	0,62
Ácido salicílico (AS)	3	0,49 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	9,73 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	2,62 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	1,88 <sup>ns</sup>	1,51 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	12,12 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	18,53 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × AS)	9	5,42*	0,76 <sup>ns</sup>	18,33*	0,29 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	36	3,24	1,20	7,52	0,38
CV 1 (%)		10,87	12,02	10,43	13,65
CV 2 (%)		9,87	17,19	11,14	10,48

<sup>ns</sup>, \* e \*\*Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação; GL - Graus de liberdade

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva reduziu os teores de clorofila *a* (Figura 6A) e total (Figura 6B) das plantas de pepino. Entretanto, a aplicação foliar de ácido salicílico com concentrações até 2,0 mM reduziu os efeitos do estresse salino, proporcionando aumento na Cl *a* e Cl *t*, mesmo quando as plantas foram submetidas a maior CEs<sub>n</sub> (6,6 dS m<sup>-1</sup>). Os maiores valores de clorofila *a* (21,17 mg g<sup>-1</sup> MF) e clorofila total (28,76 mg g<sup>-1</sup> MF) foram obtidos nas plantas cultivadas com CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 2,0 mM de ácido salicílico, correspondendo aumento de 3,61% (0,74 mg g<sup>-1</sup> MF) na clorofila *a* e 3,50% (0,97 mg g<sup>-1</sup> MF) na clorofila total em relação às plantas cultivadas com o mesmo nível salino (2,1 dS m<sup>-1</sup>) e sem aplicação do ácido salicílico (0 mM). Por outro lado, a aplicação foliar de ácido salicílico em concentrações maiores de que 2,0 mM intensificou os efeitos deletérios do estresse salino, sendo registrado o menor valor de clorofila *a* (15,66 mg g<sup>-1</sup> MF) e clorofila total (20,23 mg g<sup>-1</sup> MF) nas plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico.





Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn e concentração de ácido salicílico, respectivamente; \* e \*\*Significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente

**Figura 6.** Teores de clorofila *a* – Cl *a* (A) e clorofila total - Cl *t* (B), em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) e das concentrações de ácido salicílico- AS, teores de clorofila *b* – Cl *b* (C) e carotenoides - Car (D) em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva das plantas de pepino japonês cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplantio

A síntese de clorofila *b* (Figura 6C) e de carotenoides (Figura 6D) das plantas de pepino foram afetadas negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, com reduções de 7,46% na clorofila *b* e 3,82% no teor de carotenoides por incremento unitário da CESn. Ao comparar o teor de clorofila *b* e carotenoides das plantas cultivadas com CESn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> em relação às submetidas à CESn de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, nota-se redução de 39,9% (3,21 mg g<sup>-1</sup> MF) e 18,17% (1,17 mg g<sup>-1</sup> MF), respectivamente.

Os teores de pigmentos fotossintéticos têm um papel essencial na assimilação de energia nas plantas e seus níveis são significativamente alterados sob estresse salino (NIGAM et al., 2022). Os resultados do presente estudo revelam que o aumento de CESn afetou negativamente a síntese de clorofila e carotenoides em plantas de pepino (Figura 6). Entretanto, a aplicação foliar de AS na concentração de 2,0 mM atenuou os efeitos do estresse salino, promovendo incrementos na clorofila *a* (Figura 4A) e clorofila total (Figura 4B).

O efeito benéfico do ácido salicílico está associado ao seu papel como molécula sinalizadora e na ativação do sistema de defesa da planta, que inclui osmorregulação, eliminação de EROs e homeostase iônica (KANG et al., 2014). O ácido salicílico pode estimular a biossíntese da clorofila e/ou reduzir sua degradação (HUNDARE et al., 2022). Aumento na síntese de clorofila em função da aplicação foliar de ácido salicílico também foram

observados em outros estudos com hortaliças, como em pimentão (VELOSO et al., 2021), tomate cereja (SILVA et al., 2022b), e morango (LAMNAI et al., 2022).

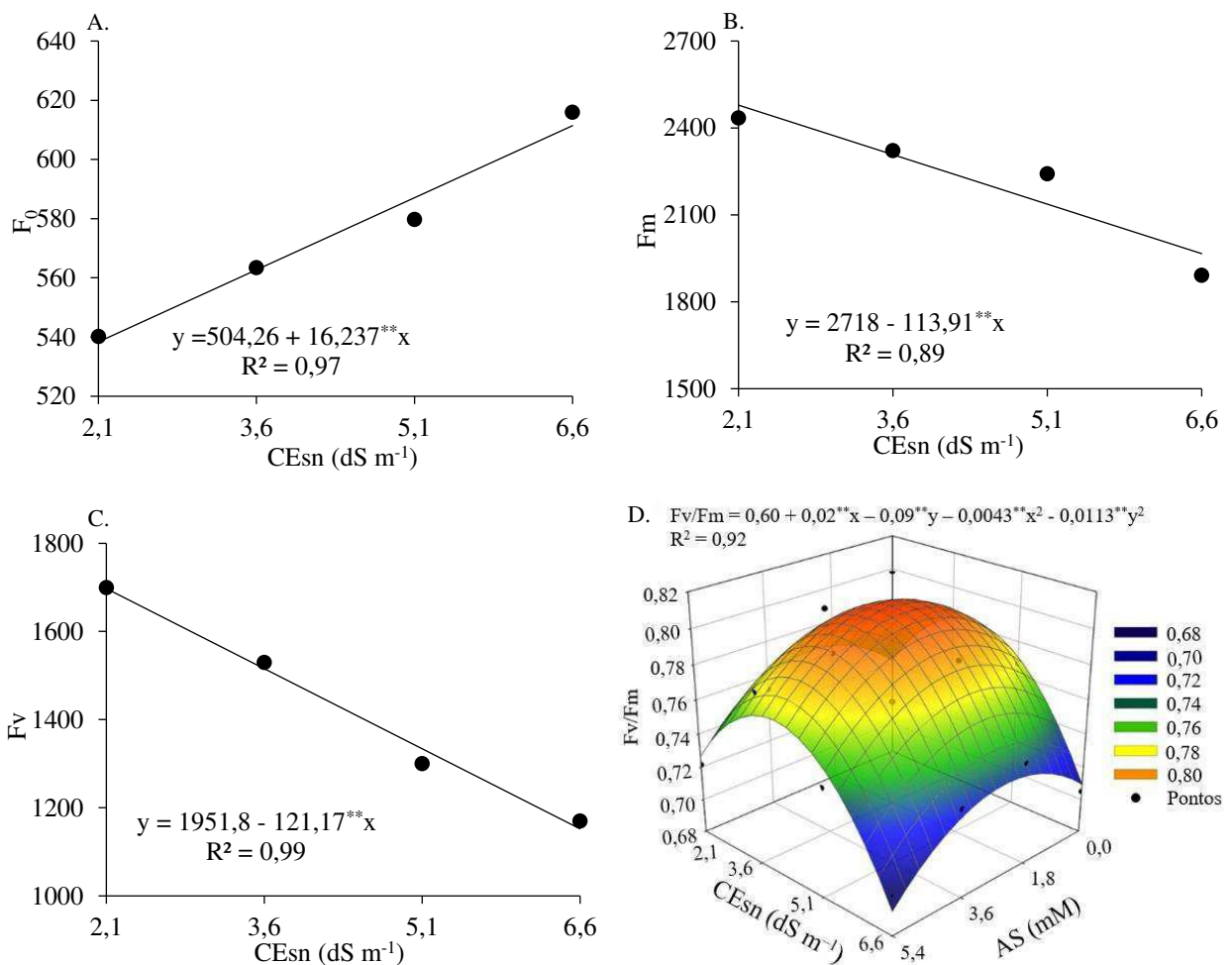
Constata-se, de acordo com o resumo de análise de variância, que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) da interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico (CESn  $\times$  AS) apenas na eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (Tabela 5). Analisado de forma isolada, os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva influenciaram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) todas as variáveis, exceto, a taxa de transporte de elétrons (ETR). Já as concentrações de ácido salicílico, não proporcionaram efeito significativo para nenhuma das variáveis de fluorescência da clorofila.

