



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

LETYCIA DE LIMA COSTA

**SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA E
CRESCIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA**

MOSSORÓ

2024

LETYCIA DE LIMA COSTA

**SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA E
CRECIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Fisiologia e Tecnologia pós-colheita

Orientador: Patrícia Lígia Dantas de Morais,
Profa. Dra.

MOSSORÓ

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

C837s Costa, Letycia de Lima .
Silício como atenuador do estresse salino na fisiologia e crescimento da planta e qualidade da minielância / Letycia de Lima Costa. - 2024.
92 f. : il.

Orientadora: Patrícia Lígia Dantas de Moraes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em , 2024.

1. Citrullus lanatus. 2. semiárido. 3. antioxidantes. 4. fotossíntese. 5. biomassa. I. Moraes, Patrícia Lígia Dantas de , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em
Conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LETYCIA DE LIMA COSTA

TÍTULO: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA E CRECIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Fisiologia e tecnologia pós-colheita

Defendida em: 22 / 02 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes (UFERSA)
Presidente

Dra. Naama Jessica de Assis Melo (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (UEPB)
Membro Examinador

Dr. Marlenildo Ferreira Melo (UEPB)
Membro Examinador

*Aos meus pais, irmã e amigos, por serem as
pessoas presentes e mais importantes da
minha vida.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), agradeço pela oportunidade de ingressar em um ensino público de excelência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), expresso minha gratidão pelo suporte financeiro concedido.

À minha família, expresso minha gratidão aos pais e irmãos pelo alicerce sólido e apoio inabalável que me proporcionaram a minha vida toda.

Agradeço aos amigos Alison Rocha de Aragão, Carla Sonale Azevedo Soares Silva, Dariane Monteiro Viana, Lucilândia de Sousa Bezerra, Maria Aparecida dos Santos Morais, Moisés Victor Praxedes de Freitas, Jarlan Lucas dos Santos Silva, Rislayne Ingrid Fagundes, Vladimir Rubiano Gonzalez, Joan Carlos Santos Assis, Selton Henrique de Paiva Sá e Iron Dhones de Jesus Silva do Carmo.

À professora Patrícia Lígia Dantas de Morais, agradeço pela dedicação constante, pelo respeito e pela disposição em me auxiliar sempre que necessário ao longo desse período do mestrado.

Agradeço aos professores Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, Nildo da Silva Dias e Francisco Vanies da Silva Sá pela colaboração.

Agradeço a técnica de laboratório Naama Jessica de Assis Melo e a Tatiana Fernanda Barbosa Barreto.

Agradeço a minha irmã Evelyn Stuart Lima Costa pela parceria e ajuda de quando precisei ao longo do curso e da vida.

RESUMO

A utilização de águas com alta salinidade é uma alternativa para enfrentar a escassez de água de qualidade no semiárido para produção agrícola. A minimelancia é considerada uma cultura moderadamente sensível a salinidade. Assim, faz-se necessário uso de atenuadores como silício para mitigar o efeito deletério ocasionado pela salinidade. Diante disso, objetivou-se estudar a resposta da aplicação do silício no crescimento, fisiologia e bioquímica da planta, assim como na qualidade pós-colheita dos frutos minimelancia cv. *Sugar Baby* submetida a diferentes níveis de salinidade. Portanto, um experimento foi conduzido para estudar suplementação de silício como atenuador do estresse salino em minimelancia da cv. *Sugar Baby* cultivada em três soluções com condutividade elétrica de 1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ e suplementadas com silicato de potássio (2 mmol L⁻¹), através das raízes e outra parte não suplementadas com silício (0 mmol L⁻¹) que foram mantidas como controle. Foram realizadas variáveis de trocas gasosas, fluorescência da clorofila a altura das plantas, diâmetro do colo, número de folhas, atividade das enzimas, SOD, POD, APX, teor de sódio, potássio e silício das folhas, caule e raízes e também as variáveis de qualidade do fruto (licopeno, pH, AST, antocianinas, flavonoides, carotenoides, atividade antioxidante). Os resultados mostraram que a salinidade reduziu o crescimento das plantas provavelmente foi devido ao acúmulo de sódio nas folhas, caule e raiz nos tecidos das plantas, influenciando também as trocas gasosas e a biomassa das plantas. Por outro lado, o estresse salino promoveu incremento no conteúdo de vitamina C e licopeno. O Si suplementado na raiz mitigou os efeitos nocivos do sal com aumento da atividade antioxidante enzimática, biomassa da planta, redução do acúmulo de sódio na folha e raiz. Além disso, aumentou os açúcares solúveis totais, carotenoides, atividade antioxidante (ABTS⁺), polifenóis extraíveis totais e vitamina C dos frutos de minimelancia. Concluindo, a salinidade reduz o crescimento e a biomassa das plantas, mas melhorou algumas variáveis de qualidade dos frutos. O silício aliviou a toxicidade do sal na fisiologia e bioquímica da planta, porém ainda houve comprometimento no crescimento das plantas.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*, semiárido, antioxidantes, fotossíntese, biomassa.

ABSTRACT

The use of water with high salinity is an alternative to address the scarcity of quality water in the semi-arid region for agricultural production. Mini watermelon is considered a crop that is moderately sensitive to salinity. Therefore, it is necessary to use attenuators such as silicon to mitigate the harmful effect caused by salinity. Therefore, the objective was to study the response to the application of silicon on the growth, physiology and biochemistry of the plant, as well as on the post-harvest quality of the minimelancia cv fruits. Sugar Baby subjected to different levels of salinity. Therefore, an experiment was conducted to study silicon supplementation as an attenuator of salt stress in mini watermelon from cv. Sugar Baby grown in three solutions with electrical conductivity of 1,78, 2.50 and 4.50 dS m⁻¹ and supplemented with potassium silicate (2 mmol L⁻¹), through the roots and other parts not supplemented with silicon (0 mmol L⁻¹) which were kept as control. Gas exchange variables, chlorophyll a fluorescence, plant height, stem diameter, number of leaves, enzyme activity, SOD, POD, APX, sodium, potassium and silicon content of the leaves, stem and roots and also the fruit quality variables (lycopene, pH, AST, anthocyanins, flavonoids, carotenoids, antioxidant activity). The results showed that salinity reduced plant growth was probably due to the accumulation of sodium in leaves, stems and roots in plant tissues, also influencing gas exchange and plant biomass. On the other hand, salt stress promoted an increase in vitamin C and lycopene content. Si supplemented in the root mitigated the harmful effects of salt with increased enzymatic antioxidant activity, plant biomass, and reduced sodium accumulation in the leaf and root. Furthermore, it increased total soluble sugars, carotenoids, antioxidant activity (ABTS⁺), total extractable polyphenols and vitamin C of mini watermelon fruits. In conclusion, salinity reduces plant growth and biomass, but improves some fruit quality variables. Silicon alleviated the toxicity of salt on the physiology and biochemistry of the plant, but there was still impairment in plant growth.

Keywords: *Citrullus lanatus*, semiarid, antioxidants, photosynthesis, biomass.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E BIOQUÍMICA DE PLANTAS DA MINIMELANCIA ‘SUGAR BABY’

- Figura 1.** Dados climáticos durante o experimento. Temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação na cidade de Mossoró, RN, Brasil. **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 2.** Vazamento de eletrólitos (VE, Desv.P, n=15) em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05). 27
- Figura 3.** (A) Atividade da peroxidase (POD, DP, n=10) em função as salinidade, (B) atividade da peroxidase em função do tratamento com Si (POD, Desv.P, n=15), (C) atividade da ascorbato peroxidase (APX, Desv.P, n=10) e a (D) atividade da superóxido dismutase (SOD, Desv.P, n=15) , em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05)..... 28
- Figura 4.** Altura das plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e com e sem tratamento com silício. As barras indicam quais tratamentos com salinidade diferiram. *, ***: significativo a p<0,05 e p<0,001 pelo teste t. 29
- Figura 5.** Diâmetro do colo (DC) plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e com e sem tratamento com silício. As barras indicam quais tratamentos com salinidade diferiram. *, ***: significativo a p<0,05 e p<0,001 pelo teste t..... 30
- Figura 6.** Número de folhas (NF) de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e com e sem tratamento com silício. As barras indicam quais tratamentos com salinidade diferiram. *, ***: significativo a p<0,05 e p<0,001 pelo teste t..... **Error! Bookmark not defined.**
- Figura 7.** (A) Matéria seca da folha (MSF, Desv.P, n=10), (B) matéria seca da folha (MSF, Desv.P, n=15) e (C) matéria seca do caule (MSC, Desv.P, n=15) de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05)..... 32
- Figura 8.** Área foliar (AF, Desv.P, n=10) de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).. 32
- Figura 9.** (A) Teor de silício das folhas em função do tratamento com Si (TSF, Desv.P, n=15) , (B) teor de silício das folhas em função da salinidade (TSF, Desv.P, n=10), (C) teor de silício do caule (TSC Desv.P, n=8) e (D) teor de silício da raiz (TSR, Desv.P, n=8) em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água s de água (1,78, 2,50 e 4,50

dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras maiúscula indicam diferença significativa dos níveis de salinidade e a minúscula diferem quanto ao tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05). **Error! Bookmark not defined.**

Figura 10. (A) Teor de sódio na folha em função da salinidade (NaF, Desv.P, n=10), (B) teor de sódio na folha em função do silício (NaF, Desv.P, n=15), (C) teor de sódio da raiz (NaR), (D) teor de sódio da raiz (NaR, Desv.P, n=15) e (E) teor de sódio do caule (NaC, Desv.P, n=10) em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05)..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 11. (A) Teor de potássio da folha (KF, Desv.P, n=15), (B) teor de potássio do caule (KC, Desv.P, n=15) e o (C) teor de sódio da raiz (KR, Desv.P, n=15) , em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05) 36

Figura 12. (A) Relação potássio e sódio da folha em função do tratamento com Si (K+/ Na+ F, Desv.P, n=15), (B) relação potássio e sódio do caule em função do tratamento com Si (K+/ Na+ F, Desv.P, n=15), (C) relação de potássio e sódio da folha em função da salinidade (K+/ Na+ F, Desv.P, n=10) e (D) relação potássio e sódio do caule em função da salinidade (K+/ Na+ C, Desv.P, n=10) em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05)..... 10

Figura 13. Variáveis Canônicas de características das plantas de minimelancia cv. *Sugar Baby*. As plantas foram cultivadas em soluções nutritivas de condutividade elétrica de 1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹. Em seguida, parte das plantas foram suplementadas com silício e a outra parte não recebeu o tratamento. Vazamento de eletrólitos (VE), teor relativo de água (TRA), atividade da peroxidase (POD), atividade da ascorbato peroxidase (APX), atividade da superóxido dismutase (SOD), teor de Si da folha (SIF), teor de Si do caule (SIC), teor de Si da raiz (SIR), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF), teor de sódio da folha (NAF), teor de sódio do caule (NAC), teor de sódio da raiz (NAR), teor de potássio da folha (KF), teor de potássio do caule (KC) e teor de potássio da raiz (KR).....38

CAPÍTULO II: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA ‘*SUGAR BABY*’

Fig 1. Dados climáticos durante o experimento. Temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação na cidade de Mossoró, RN, Brasil..... 51

Fig 2. (A) Taxa líquida de assimilação de CO₂ (A, Desv. P, n=10), (B) taxa de transpiração (E, Desv. P, n=10), (C) concentração interna de CO₂ (Ci, Desv. P, n=10), (D) eficiência instantânea do uso da água (WUE, Desv. P, n=10), (E) condutância estomática (gs, Desv. P, n=10) e (F) Fluorescência máxima (Fm, Desv. P, n=10) em plantas de minimelancia

- '*Sugar Baby*' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, P<0,05). 58
- Fig 3.** Teor relativo de água (TRA, Desv. P, n=15) em folhas de plantas de minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05) 61
- Fig 4.** Diametro longitudinal (DL, Desv. P, n=10) em frutos da minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras maiúscula e minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05).. 61
- Fig 5.** (A) Peso do fruto (PF, Desv. P, n=10), (B) espessura da polpa (EP, Desv. P, n=10) e (C) diâmetro transversal (DT, Desv. P, n=10) em frutos da minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05). 62
- Fig 6.** (A) Firmeza do fruto (FF, Desv. P, n=10) em função do tratamento com silício e (B) Firmeza do fruto (FF, Desv. P, n=15) em função da salinidade em frutos da minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05) 63
- Fig 7.** Fig 7. (A) Espessura da casca (EC, Desv. P, n=15), (B) firmeza da região próxima ao pedúnculo (FPEN, Desv. P, n=15), (C) luminosidade (L*, Desv. P, n=15), (D) coordenada de cromaticidade (a*, Desv. P, n=15) e (E) Coordenada de cromaticidade (b*, Desv. P, n=15), em frutos da minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05)..... 64
- Fig 8.** (A) Potencial hidrogeniônico (pH, Desv. P, n=10), (B) potencial hidrogeniônico (pH, Desv. P, n=15), (C) Acidez titulável (AT, Desv. P, n=10) e (D) açúcares solúveis totais (AST, Desv. P, n=15) em frutos de minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).. 65
- Fig 9.** (A) Vitamina C (VitC, Desv. P, n=15), (B) vitamina C (VitC, Desv. P, n=15), (C) licopeno e (D) carotenoides totais (CAR, Desv. P, n=15) em frutos da minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,5 e 4,5 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05)..... 66
- Fig 10.** (A) Antocianinas totais (ANT, Desv. P, n=15) e os (B) flavonoides amarelos (FLA, Desv. P, n=15) em frutos da minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em três tipos de água

- (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).. 66
- Fig 11.** (A) Polifenóis extraíveis totais (PET, Desv. P, n=15) e (B) atividade antioxidante total (ABTS+, Desv. P, n=15) minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05). 67
- Fig 12.** Teor de silício na casca do fruto (TSCF, Desv. P, n=15) da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05)..... 68
- Fig 13.** Variáveis Canônicas de características de frutos de minimelancia cv. *Sugar Baby*. As plantas foram cultivadas em soluções nutritivas de condutividade elétrica de 1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹. Em seguida, parte das plantas foram suplementadas com silício e a outra parte não recebeu o tratamento. Peso do fruto (PF), circunferência total (CT- diâmetro longitudinal + diâmetro transversal), coordenadas de cor da casca (L* a* b*), firmeza do fruto (FF), acidez titulável (AT), pH da polpa, açúcares solúveis totais (SST), Vitamina C (VitC), carotenoides totais (CAR), licopeno (LICO), atividade antioxidante total de (ABTS+), conteúdo total de polifenóis extraíveis (PET), espessura total (ET- espessura da polpa + casca) e firmeza da região próxima ao pedúnculo (FPEN).....69

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E BIOQUÍMICA DE PLANTAS DA MINIMELANCIA ‘*SUGAR BABY*’

Tabela 1. Análise de água dos tratamentos utilizados na irrigação das plantas de melancia.. 22

CAPÍTULO II: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA ‘*SUGAR BABY*’

Tab. 1 Análise de água dos tratamentos utilizados na irrigação das plantas de melancia..... 52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO I: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE PLANTAS DA MINIMELANCIA 'SUGAR BABY'	18
1 INTRODUÇÃO	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1 Material vegetal e condições de crescimento	20
2.2 Solução Nutricional e aplicação do silicato de potássio	22
2.3 Vazamento de eletrólitos.....	23
2.4 Análises bioquímicas do tecido vegetal.....	24
2.4.1 Determinação da proteína e atividade da superóxido dismutase (SOD).....	24
2.4.2 Atividade das enzimas peroxidase (POD) e ascorbato peroxidase (APX).....	24
2.4.3 Quantificação do peróxido de hidrogênio	25
2.5 Crescimento vegetal e acúmulo de matéria seca	25
2.6 Área foliar	26
2.7 Teor de nutrientes minerais	26
2.8 Análises estatísticas	26
3 RESULTADOS	26
3.1 Vazamento de eletrólitos.....	26
3.2 Análises bioquímicas do tecido vegetal.....	27
3.3 Crescimento vegetal e acúmulo de matéria seca	28
3.4 Área foliar	32
3.5 Teor de nutrientes minerais	33
3.6 Variáveis canônicas	37
4 DISCUSSÃO	38
5 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO II: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NAS TROCAS GASOSAS DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA 'SUGAR BABY'	48
1 INTRODUÇÃO	48
2 MATERIAL E MÉTODOS	50

2.1	Material vegetal e condições de crescimento.....	50
2.2	Solução Nutricional e aplicação de silicato de potássio	52
2.3	Variáveis fisiológicas.....	53
2.4	Teor relativo de água	54
2.5	Qualidade pós-colheita dos frutos	54
2.5.1	Avaliações físicas dos frutos	54
2.5.2	Avaliações químicas.....	55
2.5.3	Compostos bioativos e Atividade antioxidante	55
2.5.4	Teor de silício na casca do fruto	56
2.6	Delineamento experimental e análise estatística	57
3	RESULTADOS	57
3.1	Variáveis fisiológicas.....	57
3.2	Teor relativo de água	60
3.3	Qualidade dos frutos.....	60
3.3.1	Avaliações físicas.....	60
3.3.2	Avaliações químicas.....	63
3.3.3	Compostos bioativos e atividade antioxidante.....	64
3.3.4	Teor de silício na casca do fruto	67
3.3	Análise das variáveis canônicas	67
4	DISCUSSÃO	68
5	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76
	ANEXO A	84
	ANEXO B	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), pertencente à família Cucurbitaceae, é originária do continente africano (Sousa *et.al.*, 2014), a qual é cultivada em diversos países, tais como a China, Irã, Turquia e Brasil (FAOSTAT, 2020). No Brasil, as cultivares de melancia produzida são, especialmente, de origem americana ou japonesa, as quais possuem boa adaptação às condições edafoclimáticas locais. Dentro deste cenário, evidencia-se o surgimento de tipos diferenciados de melancias, as denominadas minimelancias, “ice box” ou melancia de geladeira, especialmente por exigência do mercado consumidor por frutos de tamanho menor, por sua doçura e alto teor de água. Além disso, é considerada uma planta medicinal com propriedades diuréticas e frutos com baixa calorias, ricos em vitaminas A, C, B1 e B2. (Barros *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2020).