**Tabela 5.** Resumo da análise de variância referente a fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs), eficiência quântica do fotossistema II na fase clara (Y<sub>II</sub>) e taxa de transporte de elétrons (ETR) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplante

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		F <sub>0</sub>	Fm	Fv	
Solução nutritiva salina (CESn)	3	16234,27**	878366,35**	889782,38**	
Regressão linear	1	47458,15**	225506,26**	20197,31**	
Regressão quadrática	1	669,52 <sup>ns</sup>	73902,41 <sup>ns</sup>	178325 <sup>ns</sup>	
Residual 1	9	1368,75	46782,09	178,25	
Ácido Salicílico (AS)	3	1906,64 <sup>ns</sup>	44209,09 <sup>ns</sup>	695,02 <sup>ns</sup>	
Regressão linear	1	591,32 <sup>ns</sup>	1322,65 <sup>ns</sup>	1176,76 <sup>ns</sup>	
Regressão quadrática	1	1650,39 <sup>ns</sup>	97110,14 <sup>ns</sup>	43056,76 <sup>ns</sup>	
Interação (CESn $\times$ AS)	9	2315,81 <sup>ns</sup>	113099,59 <sup>ns</sup>	26025,02 <sup>ns</sup>	
Residual 2	36	2395,35	64148,96	15211,43	
CV 1(%)		6,44	9,73	9,94	
CV 2(%)		8,51	11,40	8,66	
	GL	Fv/Fm	Fs	Y <sub>II</sub>	ETR
Solução nutritiva salina (CESn)	3	0,021**	174,32**	0,017**	120,39 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	0,028*	505,99**	0,006 <sup>ns</sup>	214,82 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,034**	10,51 <sup>ns</sup>	0,037**	67,09 <sup>ns</sup>
Residual 1	9	$72,0 \times 10^{-6}$	4,73	0,001	53,01
Ácido Salicílico (AS)	3	$25,6 \times 10^{-5}$ <sup>ns</sup>	93,97 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	19,61 <sup>ns</sup>
Regressão linear	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	56,40 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,01 <sup>ns</sup>	151,08 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>
Residual 2	36	$11,8 \times 10^{-5}$	5,87	0,001	31,74
CV 1(%)		10,21	5,41	5,94	12,94
CV 2(%)		11,42	6,79	5,08	10,01

<sup>ns</sup>, \* e \*\* Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação; GL - Graus de liberdade

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva proporcionou efeito linear crescente na fluorescência inicial das plantas de pepino (Figura 7A), com incremento de 3,22% por acréscimo unitário da CEsn. As plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> tiveram aumento de 13,57% (73,06), em relação às cultivadas com CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup>. Diferente do efeito observado na fluorescência inicial (Figura 7A), a fluorescência máxima foi reduzida com incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 7B). As plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> tiveram redução de 20,68% (512,6), em relação as cultivadas com CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup>.



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico, respectivamente; \* e \*\*Significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente

**Figura 7.** Fluorescência inicial - F<sub>0</sub> (A), fluorescência máxima - F<sub>m</sub> (B) e fluorescência variável - F<sub>v</sub> (C) das plantas de pepino japonês, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e, eficiência quântica do fotossistema II – F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> (D) em função da

interação dos níveis de CEs<sub>n</sub> e das concentrações de ácido salicílico - AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplante

A fluorescência variável (Figura 7C) das plantas de pepino diminuiu com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva. As plantas cultivadas com CEs<sub>n</sub> 2,1 dS m<sup>-1</sup> tiveram fluorescência variável de 1697,34, enquanto o menor valor (1152,08) foi obtido sob CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup>, ou seja, houve uma redução de 545,26 (32,12%) sob o maior nível de salinidade (6,6 dS m<sup>-1</sup>). A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 2,0 mM promoveu aumento da eficiência quântica do fotossistema II (Figura 7D), mesmo nas plantas cultivadas com maior nível de CEs<sub>n</sub> (6,6 dS m<sup>-1</sup>); entretanto o maior valor de F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> (0,802), foi obtido nas plantas cultivadas com CEs<sub>n</sub> de 3,8 dS m<sup>-1</sup>, correspondendo aumento de 8,52% (0,063) em relação às plantas submetidas à CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e sem aplicação de ácido salicílico (0 mM). Já o menor valor de eficiência quântica do fotossistema II (0,684) foi registrado nas plantas cultivadas com CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico.

O estresse salino danifica a estrutura do cloroplasto, promove a dissipação de calor não radiativa e inibe a transferência de elétrons no fotossistema II (ZHANG et al., 2021). Os resultados obtidos nessa pesquisa demonstram que o incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva aumentou a fluorescência inicial (Figura 7A) das plantas de pepino, indicando danos ao complexo de captação de luz do fotossistema II. O aumento de F<sub>0</sub> é uma indicação de dano ao centro de reação do fotossistema II, ou redução da capacidade de transferir energia da excitação do sistema de captação de luz para o centro de reação do fotossistema II (PSII) (SILVA et al., 2022a).

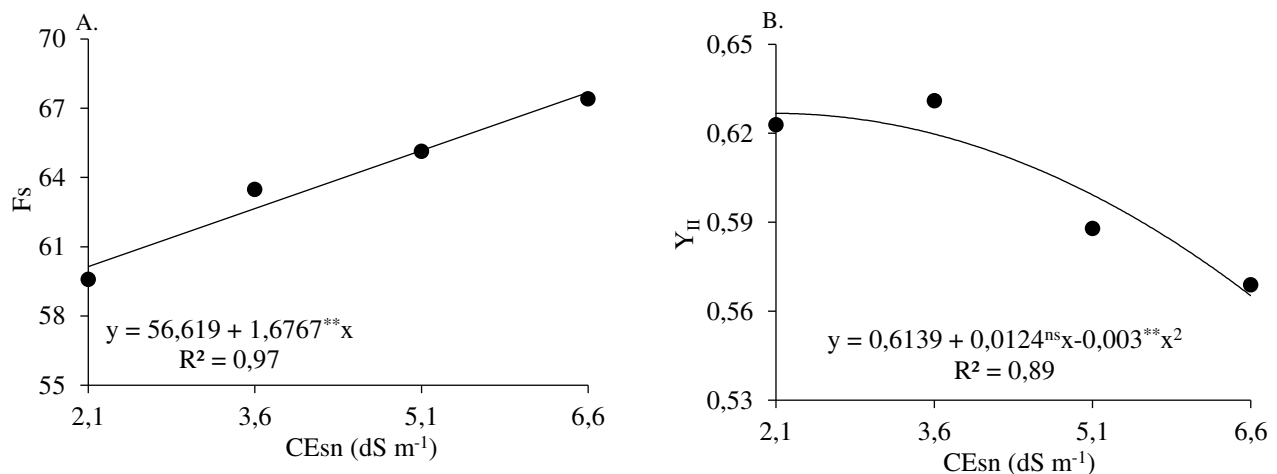
Já a fluorescência máxima (Figura 7B) e fluorescência variável (Figura 7C) foram reduzidas pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, não havendo influência das concentrações de ácido salicílico. A F<sub>m</sub> é o ponto em que a fluorescência da planta atinge sua capacidade máxima e praticamente toda a quinona é reduzida (VELOSO et al., 2023). A redução da F<sub>m</sub> pode ser um indicativo de que houve baixa eficiência na quinona a fotorredução e no fluxo de elétrons entre os fotossistemas, o que resulta em baixa atividade do PSII na membrana do tilacoide, influenciando diretamente no fluxo de elétrons entre os fotossistema (SILVA et al., 2006; TATAGITA et al., 2014). A fluorescência variável refere-se à capacidade da planta de transferir energia de elétrons ejetados de moléculas de pigmento para a formação de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (BEZERRA et al., 2022), sua redução pode indicar que o aparelho fotossintético foi danificado pelo estresse salino, comprometendo o fotossistema II, com efeitos negativos no processo fotossintético (SILVA et al., 2022c).