A produção brasileira de melancias no ano de 2022 foi de quase 1,9 milhão de toneladas, sendo 37,5% proveniente da região Nordeste, com uma produção de 802.192 toneladas. Atualmente, o Rio Grande do Norte tem uma produção de 204.158 t, com um valor de produção de mais de R\$ 187.205 milhões (IBGE, 2022). Um dos principais problemas para a produção de melancia no Rio Grande do Norte é pela região possuir um clima semiárido, o que torna comum a ocorrência de problemas de escassez de água. O clima semiárido é caracterizado por apresentar altas temperaturas, baixas precipitações, distribuição pluviométrica irregular e evapotranspiração intensa na maioria dos meses do ano, o que torna a prática da irrigação uma alternativa indispensável para garantir a produção das áreas cultivadas (Lima *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2015). No entanto, as fontes hídricas da região em sua grande maioria possuem níveis altos de sais, tornando-se comum o uso de água salobra, proveniente dos poços rasos. Para obtê-los, o custo é baixo (Medeiros *et.al.*, 2017), tornando difícil a produção agrícola (Lima *et al.*, 2018).

Na última década, a utilização de águas com alta salinidade tem se mostrado como uma das fundamentais restrições, em todo o mundo, quando se trata de cultivo agrícola, sendo um dos estresses abióticos que causam sérias limitações para o crescimento e a produção das culturas (Parihar *et al.*, 2014). Isso acontece devido aos efeitos osmóticos e iônicos que ocorrem em função dos acúmulos excessivos de sais, que pode acarretar para as plantas desequilíbrio nutricionais e toxicidade, bem como alterar atributos físicos e químicos do solo, especialmente nas regiões semiáridas (Pedrotti *et al.*, 2015). Além disso, a salinidade provoca alterações nas características de fluorescência (Harizanova *et al.*, 2019) e funcionamento do fotossistema II,

consequentemente podendo causar prejuízos na assimilação de CO₂ pelas plantas (Alkahtani, *et al.*, 2020). Outros malefícios que podem acontecer nas plantas devido a esse estresse é a redução dos pigmentos fotossintéticos foliares (Lima *et al.*, 2018), redução na produção e qualidade pós-colheita dos frutos (Sousa *et al.*, 2016).

A melancia é uma cultura que se apresenta como moderadamente sensível a salinidade, embora exista uma variação entre os genótipos quanto à tolerância a esse estresse. Porém, poucos são os estudos avaliando o efeito da salinidade na minimelancia (Silva, 2020). Alguns trabalhos demonstraram que o efeito da água salina em minimelancia cultivada em substrato ou solo, provocou uma diminuição no seu crescimento e desenvolvimento das plantas (Ó *et al.*, 2020, Silva *et al.*, 2020). Na qualidade pós-colheita, o estresse salino promoveu uma redução de 19% da massa fresca do fruto de minimelancia (Ó *et al.*, 2020), como também redução na espessura da casca, no rendimento da polpa e na circunferência transversal dos frutos da minimelancia 'Sugar Baby' (Ó *et al.*, 2021).

Dentre as alternativas para reduzir os efeitos deletérios da salinidade está a adubação mineral. Exemplo disso é o silício (Si), que apesar de não ser considerado um elemento essencial às plantas, pesquisas apontam que este tem efeitos benéficos em muitas culturas, principalmente sob condições de estresse biótico e abiótico, como tolerância ao estresse hídrico (Crusciol *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2018), estresse salino e ataques de pragas e doenças (Coskun *et al.*, 2016). A suplementação de silício melhorou o rendimento e a fisiologia das plantas de minimelancia cv. *Sugar Baby* cultivadas em estresse salino (3 dS m⁻¹) através do aumento do desempenho dos antioxidantes enzimáticos (Bijalwan *et al.*, 2021). A aplicação de silício em conjunto com a fertirrigação em diferentes graus de salinidade na água resultou em melhorias significativas no rendimento produtivo, incluindo o aumento da espessura da casca, maior teor de sólidos solúveis, incremento na massa fresca e seca das folhas, além de um aumento substancial na concentração de silício presente nas folhas e no caule da minimelancia cv. *Smile* (Luz Neto *et al.*, 2023).

Nesse contexto, evidencia-se nessas pesquisas a importância da aplicação do silício para mitigar os impactos negativos causados pela salinidade por desencadear respostas moleculares e fisiológicas das plantas de minimelancia, de forma que, melhorou o mecanismo de defesa destas e as suas características de desenvolvimento mesmo sob condições de estresse salino. No entanto, ainda existem lacunas que precisam ser estudadas sobre efeito do silício nas plantas de minimelancia por meio da verificação das variáveis de trocas gasosas e fluorescência, como também na qualidade pós-colheita através da determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos da minimelancia.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2018), adubação a base de silicato de potássio amenizou o efeito do estresse salino na cultura do tomate. Costa *et al.* (2016) observaram que o maior suprimento de Si para as plantas de maracujazeiro amarelo proporcionou aumento no diâmetro do caule e produção de matéria fresca do caule e matéria seca da folha. Enquanto que, o trabalho desenvolvido por Yaghubi *et al.* (2019), demonstraram que em frutos de morango a qualidade dos frutos com aplicação de Si promoveu o aumento dos sólidos solúveis e acidez titulável que são os principais fatores que determinam o sabor do morango. Aliado a isso, alguns compostos antioxidantes, como fenóis e flavonoides foram aumentados na cv. *Paros* por efeito de silicato de potássio. Segundo Marodin *et al.* (2016), a adubação do tomateiro com diferentes fontes de Si (silicato de cálcio, silicato de potássio e silicato de sódio), melhora a qualidade física e química de tomates, aumentando os sólidos solúveis, firmeza, licopeno e vitamina C.

Neste sentido, tem-se a hipótese científica de que o silício pode ter um efeito positivo na resposta de plantas de minimelancia cultivada em condições de salinidade. Desta forma, objetivou-se estudar a resposta da aplicação do silício no crescimento, fisiologia e bioquímica da planta, assim como na qualidade pós-colheita dos frutos minimelancia cv. *Sugar Baby* submetida a diferentes níveis de salinidade.

REFERÊNCIAS

- ALKAHTANI, M. D. F; ATTIA, K. A., HAFEZ, Y. M., KHAN, N., EID, A. M., ALI, M. A., & ABDELAAL, K. A. Chlorophyll fluorescence parameters and antioxidant defense system can display salt tolerance of salt acclimated sweet pepper plants treated with chitosan and plant growth promoting rhizobacteria. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1180, 2020.
- BARROS, D. T. S., DAS GRAÇAS SOUZA, A., DE ALBUQUERQUE NETO, J. C., DOS SANTOS, W. M., DE SOUZA CAVALCANTI, L., DOS SANTOS NETO, A. L., & DE SOUZA, A. A. Desempenho de minielancias tutoradas sob diferentes densidades de semeadura. **Revistada 14ª Jornadade Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega**, URCAMP, 2017.
- BIJALWAN, PRIYANKA; JEDDI, K., SAINI, I., SHARMA, M., KAUSHIK, P., & HESSINI, K. Mitigação das condições salinas em melancia com aplicação de micorrizas e silício. **Revista Saudita de Ciências Biológicas**, v. 28, n. 7, pág. 3678-3684, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.019>
- COSKUN, D., BRITTO, DT, HUYNH, WQ; KRONZUCKER, HJ O papel do silício em plantas superiores sob salinidade e estresse hídrico. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne v.7, n.1072, p.1-7, 2016
- COSTA, BNS; DIAS, GMG; COSTA, IJS; ASSIS, FA; SILVEIRA, FA; PASQUAL, M. Efeitos do silício no crescimento e estabilidade genética do maracujá. **Acta Scientiarum Agronomia**, Maringá, v.38, n.4, p.503-511, 2016
- CRUSCIOL, CAC; PULZA, AL; LEMOS, LB; SORATTO, RP; LIMA, GPP Efeitos do silício e do estresse hídrico na produção de tubérculos e nas características bioquímicas foliares de batata. **Crop Science**, Madison, v.49, n.3, p.949-954, 2009.
- FAOSTAT- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dados de 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. Acesso em: 17.jul.2022
- HARIZANOVA, Adelina et al. Effect of silicon on photosynthetic rate and the chlorophyll fluorescence parameters at hydroponically grown cucumber plants under salinity stress. **Journal of Central European Agriculture**, v. 20, n. 3, p. 953-960, 2019.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal (2022). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pesquisa/14/10340?ano=2021&tipo=cartograma&indicador=10341>. Acesso em: 17.set.2022
- LIMA, G. S. DE; DIAS, A. S; SOUZA, L. DE P; SÁ, F. V. DA S; GHEYI, H. R; SOARES, L. A. dos A. Effects of saline water and potassium fertilization on photosynthetic pigments, growth and production of West Indian Cherry. **Revista Ambiente & Água**, v.13, e2164, 2018.
- LIMA, G. S. DE; NOBRE, R. G; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A.A; SILVA, S. S. Respostas morfofisiológicas da mamoneira, em função da salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada. **Irriga**, v.19, p.130-136, 2014.

LIMA, L. A; OLIVEIRA, F. A; ALVES, R. C; LINHARES, P. S. F; MEDEIROS, A. M. A; BEZERRA, F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.9, p.27-34, 2015

LIMA, GS, FÉLIX, CM, DA SILVA, SS, DOS ANJOS SOARES, LA, GHEYI, HR, & MELO, MD. Trocas gasosas, crescimento e produção de minimelancia sob irrigação salina e adubação fosfatada Trocas gasosas, crescimento e produção de minimelancia irrigada com águas salinas e adubação fosfatada. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 41, n. 6 suplemento 2, pág. 3039-3052, 2020.

MARODIN, JC, RESENDE, JT, MORALES, RG, FARIA, MV, TREVISAM, AR, FIGUEIREDO, AS, & DIAS, DM. Durabilidade pós-colheita e qualidade físico-química do tomate em função de fontes e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 361-366, 2016.

LUZ NETO, C A; DA SILVA, EM, FONSECA, WL, MOREIRA, IDA, PESSOA, KD, & FEITOZA, MA. Cultivo fertirrigado de minimelancia submetida a níveis de salinidade e aplicação foliar de silício. *Revista Caatinga*, v. 36, pág. 445-455, 2023.

MEDEIROS, J F; NETO, C P C T; DIAS, N S; GHEYI, H R; SILVA, M V T; LOIOLA, A T. Salinidade e pH de um argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.11, nº.3, p. 1407 - 1419, 2017.

Ó, L. M. G.; COVA, A. M. W; GHEYI, H. R; SILVA, N. D; AZEVEDO NETO, A. D. Production and quality of mini watermelon under drip irrigation with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 766-774, 2020.

Ó, L M. G; COVA, A M W; AZEVEDO, A D DE; SOUZA, M G; SANTOS, A L; GHEYI, H R. Production, water-use efficiency and post-harvest quality of hydroponic mini watermelon under salinity stress. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 51, e67054, 2021

PARIHAR, P; SINGH, S; SINGH, R; SINGH, V. P; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056-4075, 2014.

PEDROTTI, A; CHAGAS, R. M; RAMOS, V. C; PRATA, A. P.N; LUCAS, A. A. T; SANTOS, P. B. DOS. Causas e consequências dos processos de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

RODRIGUES, A J O; NUNES, L R DE L; NUNES, A M C; UCHÔA, K S. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido Centro de Saúde e Tecnologia Rural**, ACSA, Patos-PB, v.14, n.2, p.141-148, Abril-Junho, 2018.

SILVA, SS; CINCO, GS; CINCO, VLA; GHEEI, H R.; SOARES, LA; FERNANDES, PD Estratégias de aplicação de água salina e doses de nitrogênio no cultivo de minimelancia. **Comunicata Scientiae**, v. 11, e3233, 2020.

SOUSA, A. B; DUARTE, S. N; SOUSA NETO, O. N. D; SOUZA, A; SAMPAIO, P. R; DIAS, C. T. D. S. Production and quality of mini watermelon cv. Smile irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 897-902, 2016.

YAGHUBI, K, VAFAEE, Y, GHADERI, N., & JAVADI, T. Potassium silicate improves salinity resistant and affects fruit quality in two strawberry cultivars grown under salt stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 12, p. 1439-1451, 2019.

ZHANG, YI; Y., YU, SHI, GONG, HJ, ZHAO, HL, LI, HL, HU, YH E WANG, Y C. Efeitos benéficos do silício na fotossíntese de mudas de tomateiro sob estresse hídrico. **Revista de Agricultura Integrativa**, v. 17, n. 10, pág. 2151-2159, 2018.

CAPÍTULO I: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NO CRESCIMENTO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE PLANTAS DA MINIMELANCIA ‘SUGAR BABY’

RESUMO

No semiárido brasileiro devido a baixa precipitação as atividades agrícolas utilizam água do subsolo proveniente de poços, onde esta água subterrânea possui elevada concentração de sais. Nesse viés, a minimelancia é uma cultura considerada moderadamente sensível a salinidade, o que resulta em redução no crescimento e desenvolvimento dessas plantas sob condições salinas. Portanto, adubação mineral ajuda a minimizar os efeitos deletérios causados pela salinidade, a exemplo do silício. Assim, objetivou-se estudar a resposta da aplicação do silício por fertirrigação no crescimento e bioquímica da planta minimelancia cv. *Sugar Baby* submetida a diferentes níveis de salinidade. O experimento foi realizado com plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivado em água com condutividade elétrica com 1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ e suplementadas com silicato de potássio (2 mmol L⁻¹) por meio das raízes, outra parte não recebeu o tratamento com silício (0 mmol L⁻¹), sendo este utilizado como atenuador do estresse salino. Foram avaliadas as plantas quanto as variáveis de crescimento, bioquímica, biomassa das plantas e teor de sódio, potássio e silício do tecido vegetal. A salinidade promoveu redução do crescimento e da biomassa das plantas de minimelancia, bem como aumentou o acúmulo de sódio nas folhas, caule e raiz. O silício foi capaz de aliviar os efeitos nocivos da salinidade com redução do dano de membrana, aumento do teor relativo de água e promoveu um incremento positivo na atividade antioxidante enzimática. A salinidade reduz o crescimento e biomassa das plantas de minimelancia, e o silício exógeno alivia a toxicidade do sal.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*, estresse oxidativo, enzimas antioxidantes, biomassa, minerais.

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é caracterizado, na maior parte do ano, por baixas chuvas, altas temperaturas e altas taxas de evapotranspiração (Alves *et al.*, 2022). De forma que, água utilizada nas atividades agrícolas é coletada, principalmente, no subsolo por meio de poços, sendo que esta água subterrânea possui elevada concentração de sais com condutividade elétrica que varia de 3,69 a 7,00 dS m⁻¹ (Silva & Sharqawy, 2020). No entanto, níveis superiores a 4,0 dS m⁻¹ geram problemas ao crescimento da planta (Suárez-Hernández *et al.*, 2019).

A salinidade é um dos principais fatores abióticos em todo o mundo que ameaçam a agricultura e a segurança alimentar, especialmente por conta dos efeitos osmóticos e iônicos dos sais. Efeitos estes que podem intervir tanto na estabilidade celular como na redução da

absorção de água pela planta, resultando em toxicidade iônica e mudanças nos processos fisiológicos e metabólicos da célula (Volkov & Beilby, 2017; Sá *et al.*, 2021). Além disso, o estresse salino provoca alterações em respostas reguladas por hormônios, suprimem a abertura estomática e a fotossíntese (Silva *et al.*, 2019). Essas alterações ocasionam mudanças fenológicas, o que ocasiona diminuição da área foliar e da área fotossintética, reduções na taxa de crescimento das plantas e frutos (Silva *et al.*, 2021).

A maioria das culturas tolera salinidade da água com CE de até $1,50 \text{ dS m}^{-1}$, porém a minimelancia 'Sugar Baby' sob salinidade de condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) de $2,50$ a $6,50 \text{ dS m}^{-1}$, obteve uma redução de $5,70\%$ no crescimento e produtividade com cada incremento unitário na CESn, sem afetar a qualidade pós-colheita (Ó *et al.*, 2022). Adubação mineral pode mitigar os efeitos deletérios provocados pelo estresse salino às plantas, exemplo disso, é o silício (Rajput *et al.*, 2021).

O silício (Si), segundo elemento mais abundante depois do oxigênio na superfície da Terra, é geralmente considerado um elemento benéfico não essencial para as culturas (Richmond & Sussman, 2003). A exposição ao Si confere inúmeros efeitos benéficos em diversas plantas, pois este mineral pode aliviar as consequências prejudiciais decorrentes dos estresses bióticos e abióticos, de forma que direta ou indiretamente aumenta a resistência das plantas às adversidades externas (Rajput *et al.*, 2021). Estudos têm relatado que a aplicação de silício em plantas submetidas ao estresse salino promove o alongamento das raízes e alivia o estresse, reduzindo o acúmulo de Na^+ em plantas de sorgo (Liu *et al.*, 2015). Em plantas de soja, aumenta a atividade antioxidante e a concentração de K^+ e diminui a peroxidação lipídica, bem como a concentração intracelular de Na^+ e de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Farhangi-Abriz & Torabian, 2018). De acordo com Jam *et al.* (2022), a aplicação foliar de silício melhorou as funções da planta *Carthamus tinctorius*. L sob condições de estresse salino, aumentando a altura da planta, área foliar e teor relativo de água, além de melhorar a produção de biomassa das plantas pulverizadas com silício.