A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 2,0 mM aumentou a eficiência quântica do fotossistema II na fase escura (Figura 7D), independentemente do nível de condutividade elétrica da solução nutritiva. Desta forma, os resultados revelam que a Fv/Fm das plantas pulverizadas com AS na concentração de 2,0 mM não foram comprometidas pela salinidade da solução nutritiva até 5,0 dS m<sup>-1</sup>, tendo em vista que os valores de Fv/Fm variaram de 0,75 a 0,80, ou seja, foram maiores ou igual a 0,75. Vários autores consideram valores de Fv/Fm entre 0,75 e 0,85 como normais em plantas não estressadas (SÁ et al., 2019; LARBI et al., 2020; SILVA et al., 2021).

O ácido salicílico, além de sinalizar genes e proteínas antioxidantes em condições de estresse salino, pode levar a um maior acúmulo de íons responsáveis pela osmorregulação e estrutura de membranas, como K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup>, e diminuir a concentração de íons tóxicos Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (SILVA et al., 2022c). Tal fato, pode estar relacionado com aumento da eficiência fotoquímica nas plantas de pepino pulverizadas com a concentração de 2,0 mM de ácido salicílico. Corroborando com o presente estudo, Mendonça et al. (2022) avaliando o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico em plantas de quiabo hidropônico sob estresse salino (CEsn variando de 2,1 a 9,0 dS m<sup>-1</sup>), relataram que a aplicação de AS na concentração de 1,2 mM promoveu aumento na Fv/Fm.

Para a fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs) (Figura 8A), constata-se, que o incremento da CEsn promoveu acréscimo de 12,55% nas plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> em comparação com aquelas que receberam 2,1 dS m<sup>-1</sup>. Já a eficiência quântica do fotossistema II na fase clara (Figura 8B), reduziu quando utilizada soluções nutritivas com condutividade elétrica acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, obtendo o menor valor de Y<sub>II</sub> (0,565) nas plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup>.



<sup>ns,\*\*</sup> Não significativo e significativo a  $p \leq 0,01$  pelo teste F, respectivamente

**Figura 8.** Fluorescência inicial antes do pulso de saturação – Fs (A) e eficiência quântica do fotossistema II na fase clara - YII (B) das plantas de pepino japonês, em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn), cultivado em sistema hidropônico, aos 40 dias após o transplântio

As reduções na fluorescência inicial antes do pulso de saturação e na eficiência quântica do fotossistema II na fase clara (YII) (Figura 8) em função do aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva observados no presente estudo indica uma diminuição na atividade fotossintética, corroborando com as reduções observadas na taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 5D) das plantas submetidas aos maiores níveis de CEsn.

A interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico, influenciou significativamente ( $p \leq 0.01$ ) o número de frutos, o peso médio de fruto e a produção total por planta (Tabela 6). Por outro lado, os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva influenciaram de forma significativa ( $p \leq 0.01$ ) todas as variáveis dos componentes de produção, enquanto as concentrações de ácido salicílico por si só não afetaram os componentes da produção do pepino.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância referente ao número de frutos (NF), peso médio de fruto (PMF), produção total por planta (PTP), comprimento médio de fruto (CMF) e diâmetro médio de fruto (DMF) das plantas de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CEsn) e as concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplântio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		NF	PMF	PTP	CMF	DMF
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	40,18**	13910,47**	5869190,94**	49,47**	126,64**
Regressão linear	1	117,83**	40951,25**	16913963,71**	143,91**	364,10**
Regressão quadrática	1	2,71 <sup>ns</sup>	481,58 <sup>ns</sup>	409158,52 <sup>ns</sup>	4,36*	11,78 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	9	0,47	753,89	184044,58	0,64	2,42
Ácido salicílico (AS)	3	0,17 <sup>ns</sup>	527,18 <sup>ns</sup>	66638,93 <sup>ns</sup>	3,88 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>
Interação (CEsn × AS)	9	1,67*	5877,88**	543499,86*	1,01 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	36	0,42	3054,67	89665,21	0,63	2,79
CV 1 (%)		21,29	8,44	19,76	4,63	4,93
CV 2 (%)		19,42	16,98	17,75	3,89	5,29

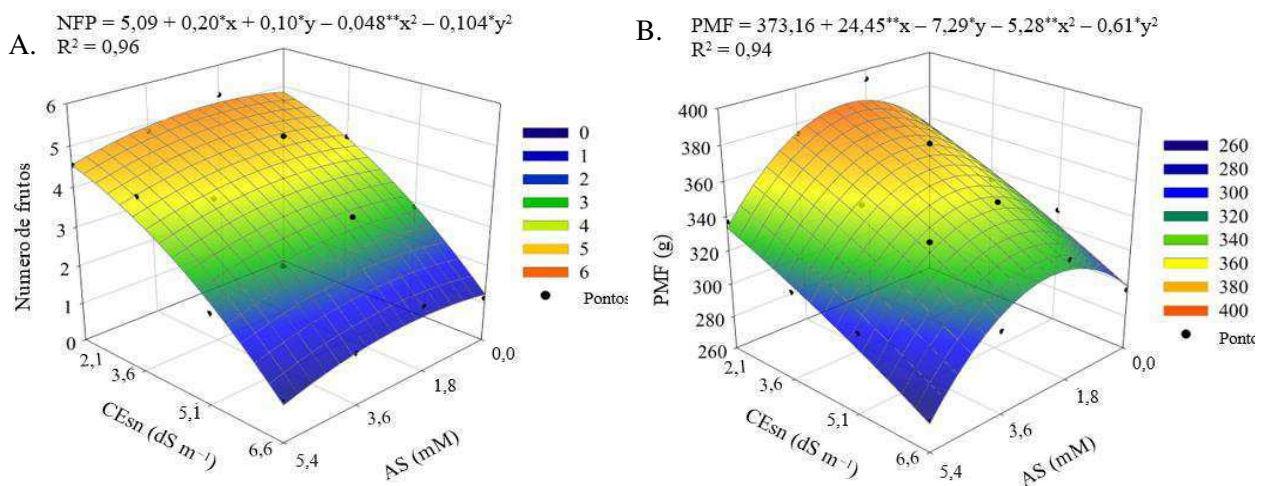
<sup>ns</sup>, \* e \*\* Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação; GL - Graus de liberdade

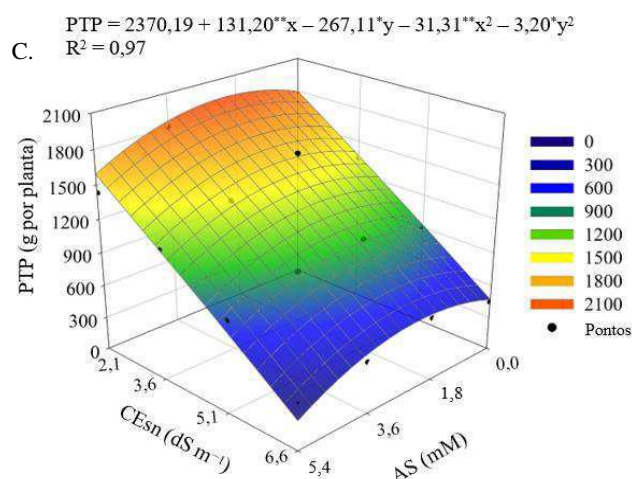
O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva afetou negativamente o número de frutos de pepino por planta (Figura 9A), independente da concentração de ácido salicílico.

Vale ressaltar, que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração estimada acima de 2,3 mM, intensificou os efeitos do estresse salino, sendo registrado o menor valor de NF (0,90 frutos por planta), nas plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico, por outro lado, o maior valor de número de frutos por planta foi de 5,05, obtido nas submetidas à CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e ácido salicílico na concentração de 2,0 mM.

A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração estimada de 2,0 mM também promoveu aumento no peso médio de fruto (Figura 9B) e na produção total por planta (Figura 9C). As plantas cultivadas com CEsn de 2,1 e ácido salicílico na concentração de 2,0 mM, se destacaram com os maiores valores de PMF (383,40 g por fruto) e PTP (1932,59 g planta), correspondendo a um aumento de 7,95% no peso médio de fruto e 7,66% na produção total por planta, em comparação com as plantas cultivadas com o mesmo nível de CEsn (2,1 dS m<sup>-1</sup>) e sem aplicação de ácido salicílico (0 mM).

Entretanto, vale ressaltar, que a aplicação foliar de ácido salicílico em concentrações maiores que 2,1 mM, associada ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, reduziram o peso médio de fruto de pepino e a produção total por planta, registrando os menores valores de PMF (276,54 g por fruto) e PTP (263,35 g por planta) nas plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e ácido salicílico na concentração de 5,4 mM.





Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico, respectivamente; \* e \*\*Significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente

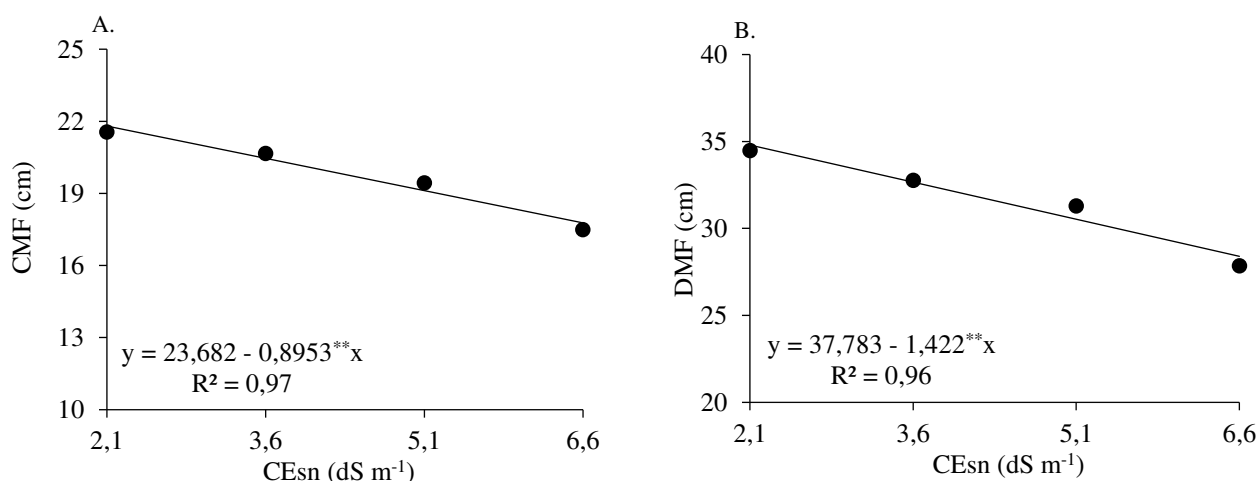
**Figura 9.** Número de frutos por planta – NF (A), peso médio de fruto – PMF (B) e produção total por planta - PTP (C) das plantas de pepino japonês, em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico- AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplântio

Os resultados desta pesquisa indicam que o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva afetou negativamente os componentes de produção do pepino, verificado por meio das reduções observadas no número de frutos por planta, peso médio de fruto, produção total por planta, comprimento e diâmetro de fruto. Esses resultados são consequência dos efeitos osmóticos e iônicos induzidos pela alta salinidade da solução nutritiva (MENDONÇA et al., 2022). A redução do potencial osmótico causa estresse hídrico e acúmulo de  $Na^+$  e  $Cl^-$  levando ao desequilíbrio nutricional e consequente redução dos componentes de produção (Ó et al., 2022). Reduções nos componentes de produção em função do estresse salino em cultivo hidropônico também foram observados em outros estudos com quiabeiro (MODESTO et al., 2022). pepino (ABBASI et al., 2020). e pimenta ‘biquinho’ (BIONE et al., 2021) e abobrinha italiana (DANTAS et al., 2022).

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se sugerir que a aplicação de AS na concentração de 2,0 mM sobre folhas pode aumentar da produção de pepino japonês cultivado em sistema hidropônico provavelmente pela estimulação de processos fisiológicos envolvidos na transferência ativa de produtos fotossintéticos da fonte para o dreno, o que veio de acordo com os resultados obtidos por Khan et al. (2015). Esse efeito benéfico do ácido salicílico sobre os componentes de produção do pepino, pode estar relacionado ao seu papel de reduzir a absorção do  $Na^+$  e aumentar a absorção de N, P, K, Ca e Mg pelas plantas (FARHANGI-ABRIZ

et al., 2022). Aumento nos componentes de produção em função da aplicação foliar de ácido salicílico também foram observados em quiabo hidropônico (MENDONÇA et al., 2022) e melão (SOARES et al., 2022).

A salinidade da solução nutritiva afetou negativamente o comprimento e o diâmetro dos frutos de pepino (Figura 10), com reduções de 3,78% no comprimento médio de fruto e 3,76% no diâmetro médio de fruto, por incremento unitário da CEs<sub>n</sub>. Ao comparar o CMF e o DMF das plantas cultivadas com CEs<sub>n</sub> de 6,6 dS m<sup>-1</sup> em relação as submetidas a CEs<sub>n</sub> de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, nota-se redução de 18,5% (4,03 cm) e 18,4% (6,40 mm) no comprimento e diâmetro, respectivamente.



\*\*Significativo em  $\leq 0,01$  pelo teste F

**Figura 10.** Comprimento – CMF (A) e diâmetro - DMF (B) médio dos frutos de pepino japonês cultivado em sistema hidropônico em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn), aos 45 dias após o transplante

O comprimento e o diâmetro médio do fruto são variáveis que apresentam características de grande interesse do consumidor, uma vez que definem o tamanho da parte comestível e de classificação do fruto. Neste estudo, não foi observado influência da aplicação de ácido salicílico no aumento do diâmetro e comprimento do fruto pepino, embora o AS tenha aumentado o número de frutos, o peso médio dos frutos e, conseqüentemente, a produção total por planta. Entretanto, o comprimento e diâmetro dos frutos de pepino foram reduzidos pelo incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva. Esses resultados são consequência da alta salinidade da solução nutritiva, que pode causar déficit hídrico por reduzir o potencial osmótico e a toxicidade de íons específicos como Cl<sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> (SILVA et al., 2022b).