A fotossíntese representa uma das vias bioquímicas fundamentais para as plantas, pois é através dela que convertem a energia solar em energia química, permitindo seu crescimento e desenvolvimento. É um processo fisiológico de suma importância e que está intrinsecamente em todas as plantas verdes, conseqüentemente é severamente afetado por estresses ambientais (Stadnik *et al.*, 2022). Pesquisas descobriram que o Si poderia melhorar a fotossíntese de plantas crescendo sob estresse, incluindo a salinidade (Haghighi *et al.*, 2013). A deposição de Si nas folhas e caules proporciona uma melhora na resistência mecânica e a verticalidade dos tecidos vegetais, logo as plantas têm uma melhor postura de recepção de luz e área de recepção de luz,

resultando assim numa melhoria na fotossíntese (Liang *et al.*, 2007). De acordo com Luz Neto *et al.* (2023), que verificaram na minimelancia cv. *Smile* que através da aplicação em solução via foliar em diferentes níveis de salinidade (1,05; 2,12; 3,26;4,41; 5 ,91 e 7,32 dS m⁻¹) houve um aumento de 48,44% no teor de Si nas folhas e teve efeito positivo no caule também.

As espécies reativas de oxigênio (EROS) constituem uma molécula de sinalização que pode ser desencadeado por diversas pressões ambientais, tais como a salinidade. Concentração mais baixa de EROS pode servir como uma molécula sinalizadora para controlar o crescimento e desenvolvimento das plantas, no entanto, o excesso de acumulação tem um efeito adverso, levando à deterioração da estrutura celular e acelerando a morte celular nas plantas (Basu & Kumar, 2021). Assim, as plantas frequentemente mantêm a homeostase das EROS intracelulares por meio de sistemas de defesa antioxidante, que incluem enzimas antioxidantes como superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e a ascorbato peroxidase (APX). De acordo com Li *et al* (2022), o Si mitigou os efeitos adversos do estresse salino em plantas de algodão, principalmente, por aumentar a atividade de enzimas antioxidantes (SOD e CAT). A suplementação de silício melhorou o rendimento e a fisiologia das plantas de minimelancia cv. *Sugar Baby* cultivadas em estresse salino (3 dS m⁻¹) através do aumento do desempenho dos antioxidantes enzimáticos (Bijalwan *et al.*, 2021).

Neste sentido, tem-se a hipótese científica de que o silício pode ter um efeito positivo na resposta de plantas de minimelancia cultivada em condições de salinidade. Assim, objetivou-se estudar a resposta da aplicação do silício por fertirrigação no crescimento e bioquímica da planta minimelancia cv. *Sugar Baby* submetida a diferentes níveis de salinidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições de crescimento

O experimento foi conduzido no período de agosto a novembro de 2022 em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, nas coordenadas geográficas 5° 11' 3" de latitude sul e 37° 20' 40" de longitude oeste, sendo esta recoberta com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura) com aditivo antiultravioleta e as laterais revestidas com malha sombreadora 50%.

A pesquisa foi conduzida em delineamento de blocos casualizado (DBC), com cinco repetições e uma planta por repetição. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial

3×2, sendo o primeiro fator constituído de três águas de irrigação (T1= 1,78 dS m⁻¹, T2=2,5 dS m⁻¹ e T3=4,5 dS m⁻¹), ao passo que o segundo fator corresponde as doses de silicato de potássio (0 mmol L⁻¹ e 2 mmol L⁻¹), concentração baseada no estudo de Bokor *et al.* (2021).

Inicialmente, as sementes da minimelancia da cv. *Sugar Baby* foram semeadas em bandejas de polietileno contendo como substrato a fibra de coco Golden Mix® (pH: 6,0 ± 0,3, CE: 0,5 dS m⁻¹, densidade: 85 kg/m³, peso: 31,88 kg, CRA: 500 (p/p), produzida pela empresa AMAFIBRA, localizada em Artur Nogueira, São Paulo), colocando uma semente por célula.

Após 14 dias da semeadura, as mudas de melancia foram transplantadas para sacos de polietileno preto com capacidade de 3 L, os quais foram preenchidos com 25% de seu volume com brita de granito adicionando-as na base, completando o volume restante com 75% de fibra de coco utilizada anteriormente (totalizando os 3 L de volume do saco). Os vasos foram espaçados de 0,5 m por 1,0 m, além de que, as plantas foram cultivadas por 69 dias após o transplante (DAT) e os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica da UFERSA, cujos dados estão apresentados na Figura 1.

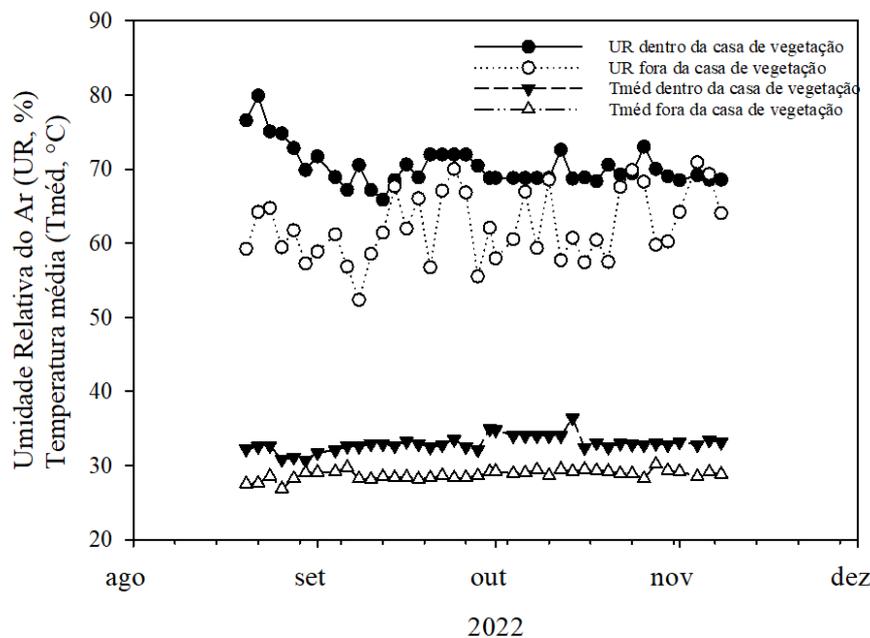


Figura 1. Dados climáticos durante o experimento dentro e fora da casa de vegetação. Temperatura média e umidade relativa do ar na cidade de Mossoró, RN, Brasil.

As práticas culturais foram executadas de acordo com que foi proposto por Campagnol *et al.* (2016). A partir dos 14 DAT, os ramos axilares foram retirados à medida que brotavam. A partir dos 20 DAT, as plantas foram conduzidas em um sistema de treliça no qual os galhos das plantas foram amarrados em três fios de arame esticados a 0,4, 1,0 e 1,8 m de altura em postes de madeira.

O controle de pragas e doença foi avaliado diariamente de forma preventiva nas plantas, durante o experimento foi observado o aparecimento de mosca branca (*Bemisia tabaci*) e foi feita aplicação de Actara 250 WG (25% de Tiametoxame 75% de outros ingredientes, Sygenta, Torre Sigma, São Paulo, Brasil) e de Calypso (48% de Tiacloprido, Bayer, Belford Roxo, RJ, Brasil), enquanto que, para a mosca minadora (*Liriomyza spp*) foi aplicado Abamex (1,8% de Abamectina e 98,2% de outros ingredientes, Sumitomo, Maracanaú, Ceará, Brasil) e Batent (1,8% de Abamectina e 98,2% de outros ingredientes, UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários, Salto de Pirapora, SP, Brasil). Para o oídio (*Sphaerotheca fuliginea*) foi aplicado o produto Amistar Top (20% Azoxistrobina+ 12,5% de difenoconazol, Sygenta, Torre Sigma, São Paulo, Brasil) e Comet (25% de Piraclostrobina+ 45% de Hidrocarboneto Aromático, Basf, Vila Gertrudes, São Paulo, Brasil).

2.2 Solução Nutricional e aplicação do silicato de potássio

A água utilizada na irrigação para o tratamento salino foi proveniente do sistema de abastecimento local (CE= 0.65 dS m⁻¹) e foram armazenadas em recipientes plásticos de 300 L, sendo esta usada no tratamento de menor salinidade adicionando apenas os nutrientes essenciais para planta, o que resultou em uma CE_{sn} de 1,78 dS m⁻¹.

Entretanto, os níveis correspondentes à CE_{sn} de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ foram preparadas através da adição de sais, empregando uma proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, entre Na:Ca:Mg, na forma cloretada, relação esta predominante em fontes de água usadas para irrigação no Nordeste brasileiro em propriedades rurais menores (Medeiros et al., 2017). No preparo da água de irrigação de maior salinidade, foram utilizados os valores que se encontram dentro das classes de classificação de água segundo a UCCC (University of California Committee of Consultants, 1974). As características químicas das águas utilizadas em cada tratamento durante o experimento são apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Análise de água dos tratamentos utilizados na irrigação das plantas de melancia

Fontes	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
Hídricas	H ₂ O	dS m ⁻¹	-----mmolc L ⁻¹ -----							(mmolc L ⁻¹) ^{0,5}
1	6,30	1,78	3,76	3,56	3,35	4,20	5,60	0,30	2,50	3,30
2	5,88	2,50	3,84	6,48	2,00	4,30	14,00	0,00	0,70	3,70
3	5,53	4,50	2,20	14,95	1,80	7,30	25,00	0,00	0,60	7,0

Fonte hídrica 1- água de abastecimento; Fonte hídrica 2 e 3- água de abastecimento adicionada com sais; RAS - Razão de adsorção de sódio

Os fertilizantes utilizados nos três níveis de CEs_n foram nitrato de potássio (KNO₃: 13% N, 44% K₂O), nitrato de cálcio (Ca (NO₃)₂: 15% N, 19% Ca), fosfato monoamônico (NH₄H₂PO₄: 11% N, 50% P₂O₅), sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O: 9% Mg, 12% S) e cloreto de potássio (KCl: 60% K₂O, 47% Cl) nas concentrações de 104,1, 220,5, 20,09, 107,8, e 52,08 g L⁻¹, respectivamente, para obter uma força iônica de 50% da solução nutritiva proposta por Furlani (1999), concentração de 50% de macronutrientes na solução nutritiva proporcionou o maior valor de peso médio e produtividade de frutos de meloeiro (Cosme, 2017). Também foram usados os micronutrientes Ácido Bórico PA da Dinâmica Química Contemporânea (teor mínimo 99,5%), Sulfato de cobre II PA Impex (teor de CuSO₄.5 H₂O de 98 a 102%), Sulfato Ferroso PA da Alphatec (teor de FeSO₄.7 H₂O de 99%), Sulfato de Manganês PA da Vetec (teor de MnSO₄.H₂O de 98-101%), Molibdato de amônio tetra hidratado PA Vetec ((NH₄). MO₇O₂₄. 4 H₂O) e Sulfato de zinco PA da Proquímicos (ZnSO₄.7H₂O de 99-103%) (mg. L⁻¹) respectivamente, nas concentrações correspondentes a 0,5, 0,1, 0,5, 0,05, 0,3 e 2,2.

O pH e a CE das soluções nutritivas foram monitorados diariamente usando um medidor de pH portátil (PH-700, Instrutherm, São Paulo, SP, Brasil) e medidor de condutividade (CD-860, Instrutherm, São Paulo, SP, Brasil), respectivamente. Quando necessário, o pH foi ajustado para 6,0 pela adição de ácido clorídrico (HCl). As plantas foram irrigadas com as soluções nutritivas que foram aplicadas manualmente até o substrato estar saturado.

O produto utilizado na aplicação do tratamento com silício foi o fertilizante chamado Sifol que contém o silício (Si) em 12% em peso (168 g L⁻¹) e potássio (K₂O) em 15% em peso (210 g L⁻¹), a qual era aplicado por fertirrigação diariamente nas plantas nos três níveis de salinidade usado na pesquisa, com a dosagem de 2 mmol L⁻¹.

2.3 Vazamento de eletrólitos

O vazamento de eletrólitos (VE) foi medido como um indicador da permeabilidade da membrana celular das folhas. Dez discos foliares (5 mm de diâmetro) de folhas totalmente expandidas foram colocados em frascos plásticos com 20 mL de água destilada e mantidos no escuro por 24 horas em temperatura ambiente. A condutividade elétrica (CE1) da solução de banho foi medida no final do período de incubação. Em seguida, os mesmos frascos foram aquecidos em banho-maria a 100 °C por 1 hora e em seguida resfriados à temperatura ambiente

(25°C) e a condutividade elétrica (CE2) foi novamente medida. O vazamento de eletrólito foi calculado como $[(CE1/CE2) \times 100]$ de acordo com (Shi *et al.*, 2006), e os valores foram expressos como uma porcentagem.

2.4 Análises bioquímicas do tecido vegetal

2.4.1 Determinação da proteína e atividade da superóxido dismutase (SOD)

No primeiro momento, para a extração da enzima e da proteína, 0,30 g de folha foram moídos em um pó fino em nitrogênio líquido em um almofariz e depois homogeneizados com 20% de polivinilpirrolidona (PVPP) e 1 mL de tampão fosfato de potássio (pH 7,5) contendo 1 mM de EDTA e 3 mM de ditioneitol (DTT). O homogeneizado foi centrifugado a 4°C por 30 min a 10.000 rpm. O sobrenadante resultante foi utilizado para determinar o teor de proteína de acordo com Bradford (1976) e, depois foi armazenado em um ultrafreezer a -80 °C para a conservação da atividade enzimática.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) foi avaliada medindo a capacidade de inibir a redução fotoquímica do nitroazul tetrazólio (NBT), evitando assim a formação do cromóforo formazan, seguindo o método de Giannopolitis & Ries (1977), com pequenas modificações. A solução reacional (3 mL) foi composta por tampão fosfato 85 mM (pH 7,8), NBT 75 µM, riboflavina 5 µM, metionina 13 mM, EDTA 0,1 mM e 50 µL de extrato enzimático. A solução foi transferida para tubos de vidro e irradiada com luz solar por 10 min. Após o tempo de exposição, a solução foi analisada em espectrofotômetro a 560 nm. Uma unidade de atividade foi definida como a quantidade de enzima que inibe 50% da formação de formazan por grama de proteína, com resultados expressos em U mg⁻¹ proteína.

2.4.2 Atividade das enzimas peroxidase (POD) e ascorbato peroxidase (APX)

A atividade da POD foi determinada conforme o protocolo de Bezerra Neto & Barretos (2011), com algumas modificações. O meio de reação foi composto por 25 µL de Guaiacol a 0,2 M, 250 µL de H₂O₂ a 0,38 M, 1 mL do tampão fosfato de sódio a 0,2 M (pH 6,0) e para iniciar a reação enzimática 25 µL do extrato proteico. A solução foi analisada em espectrofotômetro a 470 nm, as leituras eram intercaladas de 10 s, durante 1 min. Os resultados foram expressos em UE min⁻¹ mg⁻¹ de amostra.

A atividade da APX foi determinada de acordo com Nakano & Asada (1981). A solução reacional foi composta por 650 μL de tampão fosfato de potássio 80 mM (pH 7,5), 100 μL de ascorbato 5 mM, 100 μL de EDTA a 1 M, 100 μL de H_2O_2 a 1 mM e 50 μL de extrato proteico. A solução foi colocada em tubos de ensaio e acondicionada em banho-maria a 30°C, assim a atividade da APX foi determinada pelo monitoramento da taxa de oxidação do ascorbato durante 60 s, em espectrofotômetro a 290 nm. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ de proteína, considerando uma unidade de atividade de APX capaz de converter 1 μmol de ácido ascórbico em monodesidroascorbato durante 1 min.

2.4.3 Quantificação do peróxido de hidrogênio

A quantificação de peróxido de hidrogênio foi medida espectrofotometricamente a 390 nm após a reação com iodeto de potássio (KI) de acordo com Agrawal *et al.* (2004), e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de massa fresca (MF). A mistura reacional consistiu de 0,2 mL do sobrenadante, 0,8 mL de KI e 0,2 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) no escuro por 1 hora no gelo. O branco da solução consistia em 0,1% de TCA na ausência de extrato de folha.

2.5 Crescimento vegetal e acúmulo de matéria seca

Aos 14, 21, 28 e 35 DAT o diâmetro do colo (DC, mm) foi medido com paquímetro digital (0,01 mm), a altura da planta (AP, cm) foi medida com fita métrica na base da planta até o ponteiro de cada planta e contagem do número de folha expandida por planta (NF). Após esse período foi feita a poda do ramo principal, para que assim a planta cessasse seu crescimento e translocasse seus fotoassimilados para produção dos frutos, como também para melhorar o manejo da cultura na casa de vegetação. Assim, no dia da colheita dos frutos as plantas foram retiradas dos vasos e separadas em folhas, caule e raízes e suas massas frescas (MFF, MFF e MFR, respectivamente) foram medidas em balança semi-analítica e expressas em g planta^{-1} . Posteriormente, a biomassa seca foi obtida em estufa de circulação forçada a 65 ± 1 °C por 72 h para medir a matéria seca de folha, caule e raiz (MSF, MSC e MSR, respectivamente) expressa em g planta^{-1} . A massa total (folhas + caules + raízes) das matérias frescas e secas também foram registradas.

2.6 Área foliar

As folhas foram inseridas no aparelho LI-COR 3100C e a área foliar (cm²) de cada planta foi determinada na resolução de 1 mm² (25 dpi). O aparelho é composto por um sistema contínuo acionado por correias transportadoras de vinil transparente, que mede a área acumulada em função da intensidade da luz; as folhas são inseridas em uma esteira de correias transportadoras (vinil, transparente), que carregam as folhas até o *scanner*. De forma que, esteira é maleável e permite que a área foliar seja mensurada com alto rigor mesmo quando há rugosidades na folha (Kershaw & Larsen, 1992).

2.7 Teor de nutrientes minerais

O material vegetal seco foi moído em moinho Wiley para determinar as concentrações de K⁺ e Na⁺ nas folhas, caules e raízes de acordo com Silva (2009) e expressos em g kg⁻¹. De posse dos dados, determinou-se a relação K⁺/Na⁺ expressos em g kg⁻¹. Enquanto, o silício foi determinado conforme a metodologia de Korndörfer *et al.* (2004), os resultados foram expressos em g kg⁻¹.

2.8 Análises estatísticas

Os dados foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade pelos testes de Shapiro-Wilk & Levene, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância de duas vias pelo teste F e as médias pelo teste de Tukey. Além disso, foi realizada uma anova de modelos mistos com os fatores silício e salinidade entre sujeitos e o dia de avaliação dentro dos sujeitos em um delineamento em blocos casualizados utilizando os pacotes *stats* e *hpn* do programa R. Todas as análises estatísticas foram consideradas significativas em $p \leq 0,05$ e realizadas no *software* R (R Core Team, 2023).

3 RESULTADOS

3.1 Vazamento de eletrólitos

Para o vazamento de eletrólitos (VE) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,001$). As plantas que receberam suplementação de Si exibiram um percentual de vazamento de eletrólitos menor, registrando 3,11%, em comparação com as plantas não tratadas, conforme ilustrado na Figura 2A.

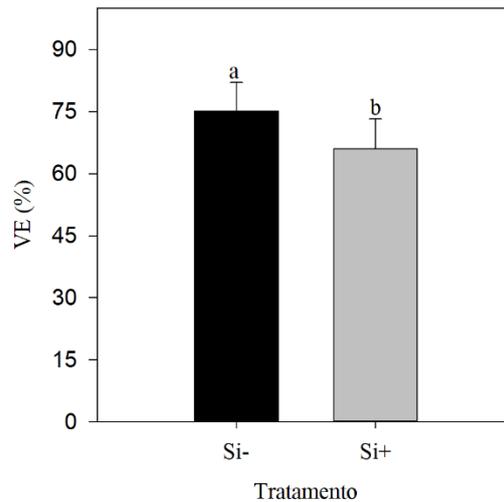


Figura 2. Vazamento de eletrólitos (VE, Desv.P, n=15) em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).

3.2 Análises bioquímicas do tecido vegetal

Para a atividade da peroxidase (POD) houve efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para CEs_n (p<0,001) e o tratamento com o silício (p<0,001). As plantas cultivadas na solução salina de 4,50 dS m⁻¹ apresentaram um aumento de 14,57% da atividade da POD, quando comparada com as plantas cultivadas na solução não salina (1,78 dS m⁻¹), como demonstra a figura 3 A. Enquanto que, as plantas que foram tratadas com Si nas diferentes CEs_n apresentaram um incremento positivo de 19,34% na atividade da POD quando comparada com as plantas não tratadas (Figura 3 B).

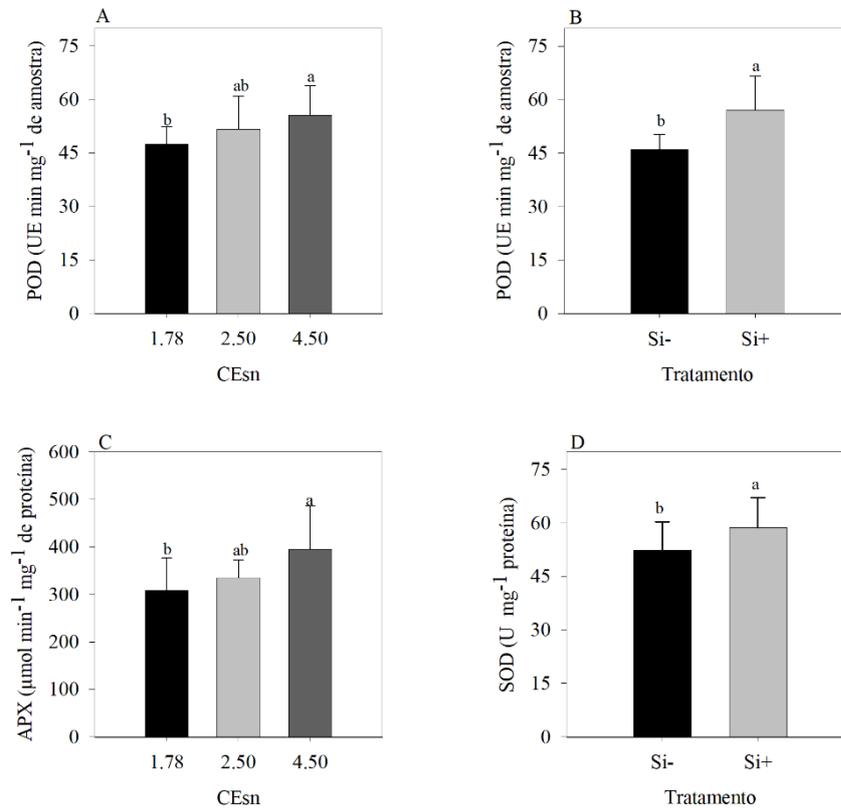


Figura 3. (A) Atividade da peroxidase (POD, DP, n=10) em função as salinidade, (B) atividade da peroxidase em função do tratamento com Si (POD, Desv.P, n=15), (C) atividade da ascorbato peroxidase (APX, Desv.P, n=10) e a (D) atividade da superóxido dismutase (SOD, Desv.P, n=15), em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).

Para atividade ascorbato peroxidase (APX) houve efeito significativo apenas para condutividade elétrica das soluções nutritivas (p<0,05). Assim, as plantas que foram cultivadas na solução salina de 4,50 dS m⁻¹ apresentaram atividade da APX superior em média 21,98%, quando comparada com as plantas cultivadas na solução não salina (1,78 dS m⁻¹). Enquanto que, para quantificação do peróxido não houve efeito significativo (Figura 3 C).

Para atividade da superóxido dismutase (SOD) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício (p<0,05). Portanto, as plantas que foram suplementadas apresentaram um aumento de 10,83% na atividade da SOD quando comparada com as plantas que não receberam o tratamento (Figura 3 D).

3.3 Crescimento vegetal e acúmulo de matéria seca

Para altura da planta (AP) a interação entre salinidade e dia de avaliação foi significativa (p<0,05). Além disso, o efeito principal dos fatores silício, salinidade e dia foram significativos (p<0,05). Portanto, foram realizadas comparações múltiplas utilizando o teste t para comparar os três níveis de salinidade ao longo dos dias nos tratamentos com e sem silício.

Pode-se verificar que no tratamento com silício a AP foi maior nos tratamentos com menor nível de salinidade. No 14º a altura das plantas reduziu 11,23% e 19,75% nas plantas cultivadas nas soluções de 2,50 dS m⁻¹ e 4,50 dS m⁻¹, quando comparada com as plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m⁻¹. Comportamento semelhante no 21º dia, as plantas cultivadas nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ apresentaram uma redução de, respectivamente, 12,61% e 23,35%. No tratamento sem silício, a altura das plantas não variou com a salinidade. Mas no 21º dia, a altura das plantas foi menor com valor médio de 174,6 cm, no tratamento de 4,5 dS m⁻¹ de salinidade quando comparado com o de 1,78 dS m⁻¹, como demonstra a Figura 4.

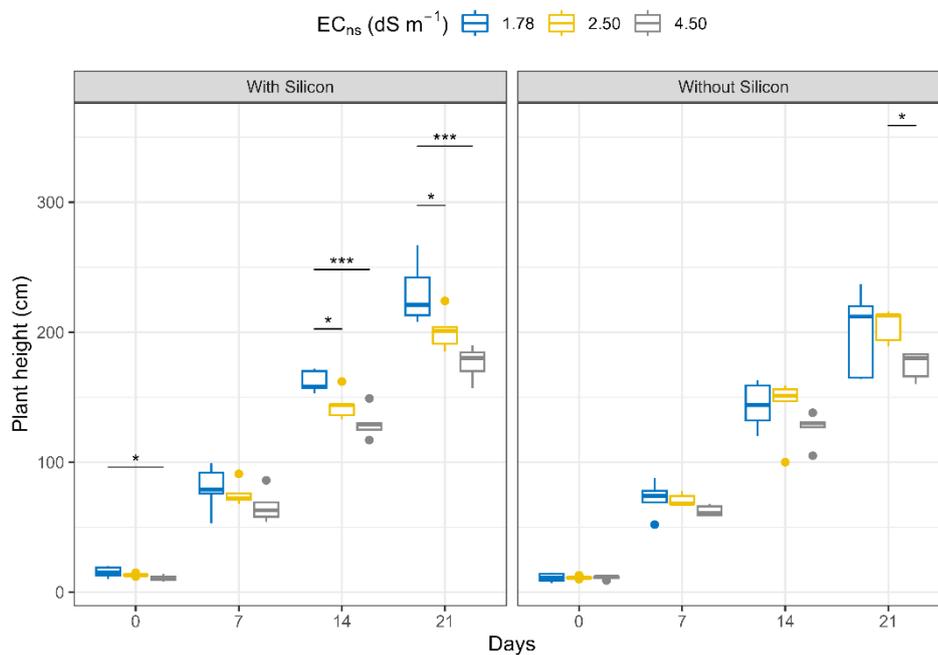


Figura 4. Altura das plantas de minimelancia 'Sugar Baby' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e com e sem tratamento com silício. As barras indicam quais tratamentos com salinidade diferiram. *, ***: significativo a p<0,05 e p<0,001 pelo teste t.

Para o diâmetro do colo (DC) a interação entre salinidade e dia de avaliação foi significativa (p<0,001), também a interação silício e dia de avaliação foi significativa (p<0,001). Além disso, o efeito principal dos fatores silício, salinidade e dia foram significativos (p<0,05). Portanto, foram realizadas comparações múltiplas utilizando o teste t para comparar os três níveis de salinidade ao longo dos dias nos tratamentos com e sem silício.

Para o DC as plantas que foram tratadas e as não tratadas, nos dias 0 e 7, para essa variável não diferiu com a salinidade. Enquanto que, as plantas que receberam o tratamento com Si no 14º e 21º dia, na solução de 4,50 dS m⁻¹ apresentaram o menor DC com valor médio de, respectivamente, 5,63 cm e 5,42 cm. Para plantas que não receberam o tratamento com Si, apenas no 14º dia que as plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m⁻¹ apresentaram um maior

DC em torno de 9,63% do que as plantas cultivadas na solução salina de 4,50 dS m⁻¹ (Figura 5).

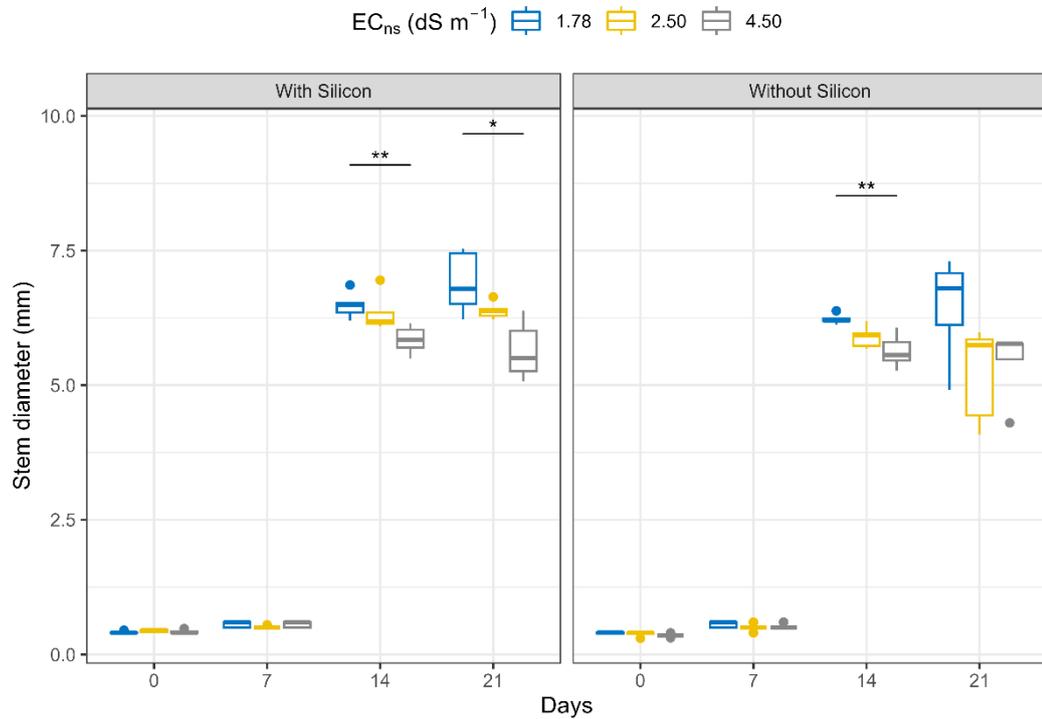


Figura 5. Diâmetro do colo (DC) plantas de minimelancia '*Sugar Baby*' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e com e sem tratamento com silício. As barras indicam quais tratamentos com salinidade diferiram. *, ***: significativo a p<0,05 e p<0,001 pelo teste t.

Para o número de folhas (NF) apenas o efeito principal da salinidade e dia de avaliação foram significativos (p < 0,05). Portanto, foram realizadas comparações múltiplas utilizando o teste t para comparar os três níveis de salinidade ao longo dos dias. A figura 6 foi plotada considerando que o tratamento com silício não afetou a variável número de folhas. Entretanto, a salinidade afetou o número de folhas ao longo dos dias.

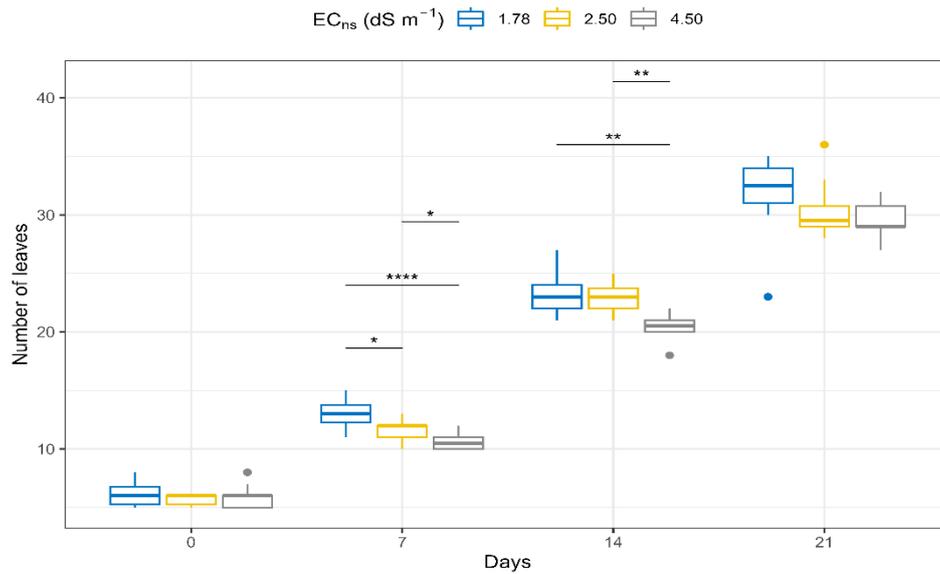


Figura 6. Número de folhas (NF) de plantas de minimelancia 'Sugar Baby' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e com e sem tratamento com silício. As barras indicam quais tratamentos com salinidade diferiram. *, ***, ****: significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,001$ pelo teste t.

Verifica-se que no 0 e 21º dia o NF não foi afetado pela salinidade. Por outro lado, no 7º dia o número de folhas reduziu significativamente com o aumento da salinidade, ou seja, as plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m⁻¹ apresentou maior NF quando comparado com as na solução de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ de respectivamente, 10% e 18,46%. No dia 14, o número de folha das plantas em condição de salinidade 4,50 dS m⁻¹ foi menor em torno de 6,92% quando comparada com as plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m⁻¹ (Figura 6).

Para o acúmulo de matéria seca das folhas (MSF) houve efeito significativo para ambos os fatores, porém foi isoladamente ($p < 0,001$). Enquanto que, para acúmulo de matéria seca do caule (MSC) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,05$). Não houve efeito significativo para acúmulo de matéria seca da raiz.

Assim, para CEs_n as plantas cultivadas nas soluções de 1,78 e 2,50 dS m⁻¹ apresentaram para MSF um aumento de, respectivamente, 3,66% e 4,05%, quando feita a comparação com as plantas cultivadas na solução de 4,50 dS m⁻¹ (Figura 7 A). Ao passo que, as plantas que receberam o tratamento com Si apresentaram um aumento no acúmulo de MSF de 5,52% quando comparado com as plantas não tratadas (Figura 7 B). Comportamento semelhante foi observado no acúmulo de matéria seca do caule, o qual as plantas de minimelancia tratadas apresentaram um aumento de 6,24% quando comparada as plantas que não receberam a suplementação de silício (Figura 7 C).