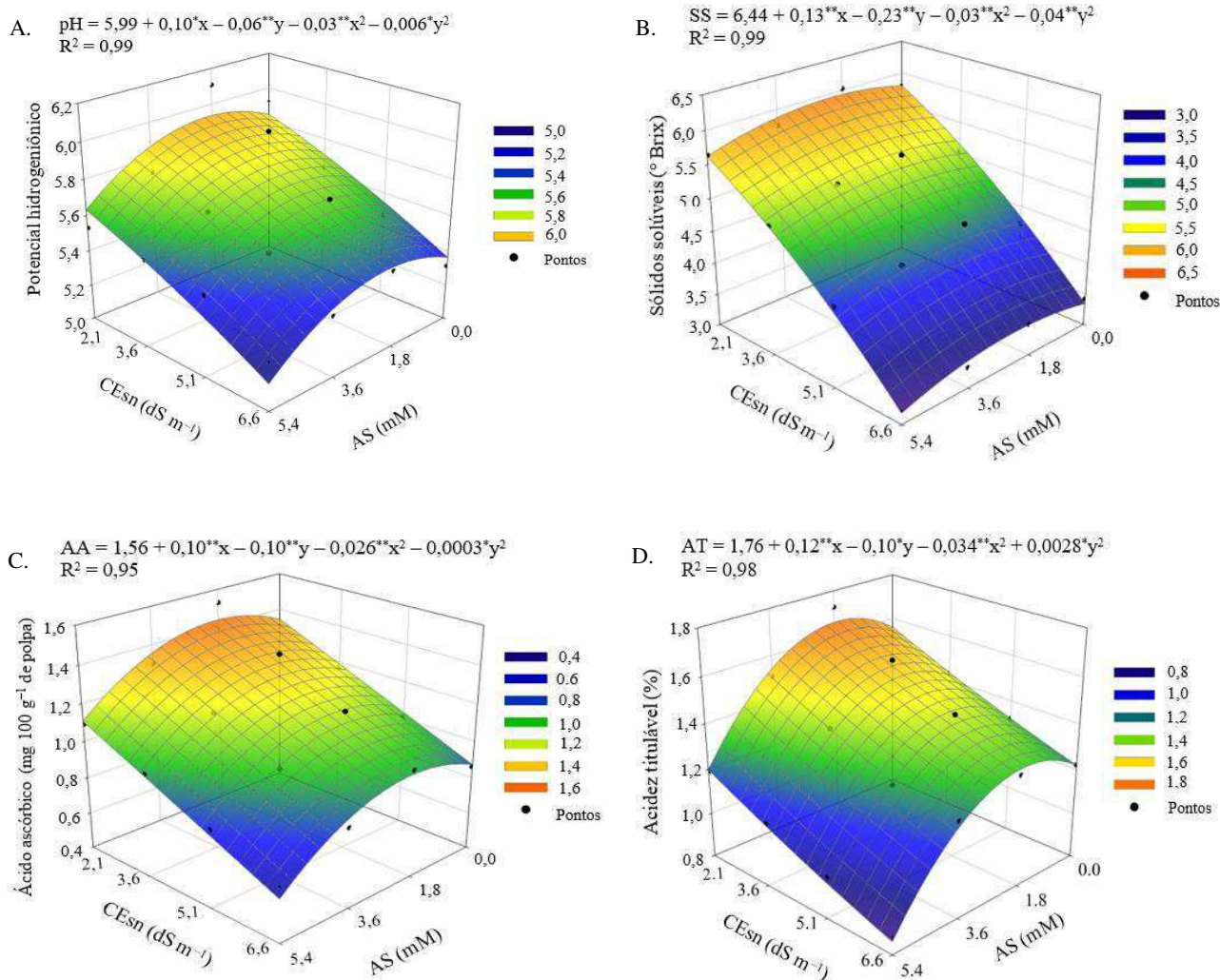
Houve efeito significativo (Tabela 7) da interação entre os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico sobre o potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico (AA) e acidez titulável (AT) dos frutos de pepino japonês cultivado em sistema NFT, aos 45 dias após o transplantio.

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância referente ao potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), ácido ascórbico (AA) e acidez titulável (AT) dos frutos de pepino japonês cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e aplicação exógena de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplantio

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		pH	SS	AA	TA
Solução nutritiva salina (CESn)	3	0,53**	17,97**	0,73**	0,41**
Regressão linear	1	1,56**	52,91**	1,99**	1,16**
Regressão quadrática	1	0,01 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>
Residual 1	9	0,03	0,004	0,006	0,001
Ácido Salicílico (AS)	3	0,35**	0,009**	0,35**	0,65**
Regressão linear	1	0,17 <sup>ns</sup>	0,37**	0,49*	0,69*
Regressão quadrática	1	0,55**	0,79**	0,45**	1,21**
Interação (CESn × AS)	9	0,13*	0,45**	0,006**	0,04*
Residual 2	36	0,02	0,05	0,002	0,008
CV 1(%)		3,24	3,42	2,27	2,74
CV 2(%)		3,00	4,62	4,86	6,75

<sup>ns</sup>, \* e \*\*Respectivamente não significativo, significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ ; CV - Coeficiente de variação, GL: Graus de liberdade

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva reduziu o pH da polpa do fruto de pepino (Figura 11A), sendo as reduções intensificadas com o ácido salicílico em concentrações maiores que 2,1 mM, registrando o menor valor de pH (5,12) nas plantas cultivadas com CESn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 5,4 mM de ácido salicílico. Entretanto, constata-se que a aplicação foliar de ácido salicílico até a concentração de 2,0 mM, promoveu aumento do pH, com maior valor de pH (5,92) obtido nas plantas submetidas à CESn de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 2,0 mM de ácido salicílico.



Y e X - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs e concentração de ácido salicílico, respectivamente; \* e \*\*Significativo em  $p \leq 0,05$  e  $p \leq 0,01$ , respectivamente

**Figura 11.** Potencial hidrogeniônico - pH (A), sólidos solúveis - SS (B), ácido ascórbico – AA (C) e acidez titulável – AT (D) dos frutos de pepino japonês em função da interação dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico-AS, cultivado em sistema hidropônico, aos 45 dias após o transplântio

Os sólidos solúveis (Figura 11B) dos frutos de pepino também foram reduzidos pelo incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva, o maior valor de sólidos solúveis ( $5,92^\circ$  Brix) foi observado nas plantas cultivadas com CEs de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  e ácido salicílico na concentração de  $2,0 \text{ mM}$ ; já os frutos das plantas submetidos à mesma concentração ( $2,0 \text{ mM}$ ) e CEs de  $6,6 \text{ dS m}^{-1}$  registraram uma redução de  $43,9\%$  ( $2,60^\circ$  Brix) nos sólidos solúveis, em comparação com os frutos do pepino submetido à CEs de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ . O aumento de sólidos solúveis pode estar relacionado às funções do ácido salicílico em reduzir a taxa de degradação

de polissacarídeos e conseqüentemente, maior disponibilidade de açúcares simples, além de retardar a maturidade dos frutos inibindo a produção e os efeitos do etileno (BLANKENSHIP et al., 2003). Aumento no teor de sólidos solúveis em função da aplicação de ácido salicílico também foi relatado por Oliveira et al. (2022) em frutos de melão cultivado em sistema hidropônico com águas salobras.