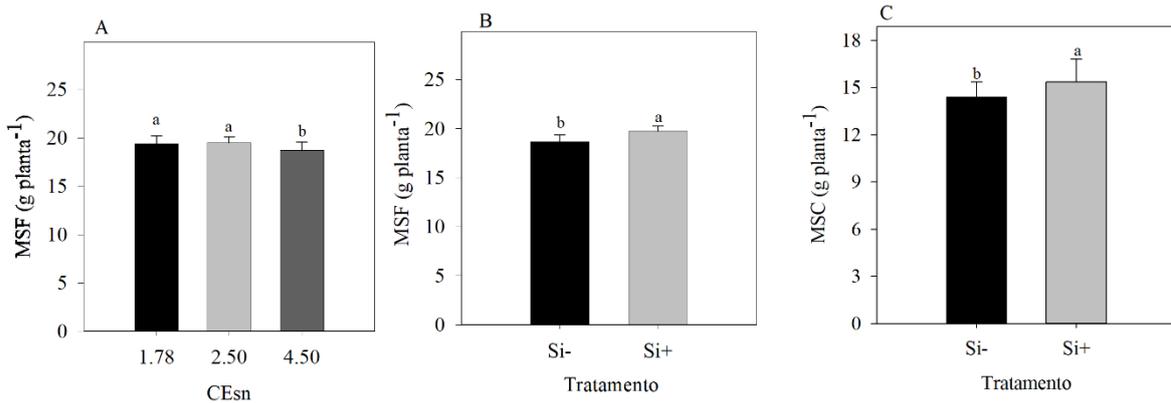


Figura 7. (A) Matéria seca da folha (MSF, Desv.P, n=10), (B) matéria seca da folha (MSF, Desv.P, n=15) e (C) matéria seca do caule (MSC, Desv.P, n=15) de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).

3.4 Área foliar

Para área foliar (AF) houve efeito significativo apenas para condutividade elétrica da solução nutritiva (p<0,001). Assim, foi verificado que com aumento da CEs_n houve uma redução da AF das plantas de minimelancia, o qual as CEs_n de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ apresentaram valores de, respectivamente, 21,44% e 24,72%, quando feita a comparação com as plantas que foram cultivadas na solução não salina, como representado na Figura 8.

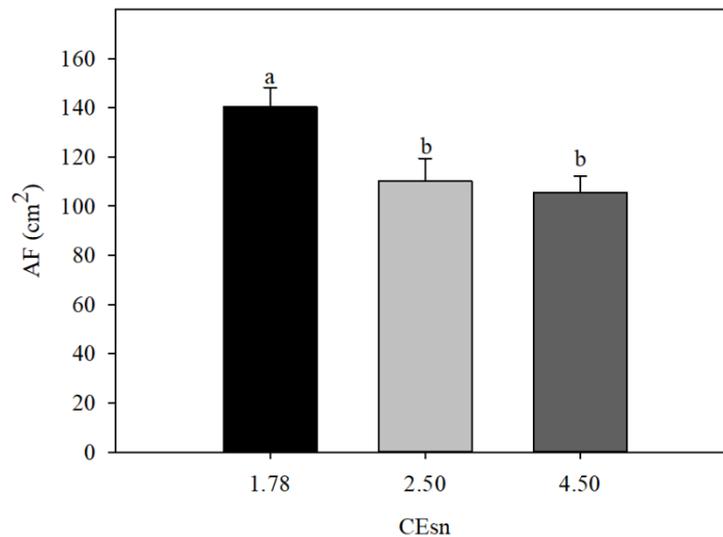


Figura 8. Área foliar (AF, Desv.P, n=10) de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).

3.5 Teor de nutrientes minerais

Para o teor de silício nas folhas (TSF) houve efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para CEsn ($p < 0,001$) e o tratamento com o silício ($p < 0,001$). Enquanto que, para teor de Si no caule e na raiz houve interação significativa ($p < 0,001$) entre a CEsn e o tratamento com o silício.

De forma que, as plantas de minimelancia tratadas apresentaram maior TSF com valor médio de 2,59%, enquanto, as folhas das plantas não tratadas apresentaram um valor médio de 0,71%, como demonstra a Figura 9A. Ao passo que, para as plantas cultivadas na solução de 4,50 dS m^{-1} apresentaram uma concentração superior do teor de silício de 27,09% quando comparadas com as plantas cultivadas na solução não salina (Figura 9 B).

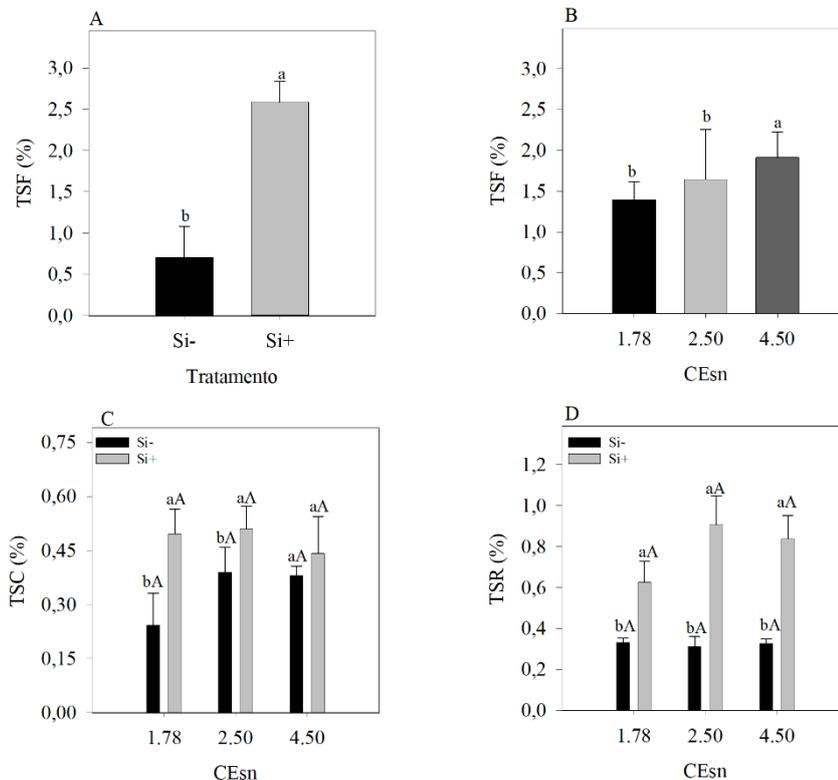


Figura 9. (A) Teor de silício das folhas em função do tratamento com Si (TSF, Desv.P, n=15) , (B) teor de silício das folhas em função da salinidade (TSF, Desv.P, n=10), (C) teor de silício do caule (TSC Desv.P, n=8) e (D) teor de silício da raiz (TSR, Desv.P, n=8) em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1}) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras maiúscula indicam diferença significativa dos níveis de salinidade e a minúscula diferem quanto ao tratamento com Si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Para o teor de Si do caule nas CEsn de 1,78 e 2,50 dS m^{-1} as plantas suplementadas com este mineral apresentaram valores superiores de, respectivamente, 51,21% e 23,53%, quando comparado com as plantas cultivadas nessas mesmas soluções só que não receberam o tratamento com Si (Figura 9 C). Na raiz o teor de Si nas CEsn de 1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1} as plantas de minimelancia que receberam o tratamento com este mineral apresentaram um

aumento de, respectivamente, 47,28%, 65,56% e 61,10%, quando comparada com as plantas não tratadas sob essas mesmas condições de salinidade (Figura 9 D).

Para o teor de sódio nas folhas (NaF) e na raiz (NaR) houve efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para CEsn ($p < 0,001$) e o tratamento com o silício ($p < 0,05$). Enquanto que, para o teor de sódio no caule (NaC) houve efeito significativo apenas para CEsn ($p < 0,001$).

Com o aumento da CEsn houve um aumento do acúmulo de sódio nas folhas, ou seja, as plantas cultivadas nas soluções salinas de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ apresentaram valores de, respectivamente, 33,34 % e 28,56%, quando comparado com as plantas cultivadas na solução não salina (Figura 10 A). Ao passo que, as plantas que receberam o tratamento com Si apresentaram uma redução do acúmulo de NaF e NaR de, aproximadamente, 16,60% e 3,41% quando comparado as folhas e raízes das plantas não tratadas, como demonstra a figura 10 B e C, respectivamente. Para o teor de sódio da raiz foi verificado um maior acúmulo de NaR nas plantas cultivadas nas CEsn de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ de, respectivamente, 18,95% e 23,93%, quando comparada com as plantas cultivadas na solução não salina (figura 10 D).

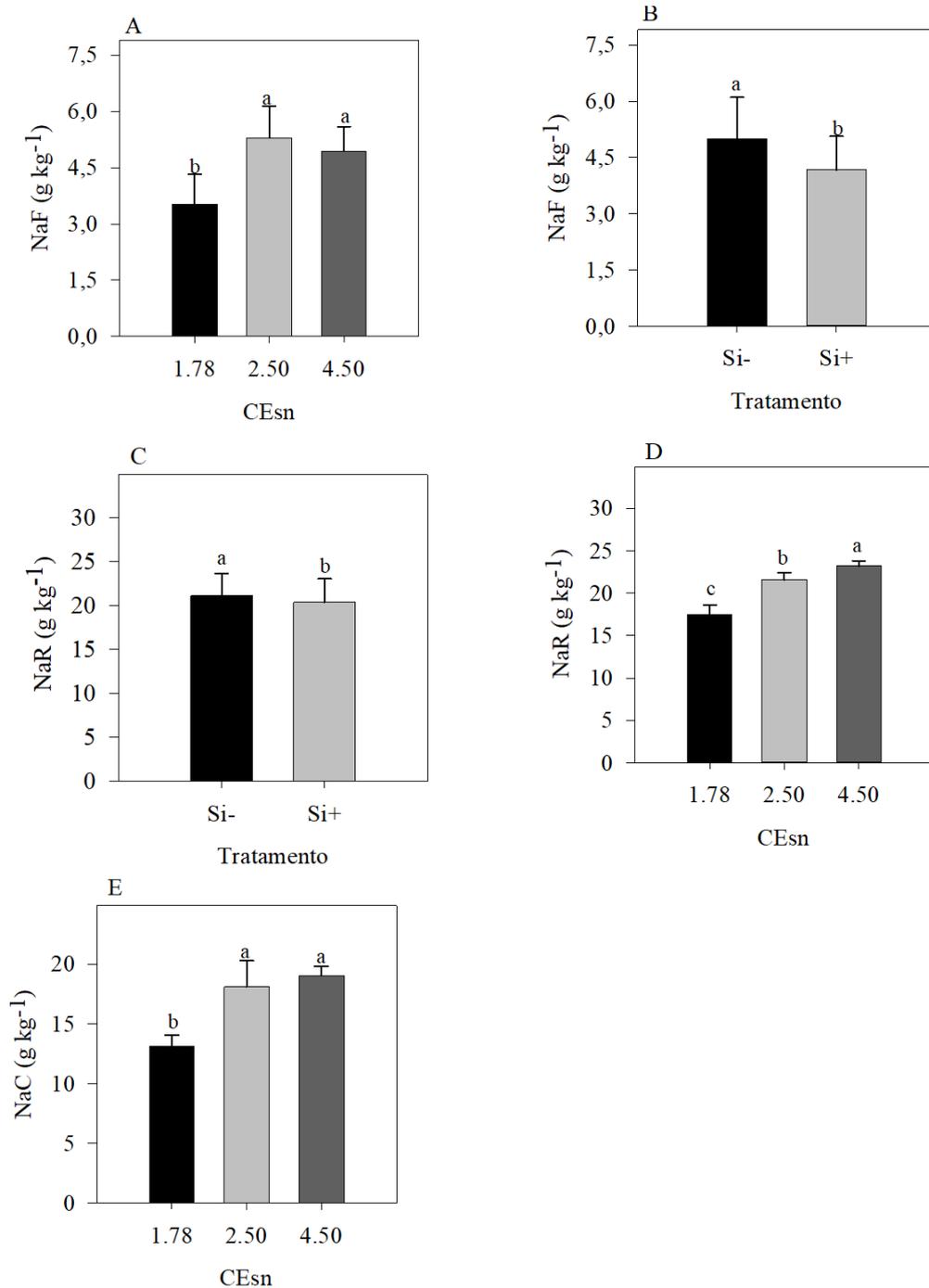


Figura 10. (A) Teor de sódio na folha em função da salinidade (NaF, Desv.P, n=10), (B) teor de sódio na folha em função do silício (NaF, Desv.P, n=15), (C) teor de sódio da raiz (NaR), (D) teor de sódio da raiz (NaR, Desv.P, n=15) e (E) teor de sódio do caule (NaC, Desv.P, n=10) em plantas de minimelancia 'Sugar Baby' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).

As plantas cultivadas nas maiores concentrações de sais acumularam mais sódio no caule. Em outras palavras, as soluções salinas de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ resultaram em aumentos de 27,46% e 31,23%, respectivamente, em comparação com as plantas cultivadas em solução não salina (Figura 10 E).

Para o teor de potássio nas folhas (KF), caule (KC) e na raiz (KR) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,05$). Assim, as plantas tratadas apresentaram um maior acúmulo de potássio nas folhas, caule e raiz com um valor médio de, respectivamente, 10,73%, 8,93% e 7,28% quando comparado com o teor de potássio das folhas, caule e raiz das plantas não tratadas, como demonstrado nas Figuras 11A, B e C, respectivamente.

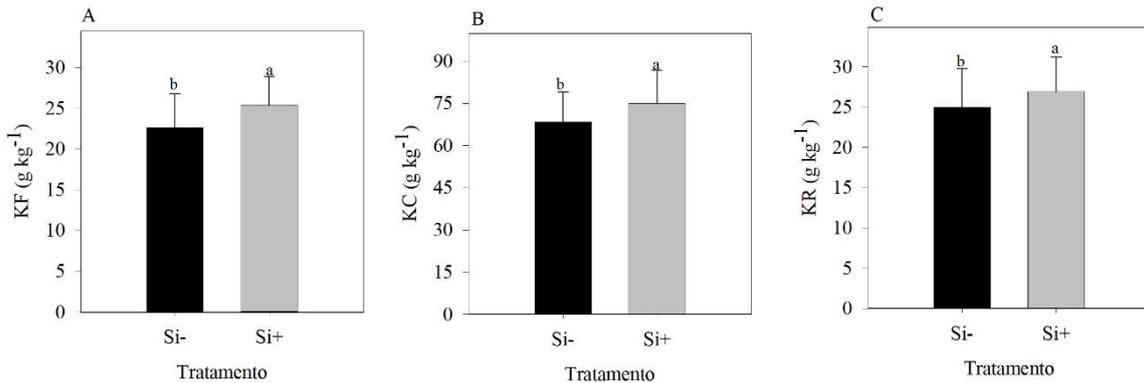


Figura 11. (A) Teor de potássio da folha (KF, Desv.P, n=15), (B) teor de potássio do caule (KC, Desv.P, n=15) e o (C) teor de sódio da raiz (KR, Desv.P, n=15), em plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Para K^+/Na^+ houve efeito significativo para o tratamento com Si e a CEs_n ($p < 0,001$). Nessa perspectiva, o tratamento com Si possibilitou um maior K^+/Na^+ nas folhas e caule das plantas tratadas de, aproximadamente, 21,14% e 14,46%, respectivamente (Figura 12A e B). Para as plantas cultivadas, as soluções com concentrações de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ resultaram em uma redução de 36,27% e 44,49%, respectivamente, nos teores de K^+/Na^+ nas folhas. No entanto, para o caule, observou-se uma diminuição de 63,70% e 45,65%, respectivamente, nessas concentrações em comparação com as plantas submetidas à solução não salina (Figura 12C e D).

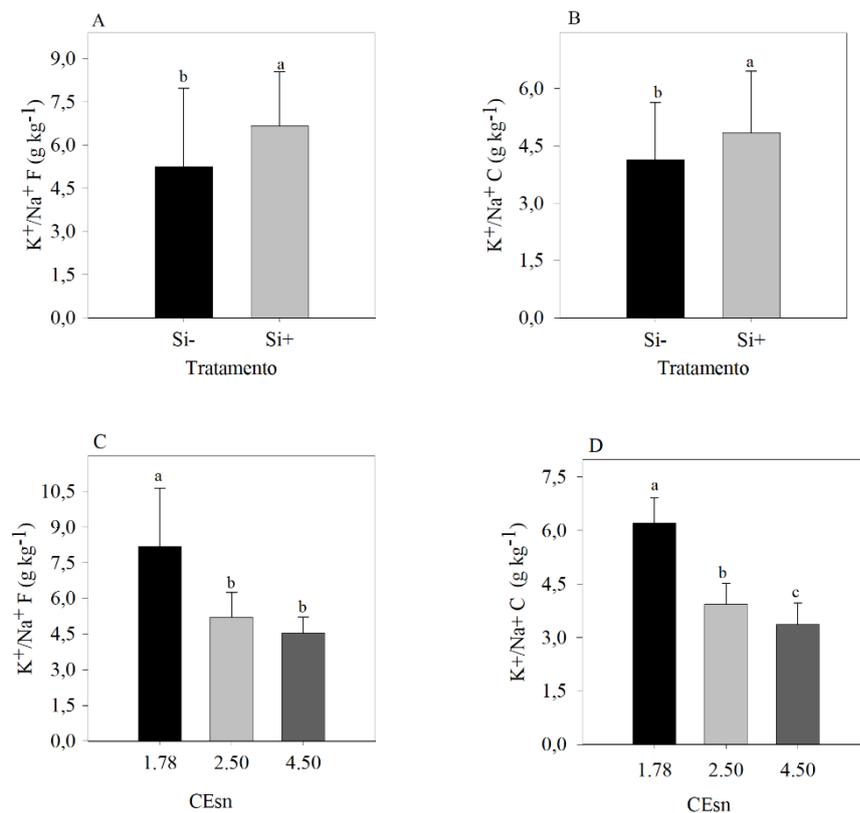


Figura 12. (A) Relação potássio e sódio da folha em função do tratamento com Si ($K^+/Na^+ F$, Desv.P, $n=15$), (B) relação potássio e sódio do caule em função do tratamento com Si ($K^+/Na^+ C$, Desv.P, $n=15$), (C) relação de potássio e sódio da folha em função da salinidade ($K^+/Na^+ F$, Desv.P, $n=10$) e (D) relação potássio e sódio do caule em função da salinidade ($K^+/Na^+ C$, Desv.P, $n=10$) em plantas de minimelancia 'Sugar Baby' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p<0,05$).

3.6 Variáveis canônicas

A salinidade e o silício tiveram efeitos sobre a fisiologia e biomassa da planta de minimelancia como demonstra a Figura 13. No lado direito mostra que as plantas cultivadas nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ e não tratadas com silício apresentaram maiores valores de NAF, NAR e VE. Além disso, apresentaram um menor teor de KF. Ao passo que, as plantas cultivadas nas soluções de 1,78 e 2,50 dS m⁻¹ com Si apresentaram maiores valores de MSF e TRA. As variáveis de AF e KC foram maiores nas plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m⁻¹, sendo que as plantas tratadas ainda apresentaram maiores valores para esses parâmetros. Enquanto, as plantas tratadas com Si e cultivadas nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ apresentaram acúmulo de MSC, aumento da atividade da POD e APX. As plantas cultivadas na solução de 1,78 e 2,50 dS m⁻¹ que foram tratadas apresentaram maiores valores de teores de silício nas folhas, caule e raiz, TRA e MSF. As duas primeiras variáveis canônicas explicam 89,11% a inércia do conjunto de dados. Existe uma correlação negativa entre salinidade e as variáveis fisiológicas e de biomassa das plantas, uma vez que elas reduzem esses parâmetros,

sendo que o silício conseguiu minimizar os efeitos deletérios da salinidade através do aumento das variáveis bioquímicas e nutricionais. Diante disso, percebe-se que a salinidade reduz essas variáveis e o uso do silício ajudou a melhorar a parte nutricional e bioquímica das plantas. Na primeira variável canônica os parâmetros que tiveram influência foram TRA, POD, APX, KF, SIF, SIC, MSF, MSC e SIR. Enquanto que, na segunda foram VE, APX, AF, NAF, NAC, NAR e KC.

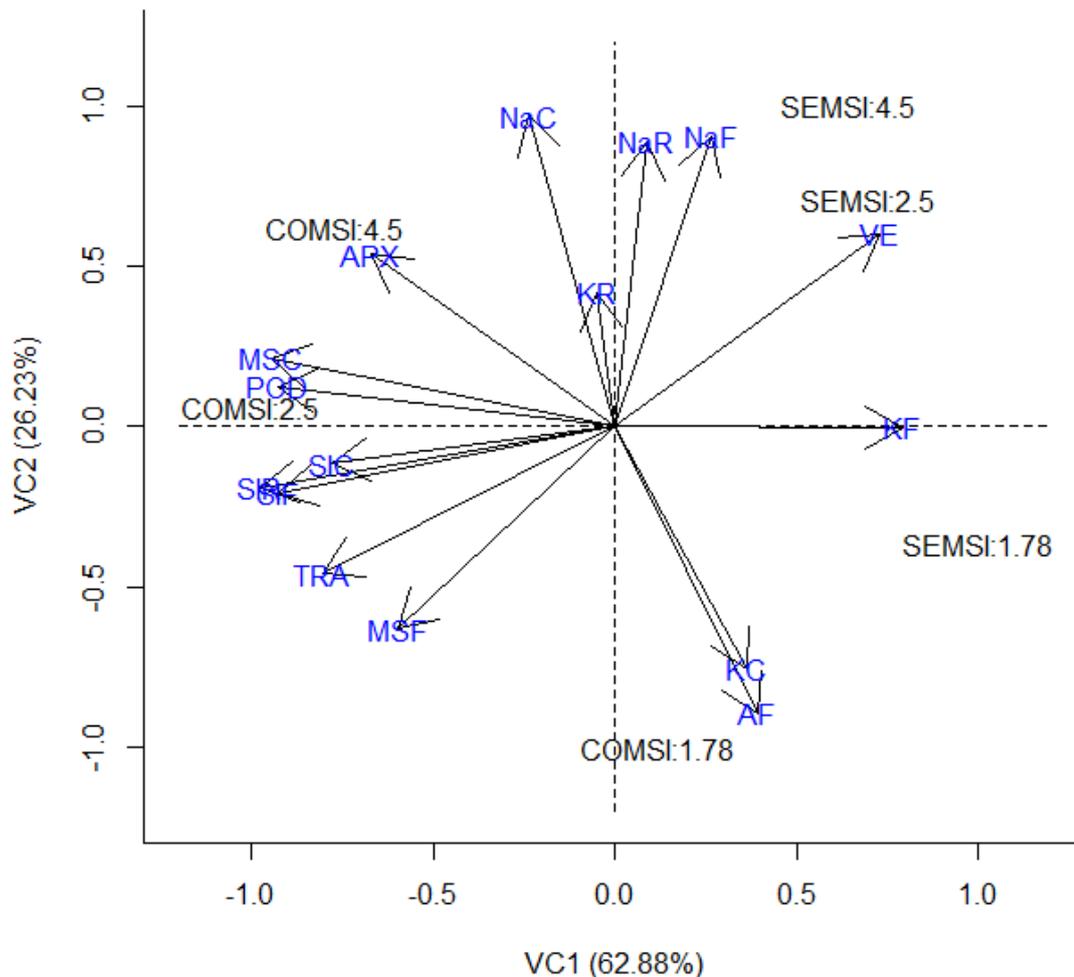


Figura 13 Variáveis Canônicas de características das plantas de minimelancia cv. *Sugar Baby*. As plantas foram cultivadas em soluções nutritivas de condutividade elétrica de 1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1} . Em seguida, parte das plantas foram suplementadas com silício e a outra parte não recebeu o tratamento. Vazamento de eletrólitos (VE), teor relativo de água (TRA), atividade da peroxidase (POD), atividade da ascorbato peroxidase (APX), atividade da superóxido dismutase (SOD), teor de Si da folha (SIF), teor de Si do caule (SIC), teor de Si da raiz (SIR), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC), área foliar (AF), teor de sódio da folha (NAF), teor de sódio do caule (NAC), teor de sódio da raiz (NAR), teor de potássio da folha (KF), teor de potássio do caule (KC) e teor de potássio da raiz (KR).

4 DISCUSSÃO

A salinidade diminui a disponibilidade de água no substrato, as diversas culturas não reagem de maneira uniforme aos efeitos adversos dos sais. Isso ocorre porque algumas são mais tolerantes do que outras, sendo capazes de extrair água com maior facilidade (Luz Neto *et al.*,

2023). Além disso, o aumento da salinidade é considerado o fator que mais impacta a variável de crescimento vegetal conhecida como acúmulo de biomassa seca total (Brito *et al.*, 2008). No estudo realizado por Souza *et al.* (2016), observaram diminuições de 4,5% na altura das plantas, 8,5% na massa fresca das folhas e 4,3% na massa seca das folhas da minimelancia. Em outro estudo, foi observado que a salinidade reduziu o diâmetro do caule em 5,98% por unidade de aumento na CEs_n em plantas de minimelancia (Lima *et al.* 2020). No presente trabalho, foi verificado resultado semelhante à medida que aumentou a salinidade houve uma redução na AP e no DC planta da minimelancia, ao passo que para MSF reduziu na solução de 4,50 dS m⁻¹. Essas reduções podem estar relacionadas ao gasto de energia devido as várias modificações metabólicas que ocorrem nas plantas devido ao estresse, incluindo peroxidação lipídica, diminuição nos níveis de clorofila, aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, atividade enzimática antioxidante (Lima *et al.*, 2020) e redução do crescimento das raízes, afetando sua morfologia e fisiologia que, por sua vez, alterou a absorção de água e íons, o que levou à diminuição do crescimento e produção de matéria seca (Safdar *et al.*, 2019; Ullah *et al.*, 2020).

Luz Neto *et al.* (2023), relataram que as plantas da minimelancia ‘*Smile*’ que receberam aplicação foliar de Si apresentaram incrementos de 15,51% para massa seca foliar sob condições de salinidade. Os resultados obtidos no presente estudo mostraram comportamento semelhante na cv. *Sugar Baby*, o qual as plantas que receberam tratamento com silício apresentaram uma maior MSF e uma maior MSC. Sabe-se que ocorre a deposição de Si na forma de sílica amorfa (SiO₂ nH₂O) na parede celular das folhas e nos tricomas, assim forma uma dupla camada lignificada abaixo da cutícula, resultando em uma maior rigidez estrutural dos tecidos, deixando as folhas mais eretas e aumentando a área fotossintética, conseqüentemente maior absorção de água (Torres *et al.*, 2015; Fátima *et al.*, 2019).

No presente estudo foi verificado que à medida que aumentou a salinidade observou-se uma redução no NF e na AF das plantas de minimelancia. Além disso, nas folhas a relação de K⁺/Na⁺ foi reduzida quando aumentou a salinidade. Isso ocorre devido ao estresse osmótico e estresse específico de íons. Esse estresse resulta em desequilíbrio da homeostase do potencial hídrico devido ao acúmulo de solutos em concentrações mais altas do que o necessário, assim, leva ao acúmulo de Na⁺ em quantidades excessivas, afetando por sua vez a razão K⁺ /Na⁺ (Al Murad *et al.*, 2020). Corroborando ao resultado encontrado em Jam *et al.* (2022), observaram que a diminuição da área foliar é uma resposta imediata das plantas ao estresse salino, o que leva à inibição da expansão foliar com o aumento das concentrações de salinidade. Outra pesquisa mostrou que o número de folhas das plantas de minimelancia da cv. *Sugar baby*

diminuiu significativamente com o aumento da salinidade da água de irrigação uma redução de 10,62% por unidade de aumento na CEs_n (Lima *et al.*, 2020).

O aumento do estresse devido à alta salinidade provoca um acúmulo excessivo de íons de Na⁺ nas plantas, resultando no desequilíbrio da homeostase do Na⁺ no citosol celular (Al Murad *et al.*, 2020). Como verificado no presente estudo que a concentração de Na⁺ na parte aérea (folha, caule) e também na raiz da planta da minimelancia aumentou conforme o aumento da concentração salina. Paralelo a isso, nossos dados indicam que o silício esteve ligado à diminuição do transporte de Na⁺ das raízes para a parte aérea devido ao aumento nos níveis de potássio (K⁺) nas plantas tratadas, o que é respaldado pela redução desse mineral entre a parte aérea e as raízes, como também pelas plantas que receberam o tratamento apresentar um aumento na relação de K⁺ /Na⁺.

Vale salientar que o sódio também disputa os locais de ligação das enzimas com o potássio (K⁺), levando à inativação enzimática. Isso significa que as plantas expostas a condições salinas podem ser impactadas pela combinação de toxicidade causada pelo sódio e deficiência de potássio (Munns & Tester 2008). Assim, essa menor competição pela absorção e transporte entre ambos os elementos provavelmente é devido os mecanismos operados pelo silício quando as plantas estão submetidas ao estresse salino que é a compartimentalização vacuolar ou celular do Na⁺ e, exclusão do Na⁺ do meio celular através do aumento da concentração de K⁺ (Liang *et al.*, 2015). Algumas pesquisas verificaram que o Si restaurou parcialmente o K foliar e radicular em plantas de tomate (Hernández-Salinas *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2015). Reforçando os nossos achados, esse efeito da redução do transporte de Na⁺ da raiz para a parte aérea que também pode ser atribuída a uma deposição de Si nas paredes celulares da rizoderme e da endoderme, bloqueando o transporte de Na⁺ ao reduzir seu movimento apoplástico através da raiz.

A minimelancia é uma não-acumuladora, pois as plantas acumuladoras de Si são aquelas que armazenam mais de 10 g kg⁻¹ de silício e apresentam uma relação molar Si/Ca superior a 1. Enquanto que, as plantas que possuem uma quantidade de silício entre 5 e 10 g kg⁻¹ na massa seca, ou seja, uma relação molar Si/Ca inferior a 1, são classificadas como intermediárias. Por fim, aquelas plantas que contenham menos de 5 g kg⁻¹ de silício são consideradas não-acumuladoras de Si (Ma & Takahashi, 1990; Luz Neto *et al.*, 2023). Neste presente estudo, foi verificado que houve um aumento da deposição de Si nas folhas a medida que aumentou a concentração salina das soluções nutritivas. Assim como, as plantas tratadas apresentaram um aumento o que ocorreu no caule e raiz foi um fenômeno semelhante que ocorre nas folhas de minimelancia, o silício foi absorvido pelas raízes das plantas na forma de ácido silícico solúvel.

Após sua absorção, o ácido silícico é conduzido para a parte aérea da planta por meio do xilema (Ma & Yamaji., 2008). Logo, o silício foi polimerizado e precipitado, passando a integrar os espaços entre as células do caule e raízes. Assim, resultou no reforço da resistência do caule, estabelecendo uma barreira sólida que fortalece a parede celular. Essa deposição ocorreu provavelmente devido a estratégia adaptativa da planta frente a esse estresse, pois quando as plantas enfrentam condições de salinidade, muitas vezes há um aumento na absorção e acúmulo de Si em suas células. Isso pode ser atribuída à polimerização do Si insolúvel e à formação de fitólitos na parede celular e nas proximidades dos feixes vasculares e em estruturas como as células epidérmicas e vasculares (MA, 2004; Zhang *et al.*, 2020; Luz Neto *et al.*, 2023; Irfan *et al.*, 2023).

O estresse salino induz o estresse oxidativo, desencadeando a formação de EROs, como por exemplo, os radicais superóxido. Esses radicais são responsáveis pela oxidação do DNA, RNA e proteínas, como também tem impacto nos lipídios presentes na membrana celular, podendo comprometer sua composição e estabilidade (Hoffmann *et al.*, 2020). A superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX), peroxidase (POD), glutaciona redutase (GR), prolina e ácido ascórbico atuam como eliminadores das EROs, pois são os osmoprotetores mais importantes que previnem o dano oxidativo celular durante o estresse salino (Mansour & Ali, 2017). Tendo isso em vista, foi observado neste estudo que a medida que aumentou a salinidade aumentou atividade da POD e APX nas plantas de minimelancia. Resultados semelhantes foi verificado por Youssef *et al.*, (2023), as plantas de melancias tiveram aumento da atividade da POD e CAT a medida que aumentou as concentrações salinas. O mesmo foi observado por Kuşvuran *et al.* (2021), que em dois genótipos de melão (SCP⁻¹ e SCP⁻²) em resposta ao estresse salino, as atividades das enzimas antioxidantes (SOD, CAT, GR e APX) aumentaram tanto nas plantas enxertadas quanto nas não enxertadas.

Neste estudo, constatou-se que o silício estimulou a redução do VE das plantas de minimelancia, bem como aumentou a atividade das enzimas SOD e POD. Segundo Mahmoud *et al.* (2020), verificaram que aplicação de nanopartículas de Si em brotos de bananeira reduziram o vazamento de eletrólitos sob estresse hídrico. Em outra pesquisa, observou-se que o tratamento com Si em plantas de pepino promoveu um aumento na atividade da SOD e POD em condições salinas e déficit hídrico (Mousavi *et al.*, 2022). De acordo com Abdelaal *et al.* (2020), a aplicação de silício alivia os efeitos nocivos da salinidade através das reduções no vazamento de eletrólitos, peroxidação lipídica, níveis de superóxido e peróxido de hidrogênio. Alguns estudos atribuem que aplicação exógena do silício regula as atividades das enzimas

antioxidantes e mantém os níveis espécies reativas de oxigênio (EROs) em concentrações não tóxicas, protegendo as plantas contra danos oxidativos em condições de salinidade, sendo que esse efeito regulatório varia de acordo com a espécie vegetal (Abdelaal *et al.*, 2020; Bijalwan *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021).

5 CONCLUSÃO

O estresse salino diminui K^+ enquanto aumenta o acúmulo de Na^+ nos tecidos vegetais, reduzindo o teor relativo de água, altura da planta, diâmetro do caule, matéria seca da folha e área foliar. Em contrapartida, aumentou o vazamento de eletrólitos celulares e atividade das enzimas antioxidantes POD e APX nas folhas de minimelancia.

A suplementação de silício em minimelancia estressada com sal reduz o conteúdo de Na^+ nos tecidos vegetais e o vazamento de eletrólitos celulares, bem como aumentou atividade das enzimas antioxidantes, acúmulo de matéria seca da folha e do caule, aliviando assim a toxicidade do sal.