A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração estimada de 2,0 mM promoveu aumento no teor de ácido ascórbico (Figura 11C) e na acidez titulável (Figura 11D) dos frutos de pepino, mesmo quando submetido a maior salinidade da solução nutritiva (6,6 dS m<sup>-1</sup>). Contudo, os maiores valores de ácido ascórbico (1,44 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa) e de acidez titulável (1,67%), foram obtidos nas plantas cultivadas com CEsn de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, correspondendo a um aumento de 6,67% (0,09 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa) no AA e 7,05% (0,11) no AT em relação aos frutos das plantas cultivadas com o mesmo nível de CEsn e sem aplicação de ácido salicílico (0 mM). Já os menores valores de ácido ascórbico (0,67 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa) e de acidez titulável (0,88%) foram obtidos nas plantas cultivadas com CEsn de 6,6 dS m<sup>-1</sup> e a concentração de 5,4 mM de ácido salicílico.

O teor de ácido ascórbico e acidez titulável, foram aumentados em função da aplicação do ácido salicílico na concentração de 2,0 mM. O aumento dessas variáveis é uma característica bastante valorizada quando se trata do aproveitamento de pepino para a indústria, uma vez que reduz a necessidade do uso de acidificantes, melhorando assim a qualidade nutricional e organoléptica, sendo considerado um atributo importante para avaliação pós-colheita (BRASIL et al., 2016).

As variáveis de pós-colheita desempenham um papel fundamental, pois apresentam as características organolépticas que dão a sensação de frescor e palatabilidade ao consumidor (SEYMEN et al., 2021). O pH é um componente importante quando se trata de qualidade do fruto, visto que valores baixos podem garantir a conservação da polpa sem a necessidade de tratamento térmico elevado, evitando assim a perda da qualidade nutricional (LACERDA et al., 2022).

Assim, os resultados obtidos nesta pesquisa sugerem que a redução observada no pH com aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, mostra que o estresse salino imposto ao pepino aumentou o caráter ácido da polpa, além de ter reduzido a concentração de sólidos solúveis totais. Vale ressaltar, que as alterações na qualidade pós-colheita de frutos em plantas cultivadas sob condições de estresse salino ocorrem devido à ação do efeito osmótico na solução do solo, reduzindo o fluxo de energia livre de água e inibindo a absorção de água e nutrientes pelas plantas, bem como a capacidade fotossintética (LIMA et al., 2020).



#### 4. CONCLUSÕES

A salinidade da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> afetou negativamente a fisiologia, os componentes de produção e a qualidade pós-colheita do pepino.

A aplicação foliar de ácido salicílico em concentrações entre 1,4 e 2,0 mM reduz os efeitos deletérios do estresse salino, proporcionando aumento da produção e melhoria na qualidade pós-colheita dos frutos, com os melhores resultados obtidos nas plantas cultivadas com condutividade elétrica da solução nutritiva de 2,1 dS m<sup>-1</sup>.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, F.; Khaleghi, A.; Khadivi, A. The effect of salicylic acid on physiological and morphological traits of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Dream). *Gesunde Pflanz.* v. 72, p. 155-162, 2020.
- Abriz, S.F.; Golezani, K.G. How can salicylic acid and jasmonic acid mitigate salt toxicity in soybean plants? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 147, p. 1010-1016. 2018.
- Agatemor, U. M. M.; Nwodo, O. F. C.; Anosike, C. A. Phytochemical and proximate composition of cucumber (*Cucumis sativus*) fruit from Nsukka, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, v. 17, p. 1215-1219, 2018.
- Ali, M.; Kamran, M.; Abbasi, G.H.; Saleem, M.H.; Ahmad, S.; Parveen, A.; Malik, Z.; Afzal, S.; Ahmar, S.; Dawar, K.M; Ali,S.; Alamri, S.; Siddiqui, M. H.; Akbar, R.; Fahad, S. Melatonin-induced salinity tolerance by ameliorating osmotic and oxidative stress in the seedlings of two tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. *Journal of Plant Growth Regulation.* v.40, p. 2236-2248, 2021.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant physiology*, v. 24, p. 1-15, 1949.
- Bachani, J.; Mahanty, A.; Aftab, T.; Kumar, K. Insight into calcium signalling in salt stress response. *South African Journal of Botany*, v.151, p. 1-8, 2022.
- Bezerra, R.R.; Júnior, J.A.S.; Pessoa, U.C.; Silva, Ê.F.D.F.E.; Oliveira, T.F.de; Nogueira, K.F.; Souza, E.R. de. Water efficiency of coriander under flows of application of nutritive solutions prepared in brackish waters. *Water.* v. 14, p. 4005-4018, 2022.
- Bione, M.A.A.; Soares, T.M.; Cova, A.M.W.; Paz, V.P. S.; Gheyi, H.R., Rafael, M.R.S.; Modesto, F.J.N.; Santana, J. da A.; Neves, B.S.L. das. Hydroponic production of 'Biquinho' pepper with brackish water. *Agricultura Water Management*, v. 245, e106607.2021.

- Blankenship, S.M.; Dole, J.M. Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*, v. 28, p. 1–25, 2003.
- Brasil, A. S.; Sigarini, K. dos S.; Pardino, F. C.; Faria, R. A. P. G. de; Siqueira, N. F. M. P. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de fruta congeladas comercializadas na cidade de Cuiabá MT. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, p. 167–175, 2016.
- Brengi, S. H.; Abd Allah, E. M.; Abouelsaad, I. A. Effect of melatonin or cobalt on growth, yield and physiological responses of cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants under salt stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v. 21, p.51-60, 2022.
- Chen, T. W.; Pineda, I. M. G.; Brand, A. M.; Stützel, H. Determining ion toxicity in cucumber under salinity stress. *Agronomy*, v. 10, p. 677- 685. 2020.
- Carvalho, A. D. F.; Amaro, G. B.; Lopes, J. F.; Vilela, N. J.; Michereff Filho, M.; Andrade, R. A cultura do pepino. Brasília: MAPA, 18p. 2013.
- Costa, A. A.; Paiva, E. P.; Torres, S. B.; Souza Neta, M. L.; Pereira, K. T. O.; Leite, M. S.; Sá, F. V. S.; Benedito, C. P. Osmoprotection in *Salvia hispanica* L. seeds under water stress attenuators. *Brazilian Journal Biology*, v. 82, e233547, 2021.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> application. *Revista Caatinga*, v. 35, p. 436–449 2022.
- Das, A.; Singh, S.; Islam, Z.; Munshi, A. D.; Behera, T. K.; Dutta, S.; Weng, Y.; Dey, S. S. Current progress in genetic and genomics-aided breeding for stress resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, v. 300, e111059. 2022.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.628–633, 2018.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivar acerola BRS 366-Jaburu. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 2p.
- Fang, S.; Hou, X.; Liang, X. Response mechanisms of plants under saline-alkali stress. *Front. Plant Science*, v. 12, e667458, 2021.
- 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.
- Gharbi, E.; Martínez, J.P.; Benahmed, H.; Fauconnier, M. L.; Lutts, S.; Quinet, M. Salicylic acid differently impacts ethylene and polyamine synthesis in the glycophyte *Solanum*