REFERÊNCIAS

- ABDELAAL, K A A; MAZROU, Y S A; HAFEZ, Y M. Silicon foliar application mitigates salt stress in sweet pepper plants by enhancing water status, photosynthesis, antioxidant enzyme activity and fruit yield. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 733, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9060733>
- AGRAWAL, S. B.; RATHORE, Dheeraj; SINGH, Anoop. Effects of supplemental ultraviolet-B and mineral nutrients on growth, biomass allocation and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Tropical Ecology**, v. 45, n. 2, p. 315-326, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>
- AL MURAD, Musa; KHAN, Abdul Latif; MUNEER, Sowbiya. Silicon in horticultural crops: cross-talk, signaling, and tolerance mechanism under salinity stress. **Plants**, v. 9, n. 4, p. 460, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9040460>
- ALVES, T. R. C., TORRES, S. B., DE PAIVA, E. P., DE OLIVEIRA, R. R., OLIVEIRA, R. R. T., FREIRES, A. L. A., ... & DA SÁ, F. V. Production and Physiological Quality of Seeds of Mini Watermelon Grown in Substrates with a Saline Nutrient Solution Prepared with Reject Brine. **Plants**, v. 11, n. 19, p. 2534, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11192534>
- BARRS, H. D.; P. E. WEATHERLEY. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian journal of Biological Science**, Melbourne, 273 v.15, p.413-428, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1071/BI9620413>
- BASU, S; KUMAR, G. Exploring the significant contribution of silicon in regulation of cellular redox homeostasis for conferring stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 166, p. 393-404, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.005>
- BEZERRA NETO, E., & BARRETO, L. P. (2011). Análises químicas e bioquímicas em plantas. *Recife: UFRPE*.
- BIJALWAN, PRIYANKA; JEDDI, K., SAINI, I., SHARMA, M., KAUSHIK, P., & HESSINI, K. Mitigação das condições salinas em melancia com aplicação de micorrizas e silício. **Revista Saudita de Ciências Biológicas**, v. 28, n. 7, pág. 3678-3684, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.05.019>
- BOKOR, B; SANTOS, C. S., KOSTOLANI, D., MACHADO, J., DA SILVA, M. N., CARVALHO, S. M., ... & VASCONCELOS, M. W. Mitigation of climate change and environmental hazards in plants: Potential role of the beneficial metalloid silicon. *Journal of Hazardous Materials*, v. 416, p. 126193, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126193>
- BRADFORD, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Anal. Biochem.** 72, 248–254. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

- BRITO, M. E. B, FERNANDES, P. D., GHEYI, H. R., DE MELO, A. S., CARDOSO, J. A., & SOARES FILHO, W. D. S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 343-353, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v3i4a364>
- CAMPAGNOL, R; MATSUZAKI, R. T.; MELLO, S. C. Condução vertical e densidade de plantas de minimelancia em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 137-143, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000100021>
- FARHANGI-ABRIZ, S., & TORABIAN, S. Nano-silicon alters antioxidant activities of soybean seedlings under salt toxicity. **Protoplasma**, v. 255, p. 953-962, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1202-0>
- FÁTIMA, R. T, JESUS, E. G., GUERRERO, A. C., ROCHA, J. L. A., & BRITO, M. E. B. Silicon fertilization as atenuant of water stress in lettuce growth and gas exchanges. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 170-178, 2019. DOI: 10.13083/reveng.v27i2.892
- MORAES, C.A.G. , FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido, in: Lacerda, V.L.A. (Ed.), Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. Informe Agropecuário, Belo Horizonte-MG, pp. 105–113, 1999.
- GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>
- HAGHIGHI, M; PESSARAKLI, M. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 111-117, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.034>
- HERNÁNDEZ-SALINAS, M; VALDEZ-AGUILAR, L. A., ALIA-TEJACAL, I., ALVARADO-CAMARILLO, D., & CARTMILL, A. D. Silicon enhances the tolerance to moderate NaCl-salinity in tomato grown in a hydroponic recirculating system. **Journal of Plant Nutrition**, v. 45, n. 3, p. 413-425, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1963772>
- HOFFMANN, J, BERNI, R., HAUSMAN, J. F., & GUERRIERO, G. A review on the beneficial role of silicon against salinity in non-accumulator crops: tomato as a model. **Biomolecules**, v. 10, n. 9, p. 1284, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10091284>
- IRFAN, M; MAQSOOD, M. A., REHMAN, H. U., MAHBOOB, W., SARWAR, N., HAFEEZ, O. B. A., ... & AZIZ, T. Silicon nutrition in plants under water-deficit conditions: overview and prospects. **Water**, v. 15, n. 4, p. 739, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15040739>
- JAM, B.J., SHEKARI, F., ANDALIBI, B., FOTOVAT, R., JAFARIAN, V., NAJAFI, J., ... & MASTINU, A. Impact of silicon foliar application on the growth and physiological traits of *Carthamus tinctorius* L. exposed to salt stress. **Silicon**, v. 15, n. 3, p. 1235-1245, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-022-02090-y>

KERSHAW, J. A.; LARSEN, D. R. A rapid technique for recording and measuring the leaf area of conifer needle samples. **Tree Physiology**, v. 11, n. 4, p.411-417, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/11.4.411>

KUŞVURAN, Ş; ELIF, K. A. Y. A.; ELLİALTIOĞLU, Ş. Role of Grafting in Tolerance to Salt Stress in Melon (*Cucumis melo* L.) Plants: Ion regulation and antioxidant defense systems. **Biotech Studies**, v. 30, n. 1, p. 22-32, 2021. DOI: <https://doi.org/10.38042/>

LI, H; ZHU, Y., HU, Y., HAN, W., & GONG, H. Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. **Acta physiologiae plantarum**, v. 37, p. 1-9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1818-7>

LI, L., QI, Q., ZHANG, H., DONG, Q., IQBAL, A., GUI, H., ... & WANG, X. Ameliorative Effects of Silicon against Salt Stress in *Gossypium hirsutum* L. **Antioxidants**, v. 11, n. 8, p. 1520, 2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox11081520>.

LIANG, Y., SUN, W., ZHU, YG E CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. **Environmental pollution**, v. 147, n. 2, p. 422-428, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.06.008>

LIANG, Y.; NIKOLIC, M., BÉLANGER, R., GONG, H., SONG, A., LIANG, Y., ... & SONG, A. Silicon-mediated tolerance to salt stress. *Silicon in Agriculture: From Theory to Practice*, p. 123-142, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2_6

LIMA, G. S; FÉLIX, C. M., DA SILVA, S. S., DOS ANJOS SOARES, L. A., GHEYI, H. R., & MELO, M. D. Gas exchange, growth, and production of mini-watermelon under saline water irrigation and phosphate fertilization Trocas gasosas, crescimento e produção de mini-melancia irrigada com águas salinas e adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 41, n. 6 suplemento 2, p. 3039-3052, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p>

LIU, P., YIN, L., WANG, S., ZHANG, M., DENG, X., ZHANG, S., & TANAKA, K. Enhanced root hydraulic conductance by aquaporin regulation accounts for silicon alleviated salt-induced osmotic stress in *Sorghum bicolor* L. **Environmental and Experimental Botany**, v. 111, p. 42-51, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.10.006>

LIU, B.; SOUNDARARAJAN, P.; MANIVANNAN, A. Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. **Plants**, v. 8, n. 9, p. 307, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8090307>

LUZ NETO, C. A., DA SILVA, EM, FONSECA, WL; DE ARAÚJO MOREIRA, I; PESSOA, KD, & FEITOZA, MA. Cultivo fertirrigado de minimelancia submetido a níveis de salinidade e aplicação foliar de silício. **Revista Caatinga**, v. 2, pág. 445-455, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n221rc>

MA, J; TAKAHASHI, E. The effect of silicic acid on rice in a P-deficient soil. **Plant and Soil**, v. 126, p. 121-125, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00041377>

MA, J. F. Role of Silicon in Enhancing the Resistance of Plants to Biotic and Abiotic Stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, 50: 11-18, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408447>

- MA, J. F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. **Cellular and molecular life sciences**, v. 65, p. 3049-3057, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00018-008-7580-x>
- MAHMOUD, LAMIAA M; DUTT, M., SHALAN, A. M., EL-KADY, M. E., EL-BORAY, M. S., SHABANA, Y. M., & GROSSER, J. W. Silicon nanoparticles mitigate oxidative stress of in vitro-derived banana (*Musa acuminata* 'Grand Nain') under simulated water deficit or salinity stress. **South African Journal of Botany**, v. 132, p. 155-163, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.04.027>
- MANSOUR, M. M. F., ALI, E. F. Evaluation of proline functions in saline conditions. **Phytochemistry**, v. 140, p. 52-68, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.04.016>
- MEDEIROS, J. F; NETO, C. P. C. T.; DIAS, N. S; GHEYI, H. R; SILVA, M. V. T.; LOIOLA, A. T. Salinidade e pH de um argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.11, nº.3, p. 1407 - 1419, 2017. DOI: [10.7127/rbai.v11n300560](https://doi.org/10.7127/rbai.v11n300560)
- MOUSAVI, S. A; ROOSTA, H. R., ESMAEILIZADEH, M., & ESHGHI, S. Alleviating the adverse effects of salinity and alkalinity stresses on some physiological traits by selenium and silicon foliar applications on cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 46, n. 4, p. 556-573, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2043370>
- MUNNS, R; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, v. 59, p. 651-681, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplast. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>
- Ó, L.M.G.D.; COVA, A.M.W.; NETO, A.D.D.A.; DA SILVA, N.D.; SILVA, P.C.C.; SANTOS, A.L.; GHEYI, H.R.; DA SILVA, L.L. Osmotic adjustment, production, and post-harvest quality of mini watermelon genotypes differing in salt tolerance. *Scientia Horticulturae*, v. 306, p. 111463, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111463>
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. <https://www.R-project.org/>
- RAJPUT, VD, MINKINA, T., FEIZI, M., KUMARI, A., KHAN, M., MANDZHIEVA, S., ... & CHOUDHARY, R. Effects of silicon and silicon-based nanoparticles on rhizosphere microbiome, plant stress and growth. **Biology**, v. 10, n. 8, p. 791, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10080791>
- COSME, C R, Silva Dias, N., Pereira Silva, K. M., Trindade Silva, C. V., Queiroz, Í. S. R. de, Costa Rebouças, T., & dos Santos Fernandes, C. Yield and quality of 'gália' melon grown in coconut fiber under different concentrations of macronutrients in the nutrient solution. *Idesia*, v. 35, n. 4, p. 119-128, 2017. doi:10.4067/s0718-34292017000400119

RICHMOND, K. E., & SUSSMAN, M. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. **Current opinion in plant biology**, v. 6, n. 3, p. 268-272, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00041-4)

ROMERO-ARANDA, M. R.; JURADO, O; CUARTERO, J. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. **Journal of plant physiology**, v. 163, n. 8, p. 847-855, 2006. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12030433>

SÁ, F. V. D. S., SILVA, I. E. D., FERREIRA NETO, M., LIMA, Y. B. D., PAIVA, E. P. D., & GHEYI, H. R. Phosphorus doses alter the ionic homeostasis of cowpea irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 372-379, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p372-379>

SAFDAR, H, AMIN, A., SHAFIQ, Y., ALI, A., YASIN, R., SHOUKAT, A., ... & SARWAR, M. I. A review: Impact of salinity on plant growth. **Nat. Sci**, v. 17, n. 1, p. 34-40, 2019. DOI: [10.7537/marsnsj170119.06](https://doi.org/10.7537/marsnsj170119.06).

SHI, Q., BAO, Z., ZHU, Z., YING, Q., QIAN, Q. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. **Plant growth regulation**, v. 48, p. 127-135, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-005-5482-6>

SILVA, G.D.P. DA, SHARQAWY, M.H., Techno-economic analysis of low impact solar brackish water desalination system in the Brazilian Semiarid region. **Journal of Cleaner Production**, v. 248, p. 119255, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119255>

SILVA, S. S., DE LIMA, G. S., DE LIMA, V. L. A., GHEYI, H. R., DOS ANJOS SOARES, L. A., & MOREIRA, R. C. L. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49s4822>

SILVA, A. A. D., MELO, S. S., UMBELINO, B. F., SÁ, F. V. D. S., DIAS, N. D. S., & FERREIRA NETO, M. Cherry tomato production and seed vigor under irrigation with saline effluent from fish farming. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 380-385, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p380-385>

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, p. 632.

SOUSA, A. B. O; DUARTE, S. N., SOUSA NETO, O. N. D., SOUZA, A., SAMPAIO, P. R., & DIAS, C. T. D. S. Production and quality of mini watermelon cv. Smile irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 897-902, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n10p897-902>

STADNIK, B; TOBIASZ-SALACH, R; MAZUREK, M. Effect of Silicon on Oat Salinity Tolerance: Analysis of the Epigenetic and Physiological Response of Plants. **Agriculture**, v. 13, n. 1, p. 81, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010081>

SUÁREZ-HERNÁNDEZ, Á. M., VÁZQUEZ-ANGULO, J. C., GRIMALDO-JUÁREZ, O., DURAN, C. C., GONZÁLEZ-MENDOZA, D., BAZANTE-GONZÁLEZ, I., & MENDOZA-

GÓMEZ, A. Production and quality of grafted watermelon in saline soil. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 215-220, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190213>

TORRES, F. E., TEODORO, P. E., SAGRILO, E., CECCON, G., & CORREA, A. M. Genotype x environment interaction in semiprostrate cowpea genotypes via mixed models. **Bragantia**, v. 74, p. 255-260, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0099>

UCCC (University of California Committee of Consultants). 1974. Guidelines for Interpretations of water Quality for Irrigation. Technical Bulletin, University of California Committee of Consultants, California, USA pp. 20-28.

ULLAH, N; BASIT, A., AHMAD, I., ULLAH, I., SHAH, S. T., MOHAMED, H. I., & JAVED, S. Mitigation the adverse effect of salinity stress on the performance of the tomato crop by exogenous application of chitosan. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00435-4>

VOLKOV, V., & BEILBY, M. J. Salinity tolerance in plants: Mechanisms and regulation of ion transport. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1795, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01795>

WANG, M; WANG, R., MUR, L. A. J., RUAN, J., SHEN, Q., & GUO, S. Functions of silicon in plant drought stress responses. **Horticulture Research**, v. 8, p.254, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00681-1>

YOUSSEF, S. M. S; WEHEDY, M. R., HAFEZ, M. R., & EL-OKSH, I. I. Synergistic Interactions of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Salicylic Acid Alleviate Adverse Effects of Water Salinity on Growth and Productivity of Watermelon via Enhanced Physiological and Biochemical Responses. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 50, n. 2, p. 181-207, 2023. DOI: <https://dx.doi.org/10.21608/ejoh.2023.203697.1237>

ZHANG, W. J; ZHANG, X. J., LANG, D. Y., LI, M., LIU, H., & ZHANG, X. H. Silicon alleviates salt and drought stress of *Glycyrrhiza uralensis* plants by improving photosynthesis and water status. **Biol. Plant**, v. 64, p. 302-313, 2020. DOI: 10.32615/bp.2019.1

CAPÍTULO II: SILÍCIO COMO ATENUADOR DO ESTRESSE SALINO NAS TROCAS GASOSAS DA PLANTA E QUALIDADE DA MINIMELANCIA ‘SUGAR BABY’

RESUMO

A produção de minimelancia é afetada negativamente em regiões com escassez de água de qualidade, como no semiárido brasileiro, resultando na adoção de prática de irrigação com águas salinas para assegurar a produção agrícola, assim faz-se necessário a utilização de atenuadores do estresse salino para minimizar os seus efeitos nocivos. O silício é utilizado como atenuador de estresses bióticos e abióticos. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo estudar a resposta fisiológica da planta e a qualidade dos frutos de minimelancia submetida a estresse salino e tendo como atenuador o uso do silício por fertirrigação. O experimento foi realizado com plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivado em água com soluções nutritivas com 1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ de condutividade elétrica e suplementadas com silicato de potássio (2mmol L⁻¹) através das raízes, e outra parte não recebeu o tratamento com silício (0 mmol L⁻¹), sendo este utilizado como atenuador do estresse salino. Foram avaliadas as trocas gasosas das plantas e a qualidade dos frutos. O silício foi capaz de aliviar os prejuízos causados pelo estresse salino nas trocas gasosas e na fluorescência máxima. O cultivo da minimelancia em solução nutritiva salina reduziu o peso, tamanho e espessura da polpa dos frutos, mas melhorou algumas variáveis de qualidade organoléptica e nutricional. De forma que, a salinidade promoveu incremento no conteúdo de vitamina C e licopeno, e o Si suplementado na raiz aumentou os açúcares solúveis totais, carotenoides, atividade antioxidante (ABTS⁺), polifenóis extraíveis totais e vitamina C.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus* L, atenuador de estresse, antioxidantes, trocas gasosas.

1 INTRODUÇÃO

A melancia (*Citrullus lanatus* L.) é uma fruta tropical, pertencente à família *Cucurbitaceae* (Dube *et al.*, 2021) sendo considerada uma das hortaliças mais importantes que são produzidas e comercializadas no Brasil. Seus frutos são consumidos devido ao seu alto teor de água e o sabor adocicado, sendo considerada uma planta medicinal com propriedades diuréticas, baixo valor calórico (de Lima *et al.*, 2020) e rica em macromoléculas promotoras da saúde, como polifenóis, vitamina C, β-caroteno e licopeno; e também como fonte de vitaminas B, C e E, bem como de minerais como fósforo, magnésio, cálcio e ferro (Maoto *et al.*, 2019).

O consumidor tem preferido melancia de variedades com menor tamanho e peso, que são denominadas minimelancias, “*ice box*” ou melancia de geladeira. Isso devido o consumidor possuir famílias pequenas, pela praticidade no transporte e acondicionamento em geladeiras (Lima *et al.*, 2020), o que a torna com potencial de mercado relevante tanto para consumo interno como para exportação oferecendo um bom retorno financeiro ao produtor.