- lycopersicum* and the wild-related halophyte *Solanum chilense* exposed to mild salt stress. *Physiologia. Plantarum*, v. 158, p. 152–167, 2016.
- Gurmani, A. R.; Khan, S. U.; Ali, A.; Rubab, T.; Schwinghamer, T.; Jilani, G.; Farid, A.; Zhang, J. Salicylic acid and kinetin mediated stimulation of salt tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes varying in salinity tolerance. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v. 59, p. 461-471, 2018.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular*. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, v. 347, p. 32, 1950.
- Horváth, E.; Szalai, G.; Janda, T. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 26, p. 290-300.2007.
- Hundare, A.; Joshi, V.; Joshi, N. Salicylic acid attenuates salinity-induced growth inhibition in in vitro raised ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) plantlets by regulating ionic balance and antioxidative system. *Plant Stress*, v. 4, e100070, 2022.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz - Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. In *Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos*, 3rd ed.; IMESP: São Paulo, Brasil, p. 1020, 2008.
- ISLA – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível on-line: <https://www.isla.com.br/arquivos-para-download/catalogos> Acesso em: Set. 2017.
- Jini, D.; Joseph, B. Physiological mechanism of salicylic acid for alleviation of salt stress in rice. *Rice Science*, v. 24, p. 97-108, 2017.
- Kang, G.; Li, G.; Guo, T. Molecular mechanism of salicylic acid-induced abiotic stress tolerance in higher plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 36, p. 2287-2297, 2014.
- Khan, M. I. R.; Fatma, M.; Per, T. S.; Anjum, N. A.; Khan, N. A. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in plant science*, v. 6, p. 462-475, 2015.
- Kaloterakis, N.; Delden, S. H. V.; Hartley, S.; Deyn, G.B. de. Silicon application and plant growth promoting rhizobacteria consisting of six pure *Bacillus* species alleviate salinity stress in cucumber (*Cucumis sativus*). *Scientia Horticulturae*, v. 288, e110383, 2021.
- Lacerda, C. N. de; 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. Engenharia. Agrícola e Ambiental*. v., 26, p. 451-458. 2022.
- Lamnai, K.; Anaya, F.; Fghire, R.; Zine, H.; Janah, I.; Wahbi, S.; Loutfi, K. Combined effect of salicylic acid and calcium application on salt-stressed strawberry plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, v. 69, p. 1- 12, 2022.

- Larbi, A.; Baccar, R.; Boulal, H. Response of olive tree to ammonium nitrate fertilization under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, v. 44, p. 1432–1445, 2020.
- Lee, S. Y.; Damodaran, P. N.; Roh, K. S. Influence of salicylic acid on rubisco and rubisco activase in tobacco plant grown under sodium chloride in vitro. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 21, p. 417-426, 2014.
- Lima, G.S.de; Pinheiro, F.W.A.; Gheyi, H.R.; Soares, L.A. dos A.; Silva, S.S. Growth and post-harvest fruit quality of West Indian cherry under saline water irrigation and potassium fertilization. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 775–784. 2020.
- Nigam, B.; Dubey, R. S.; Rathore, D. Protective role of exogenously supplied salicylic acid and PGPB (*Stenotrophomonas* sp.) on spinach and soybean cultivars grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*, v. 293, e110654, 2022.
- Maas, E.V.; Hoffman, G.J. Crop Salt tolerance—Current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division. ASCE.*, v. 103, p. 115–134, 1977.
- Medeiros, J. F. de; Lisboa, R. A.; Oliveira, M. de; Silva Júnior, M. J. da; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, p. 469–472, 2003.
- Medeiros, P. R.; Duarte, S. N.; Dias, C. T. Tolerância da cultura do pepino à salinidade em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 406–410, 2009.
- Medeiros, P. R. de; Duarte, S. N.; Dias, C. T.; Silva, M. F. Tolerância do pepino à salinidade em ambiente protegido: Efeitos sobre propriedades físico-químicas dos frutos. *Irriga*, v. 15, p. 301–311, 2010.
- Mendonça, A. J. T.; Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Oliveira, V. K. N.; Gheyi, H. R.; Lacerda, C. F. de.; Azevedo, C. A. V. de.; Lima, V. L. A. de.; Fernandes, P. D. Salicylic acid modulates okra tolerance to salt stress in hydroponic system. *Agriculture*, v. 12, p. 1687, 2022.
- Modesto, F. J. N.; Santos, M. Â. C. M. dos; Soares, T. M.; Santos, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. *Irriga*, v. 2486 p. 97-118. 2019.
- Najar, R.; Aydi, S.; Sassi-Aydi, S.; Zarai, A.; Abdelly, C. Effect of salt stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in *Medicago truncatula*. *Plant Biology*, v. 153, p. 88–97. 2019.
- Oliveira, V. K. N.; Lima, G. S. de; Soares, M. D. M.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Paiva, F. J. S.; Mendonça, A. J. T.; Fernandes, P. D. Salicylic acid does not

- mitigate salt stress on the morphophysiology and production of hydroponic melon. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, e262664, 2022.
- Ò, L. M. G. do; Cova, A. M. W.; Azevedo Neto, A. D. de; Silva, N. D. da; Silva, P. C. C.; Santos, A. L.; Gheyi, H. R.; Silva, L. L. da. Osmotic adjustment, production, and post-harvest quality of mini watermelon genotypes differing in salt tolerance. *Scientia Horticulturae*, v. 306, e111463. 2022.
- Poór, P. Effects of salicylic acid on the metabolism of mitochondrial reactive oxygen species in plants. *Biomolecules*, v. 10, p. 341- 352. 2020.
- Poór, P.; Borbély, P.; Bódi, N.; Bagyánszki, M.; Tari, I. Effects of salicylic acid on photosynthetic activity and chloroplast morphology under light and prolonged darkness. *Photosynthetica*, v. 2, p. 367- 376, 2019.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S, Department of Agriculture. 1954. 160p. USDA Handbook 60
- Rady, M. M.; Belal, H. E.; Gadallah, F. M.; Semida, W. M. Selenium application in two methods promotes drought tolerance in *Solanum lycopersicum* plant by inducing the antioxidant defense system. *Scientia Horticulturae*, v. 266, e109290, 2020.
- Roumani, A.; Biabani, A.; Karizaki, A. R.; Alamdari, E. G. Foliar salicylic acid application to mitigate the effect of drought stress on isabgol (*Plantago ovata* forssk). *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 104, e104453, 2022.
- Seymen, M.; Yavuz, D.; Ercan, M.; Akbulut, M.; Çoklar, H.; Kurtar, E. S.; Türkmen, Ö. Effect of wild watermelon rootstocks and water stress on chemical properties of watermelon fruit. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, v. 62, p. 411–422, 2021.
- Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Paiva, E. P. de; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Dias, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. *Bioscience Journal*, v. 35, p. 211–221. 2019.
- Sachdev, S.; Ansari, S. A.; Ansari, M. I.; Fujita, M.; Hasanuzzaman, M. Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants*, v. 10, p. 277, 2021.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, A. T.; Smedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. dos C. 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; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Veloso, L. L. de S.A. Salicylic acid improves physiological indicators of

- soursop irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 412–419, 2022a.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Chaves, L. H. G.; Silva, F. de A. da; Dias, M. dos S.; Fernandes, P. D. Induction of salt stress tolerance in cherry tomatoes under different salicylic acid application methods. *Semina Ciências Agrárias.*, v. 43, p. 1145–1166, 2022b.
- Silva, A. A. R.; Sousa, P. F. do N.; Lima, G. S. de; Soares, L. A.; Gheyi, H. R.; Azevedo, C. A. V. de. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 233, p. 198- 210, 2022c.
- Silva, T. I.; Silva, J. S.; Dias, M. G.; Martins, J. V. S.; Ribeiro, W. S.; Dias, T. J. Salicylic acid attenuates the harmful effects of salt stress on basil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 399–406. 2022d.
- Silva, J. S. da; Sá, F. V. da S.; Dias, N. da S.; Ferreira Neto, M.; Jales, G. D.; Fernandes, P. D. Morphophysiology of mini watermelon in hydroponic cultivation using reject brine and substrates. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, p. 402–408, 2021.
- Silva, M. M. P.; Vasquez, H. M.; Bressan-Smith, R.; Silva, J. F. C. da; Erbesdobler, E. D. A.; Andrade Junior, P.S.C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 67–74, 2006.
- Soares, M. D. M.; Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Oliveira, V. K. N.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Sousa, P. F. do N.; Silva, L. de A.; Fernandes, P. D. Physiology and yield of ‘Gaúcho’ melon under brackish water and salicylic acid in hydroponic cultivation. *Arid Land Research and Management*, v. 37, p. 134–153, 2022.
- Sotiroudís, G.; Melliou, E.; Sotiroudís, T. G.; Chinou, I. Chemical analysis, antioxidant and antimicrobial activity of three Greek cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars. *Journal of Food Biochemistry*, v. 34, p. 61-78, 2010.
- Sousa, H. C.; Sousa, G. G. de; Cambissa, P. B.; Lessa, C. I.; Goes, G. F.; Silva, F. D. B. da; Abreu, F. da S.; Viana, T. V. de A. Gas exchange and growth of zucchini crop subjected to salt and water stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 815–822, 2022a.
- Sousa, V. F. O.; Santos, A. S.; Sales, W. S.; Silva, A. J.; Gomes, F. A. L.; Dias, T. J.; Gonçalves Neto, A. C.; Faraz, A., Santos, J. P. O.; Santos, G. L.; Cruz, J. M. F. L.; Silva, L. D. R.; Araújo, J. R. E. S. Exogenous application of salicylic acid induces salinity tolerance in eggplant seedlings. *Brazilian Journal of Biology*, v. 84, e257739, 2022b.

- Sullivan, C. Y. Mechanisms of heat drought resistance in grain sorghum and methods of measurement. In *Sorghum in Seventies*; Rao, N. G. P.; House, L. R., Eds.; Oxford and IBH Publication: New Delhi, India, v. 1, p. 247-260, 1971.
- Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. *Engenharia na Agricultura*, v. 22, p. 138-149, 2014.
- Turan, M.; Ekinçi, M.; Kul, R.; Boynueyri, F. G.; Yildirim, E. Mitigation of salinity stress in cucumber seedlings by exogenous hydrogen sulfide. *Journal of Plant Research*, v. 135, p. 517-529, 2022.
- Uthpala, T. G. G.; Marapana, R. A. U. J. Study on nutritional composition on firmness of two gherkin (*Cucumis sativus* L.) varieties (Ajax and Vlasset) on brine fermentation. *American Journal of Food Science and Technology*, v. 5, p. 61–63, 2017.
- Veloso, L. L. de S.A.; Azevedo, C. A. V. de; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Capitulino, J. D.; Silva, F. de A. da H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> alleviates salt stress effects on photochemical efficiency and photosynthetic pigments of cotton genotypes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 27, p. 34 - 41, 2023.
- Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Silva, A. A. R. da; Souza, L. de P.; Lacerda, C. N. de; Silva, I. J. da; Chaves, L. H. G.; Fernandes, P. D. Attenuation of salt stress on the physiology and production of bell peppers by treatment with salicylic acid. *Semina Ciência Agrárias*, v. 42, p. 2751–2768. 2021
- Weatherley, P. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v. 49 p. 81-97, 1950.
- Xavier, A.V.O.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Lacerda, C. N. de; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Salicylic acid alleviates salt stress on guava plant physiology during rootstock formation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 855–862, 2022.
- Yildirim, E.; Turan, M.; Guvenc, I. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, v. 31, p. 593–612, 2008.
- Zhang, W.; Du, T. Fresh/brackish watering at growth period provided a trade-off between lettuce growth and resistance to NaCl-induced damage. *Scientia Horticulturae*, v. 304, e111283, 2022.

Zhang, Y.; Li, X.; Simunek, J.; Shi, H.; Chen, N.; Hu, Q.; Tian, T. Evaluating soil salt dynamics in a field drip-irrigated with brackish water and leached with freshwater during different crop growth stages. *Agricultural Water Management*, v. 244, e106601.2021.



## **CAPÍTULO IV**

---

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pepino é de uma grande importância para os pequenos agricultores no Brasil. É uma opção lucrativa para produtores de pequena e média escala, oferecendo um rápido retorno financeiro devido à sua precocidade. Além disso, possui um alto valor nutricional, sendo rico em fibras e sais minerais.

Devido às irregularidades nas precipitações e altas taxas de evapotranspiração no semiárido do Nordeste brasileiro, é limitada a disponibilidade de água de baixa condutividade elétrica, resultando em altos teores de sais dissolvidos durante períodos de estiagem, dificultando a produção de cultivos ao longo do ano. O uso de águas salinas na agricultura, seja como irrigação suplementar ou na preparação de soluções nutritivas em sistemas hidropônicos é uma alternativa promissora visando suprir a demanda hídrica deficitária.

O cultivo hidropônico é uma opção viável nessa região, permitindo que os agricultores utilizem águas com altos níveis de salinidade e economizem até 70% em comparação aos sistemas convencionais. Essa viabilidade ocorre devido à ausência do potencial matricial, uma vez que esse método é realizado sem solo ou qualquer outro substrato.

O acúmulo excessivo de sais tem um impacto negativo no desenvolvimento das culturas, dificultando a absorção de água e nutrientes. Isso resulta em distúrbios osmóticos e nutricionais, prejudicando tanto a produção quanto a qualidade dos frutos. Para minimizar os efeitos prejudiciais da salinidade nas plantas, uma estratégia viável é o uso de atenuadores do estresse, como o ácido salicílico. O ácido salicílico é um fitormônio capaz de ativar genes que estão envolvidos no sistema de defesa das plantas, reduzindo os efeitos causados pelo estresse salino.

Em uma abordagem generalizada dos resultados obtidos no presente estudo é possível observar que o aumento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m<sup>-1</sup>, reduziu as taxas de crescimento relativos, as fitomassas, a relação raiz/parte aérea, o volume de raiz, os teores de clorofila *b* e carotenoides, fluorescência máxima e a variável, eficiência quântica do fotossistema II na fase clara e o comprimento e diâmetro médio de frutos de pepino japonês em cultivo hidropônico, aos 42 dias após o transplantio.

A condutividade elétrica da solução nutritiva acima de 2,1 dS m<sup>-1</sup> e concentração de 1,8mM promoveu o aumento no conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólito no limbo foliar como também influencia positivamente a síntese de clorofila *a* e total, as trocas gasosas foliares, a eficiência quântica do fotossistema II, o número e peso médio de frutos,

produção total por planta, pH da polpa do fruto, os teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido salicílico dos frutos de pepino japonês cultivados em sistema hidropônico.

Com o aumento os níveis salinos da solução nutritiva a partir de  $2,1 \text{ dS m}^{-1}$  ocorreu incremento da fluorescência inicial, fluorescência inicial antes do pulso de saturação das plantas pepino japonês cultivados em sistema hidropônico aos 42 dias após o transplântio. Por fim, pode-se recomendar para futuras pesquisas, testar a frequência e concentrações de ácido salicílico associando a diferentes níveis de condutividades elétrica da solução nutritiva salina, com a finalidade de validar os resultados obtidos no presente estudo.