A produção de minimelancia é afetada negativamente em regiões com escassez de água de qualidade, como no semiárido brasileiro, embora possua uma importância econômica na região e alto valor nutricional para seus consumidores. Devido à escassez de água superficiais nas áreas semiáridas do Nordeste brasileiro, é de suma importância a adoção da prática de irrigação com águas salinas para assegurar a produção agrícola e para a ampliação das áreas irrigadas (Alvarenga *et al.*, 2019). Assim, as águas subterrâneas provenientes de reservatórios de pequeno e médio porte e poços rasos, tornam-se a principal fonte de água para consumo humano e irrigação, sendo que a condutividade elétrica pode atingir até $6,80 \text{ dS m}^{-1}$ (Costa Ferreira *et al.*, 2015), caracterizando-a como salinas e não potáveis.

O tempo e a intensidade de exposição às condições salinas são fatores que afetam diretamente as plantas de minimelancia podendo apresentar uma diminuição no crescimento e produtividade, por conta das alterações provenientes dos efeitos osmóticos e iônicos induzidos pelos sais, dentre eles está a limitação na absorção de água pelas raízes o que impulsiona ao fechamento estomático, desfavorecendo as trocas gasosas e a fotossíntese (Huang *et al.*, 2016; Ó *et al.*, 2022). Além disso, a absorção e o acúmulo excessivo de Na^+ nas células causam desequilíbrio iônico, promove a peroxidação lipídica, destrói as membranas e estimula a síntese de espécies reativas de oxigênio (Fang *et al.*, 2021). Apesar do estresse salino afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento de plantas de minimelancia, este pode promover aumento em algumas variáveis de qualidade, como em compostos bioativos como flavonoides, antocianinas, licopeno e ácido ascórbico na minimelancia (Silva *et al.*, 2022a; Alves *et al.*, 2023).

A melancia pode tolerar a salinidade com condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) de até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Ayers & Westcot, 1999) sem perdas de produtividade, enquanto na fase de mudas, até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ quando usado a fibra de coco como substrato (Ó *et al.*, 2020). Considerando a escassez de água de qualidade nas regiões semiáridas essas características do limiar da cultura a salinidade são importantes para o cultivo da melancia nestas áreas.

Atrelado a isso, aplicação de indutores de resistência são essenciais para atenuar os efeitos deletérios que são causados pelo excesso de sais na fisiologia da planta e, por conseguinte, aos frutos, como por exemplo, o silício. Pesquisas apontam que a adubação do

tomateiro com diferentes fontes de Si (silicato de cálcio, silicato de potássio e silicato de sódio), proporcionou aumento dos sólidos solúveis, firmeza, bem como dos antioxidantes como o licopeno e vitamina C (Marodin *et al.*, 2016). Também foi observado aumento do teor de glicose em morango (Peris-Felipo *et al.*, 2020); e maior atividade fotossintética de macieira submetidas à aplicação foliar de Si (Karagiannis *et al.*, 2021).

Segundo Luz Neto *et al.* (2023), a aplicação de silício em conjunto com a fertirrigação em diferentes graus de salinidade na água resultou em melhorias significativas no rendimento produtivo, incluindo o aumento da espessura da casca, maior teor de sólidos solúveis, incremento na massa fresca e seca das folhas, além de um aumento substancial na concentração de silício presente nas folhas e no caule da minimelancia cv. *Smile*. No entanto, ainda existem lacunas que precisam ser estudadas sobre efeito do silício nas plantas de minimelancia por meio da verificação das variáveis de trocas gasosas e fluorescência, como também na qualidade pós-colheita através da determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos da minimelancia.

Neste viés, tem-se a hipótese científica de que o silício pode melhorar potencialmente a resposta de plantas de minimelancia cultivada em condições de salinidade. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar a resposta fisiológica da planta e a qualidade dos frutos de minimelancia submetida a estresse salino e tendo como atenuador o uso de silício por fertirrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições de crescimento

Sementes de minimelancia cv. *Sugar Baby* foram semeadas em bandejas de polietileno contendo como substrato a fibra de coco tipo Golden Mix® (pH: $6,0 \pm 0,3$, CE: $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, densidade: 85 kg/m^3 , peso: 31,88 kg, CRA: 500 (p/p)) e uma semente por célula. Inicialmente, as mudas foram irrigadas diariamente com água de abastecimento local e, após sete dias, com solução nutritiva de Moraes & Furlani (1999). As mudas foram transplantadas assim que atingiram o primeiro par de folhas verdadeiras (15 dias após a semeadura) para sacos de polietileno preto com capacidade de 3 L que foram preenchidos com 25% de seu volume com brita de granito adicionando-as na base, completando o volume restante com 75% de fibra de coco utilizada anteriormente (totalizando os 3 L de volume do saco).

Portanto, os vasos foram dispostos em um espaçamento de 0,50 m x 1,0 m em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, nas coordenadas geográficas (5° 11' 31") de latitude sul e (37° 20' 40") de longitude oeste. A casa de vegetação possui 6,4 m de largura e 18 m de comprimento, a qual é coberta com um filme PEBD (150 µm de espessura) com aditivo antiultravioleta e laterais cobertas com sombrite (50% sombreamento). As plantas foram cultivadas durante 69 dias em casa de vegetação e os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica da UFERSA, cujos dados estão apresentados na (Fig 1).

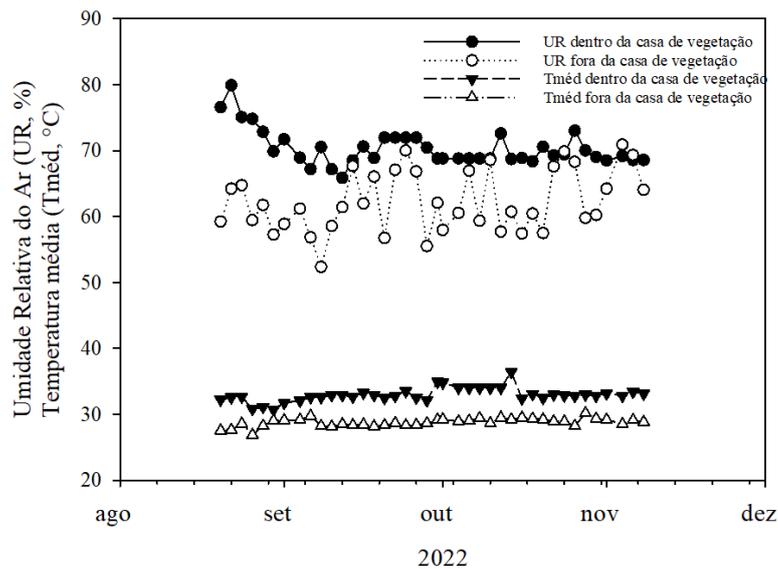


Fig 1. Dados climáticos durante o experimento. Temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação na cidade de Mossoró, RN, Brasil.

As práticas culturais que foram executadas está de acordo com que foi proposto por Campagnol et al. (2016), com remoção dos ramos inferiores e os secundários, posteriormente ao seu aparecimento e poda apical quando as plantas atingiram em torno de 1,80 m de altura. Além disso, as plantas foram cultivadas com uma haste principal e um fruto. A haste principal foi mantida num sistema de treliça no qual os galhos das plantas foram amarrados em três fios de arame esticados a 0,4, 1,0 e 1,8 m de altura em postes de madeira. A polinização foi feita manualmente em todas as flores a 1,5 m de altura da copa, porém foi preservado apenas um fruto por planta. O ponto de colheita foi estabelecido quando a gavinha próxima ao fruto estava seca, aproximadamente 62 a 70 dias após o transplantio (DAT).

O controle de pragas e doença foi avaliado diariamente de forma preventiva nas plantas, durante o experimento foi observado o aparecimento de mosca branca (*Bemisia tabaci*) e foi feita aplicação de Actara 250 WG (25% de Tiametoxame 75% de outros ingredientes, Sygenta,

Torre Sigma, São Paulo, Brasil) e de Calypso (48% de Tiacloprido, Bayer, Belford Roxo, RJ, Brasil), enquanto que, para a mosca minadora (*Liriomyza spp*) foi aplicado Abamex (1,8% de Abamectina e 98,2% de outros ingredientes, Sumitomo, Maracanaú, Ceará, Brasil) e Batent (1,8% de Abamectina e 98,2% de outros ingredientes, UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos Agropecuários, Salto de Pirapora, SP, Brasil). Para o oídio (*Sphaerotheca fuliginea*) foi aplicado o produto Amistar Top (20% Azoxistrobina+ 12,5% de difenoconazol, Sygenta, Torre Sigma, São Paulo, Brasil) e Comet (25% de Piraclostrobina+ 45% de Hidrocarboneto Aromático, Basf, Vila Gertrudes, São Paulo, Brasil).

2.2 Solução Nutricional e aplicação de silicato de potássio

As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno e irrigadas manualmente com solução nutritiva preparada com água de abastecimento local adicionada de sais. Até o 10º dia após o transplântio (DAT), todas as plantas foram irrigadas com solução nutritiva não salina. A solução nutritiva não salina foi preparada através da diluição dos fertilizantes químicos diretamente na água de abastecimento que possui condutividade elétrica de 1,78 dS m⁻¹, seguindo a recomendação de Furlani *et al* (1999), sendo essa solução não salina utilizada durante todo o experimento. A partir do 11º DAT, os demais tratamentos foram aplicados nas plantas, dividindo-as em duas partes. Uma delas passou a ser irrigada com uma solução nutritiva salina moderada (2,50 dS m⁻¹), enquanto a outra parte passou a ser irrigada com uma solução nutritiva salina severa (4,50 dS m⁻¹). Vale ressaltar que essas mesmas soluções foram utilizadas nas plantas tratadas com silício, sendo que o silício era adicionado manualmente no momento da irrigação. Essas soluções foram preparadas diluindo inicialmente os cloretos de sódio, cálcio e magnésio, empregando uma proporção equivalente de 7:2:1, relação esta predominante em fontes de água usadas para irrigação no Nordeste brasileiro em propriedades rurais menores. As características químicas da água utilizada em cada tratamento durante o experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tab. 1 Análise de água dos tratamentos utilizados na irrigação das plantas de melancia.

Fontes	pH	CE	K ⁺	Na ⁺	Mg ₂₊	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
Hídricas	H ₂ O	dS m ⁻¹	-----mmolL ⁻¹ -----							(mmolL ⁻¹) ^{0,5}
1	6,30	1,78	3,76	3,56	3,35	4,20	5,60	0,30	2,50	3,30
2	5,88	2,50	3,84	6,48	2,00	4,30	14,00	0,00	0,70	3,70
3	5,53	4,50	2,20	14,95	1,80	7,30	25,00	0,00	0,60	7,0

Fonte hídrica 1- água de abastecimento; Fonte hídrica 2 e 3- água de abastecimento adicionada com sais; RAS - Razão de adsorção de sódio

Os fertilizantes utilizados foram nitrato de potássio (KNO_3 : 13% N, 44% K_2O), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: 15% N, 19% Ca), fosfato monoamônico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$: 11% N, 50% P_2O_5), sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 9% Mg, 12% S) e cloreto de potássio (KCl: 60% K_2O , 47% Cl) nas concentrações de 104,1, 220,5, 20,09, 107,8, e 52,08 g L^{-1} , respectivamente, para obter uma força iônica de 50% da solução nutritiva proposta por Furlani (1999), concentração de 50% de macronutrientes na solução nutritiva proporcionou o maior valor de peso médio e produtividade de frutos de meloeiro (Cosme, 2017). Também foram usados os micronutrientes Ácido Bórico PA da Dinâmica Química Contemporânea (teor mínimo 99,5%), Sulfato de cobre II PA Impex (teor de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de 98 a 102%), Sulfato Ferroso PA da Alphatec (teor de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de 99%), Sulfato de Manganês PA da Vetec (teor de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ de 98-101%), Molibdato de amônio tetrahidratado PA Vetec ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e Sulfato de zinco PA da Proquímicos ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de 99-103%) (mg L^{-1}) respectivamente, nas concentrações correspondentes a 0,5, 0,1, 0,5, 0,05, 0,3 e 2,2.

O pH e a CE das soluções nutritivas foram monitorados diariamente usando um medidor de pH portátil (PH-700, Instrutherm, São Paulo, SP, Brasil) e medidor de condutividade (CD-860, Instrutherm, São Paulo, SP, Brasil), respectivamente. Quando necessário, o pH foi ajustado para 6,0 pela adição de ácido clorídrico a 1M (HCl). As plantas foram irrigadas com as soluções nutritivas que foram aplicadas manualmente até o substrato estar saturado.

O produto utilizado na aplicação do tratamento com silício foi o fertilizante chamado Sifol que contém o silício (Si) em 12% em peso (168 g/L) e potássio (K_2O) em 15% em peso (210 g/L), a qual era aplicado diariamente nas plantas nos três níveis de salinidade usado na pesquisa, com a dosagem de 2 mmol L^{-1} com suplementação via radicular.

2.3 Variáveis fisiológicas

Aos 33 dias após o transplante, as plantas foram analisadas quanto às trocas gasosas usando um analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System® (ADC Bio Scientific Limited, UK) LCPro+ com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} . Taxa líquida de assimilação de CO_2 (A , $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) foram medidos em folhas saudáveis e totalmente expandidas localizadas na porção média

da copa da planta. Em seguida, foram calculadas a eficiência instantânea do uso da água ($WUE = A/E$) e a eficiência instantânea da carboxilação ($ICE = A/C_i$). As análises foram realizadas entre 7 e 9 horas da manhã em um dia ensolarado sem nebulosidade.

Após a análise de trocas gasosas, foi avaliada a fluorescência da clorofila *a*, utilizando-se um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science, sendo usado o protocolo *Fv/Fm* para avaliações em condições de escuro. Nessas condições, estimou-se a máxima eficiência quântica do PSII (*Fv/Fm*) (Silva *et al.*, 2021), bem como as variáveis de a fluorescência inicial (*Fo*), fluorescência máxima (*Fm*), a fluorescência variável (*Fv*) e o rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos em PSII (*Fo/Fm*). As medições foram realizadas em três folhas totalmente expandidas e sadias que estavam localizadas no terço médio das plantas.

2.4 Teor relativo de água

O Teor Relativo de Água (TRA) foi de acordo com a metodologia de Barrs & Wheaterley (1962), foi obtido o peso da matéria fresca (MF) de 10 discos foliares, em seguida foram colocados em água destilada por 4 horas e, assim pesados novamente para obter o peso da matéria túrgida (MT). Por fim, esses discos foliares foram colocados em estufa de ar forçado a 65°C e pesados para obtenção da matéria seca (MS) e aplicado na seguinte fórmula:

$$TRA = \{[(MF - MS) / (MT - MS)] \times 100\} \% \quad (1)$$

2.5 Qualidade pós-colheita dos frutos

Os frutos foram colhidos no estágio de maturação comercial e, em seguida foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da UFERSA para avaliação das variáveis de qualidade.

2.5.1 Avaliações físicas dos frutos

Cada fruto foi separado conforme o seu tratamento e, assim foi aferido em uma balança o peso do fruto (PF, kg), além disso, foi realizada a medição da espessura da casca (EC) e da polpa (EP), bem como o diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) (cm) utilizando o paquímetro digital Stainless Hardened ($\pm 0,01$ cm). Em seguida, foi verificada a coloração da polpa dos frutos com um colorímetro (modelo CR-400, Konica Minolta, Tóquio, Japão) usando os parâmetros de cor do CIELab: coordenadas de luminosidade (L^*) e cromaticidade (a^* e b^*). Posteriormente, foram realizadas duas leituras na região mediana para obter a firmeza do fruto

(FF), e duas leituras na região mediana da polpa do fruto (FP) e uma leitura na região próxima ao pedúnculo (FPEN) foi medida em todos os frutos usando um analisador de textura (TA.XTExpress, Stable Micro Systems, Viena, Reino Unido) equipado com uma sonda plana de 5 mm de diâmetro, que foi inserida a uma distância de 8 mm em uma velocidade de 2 mm s⁻¹ e força de disparo de 0,049 N, e os valores foram expressos em Newton (N).

2.5.2 Avaliações químicas

Os frutos foram processados em multiprocessador de cozinha e a sua polpa foi usada para determinação do teor de sólidos solúveis (SS) que foi de acordo com AOAC (2002), enquanto que a acidez titulável (AT) e o pH da polpa que foram realizados de acordo com Zenebon, Pascuet & Tiglea (2008). O teor de SS foi medido diretamente da polpa usando um refratômetro digital (modelo PR101, Atago Palette Co. Ltd., Tóquio, Japão). O AT foi determinado por titulação com NaOH 0,1 M de 1,0 mL da polpa diluído em 49 mL de água destilada usando fenolftaleína 1,0% como indicador de cor, e os valores foram expressos em miliequivalente (meq) por 100 g de polpa. O pH da polpa foi determinado utilizando um pHmetro (Modelo mPA-210 Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil).

O teor de açúcares solúveis totais foi determinado pelo método da antrona (9,10-dbiro-9-oxoantraceno), de acordo com Yemn e Willis (1954), a qual foi pesado 1 grama da amostra e colocada em balão volumétrico de 100 mL e completou o volume com água destilada. Posteriormente, foi tomada uma alíquota para realizar a análise; a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em porcentagem. Os açúcares redutores foram determinados pelo método do ácido dinitrossalicílico, proposto por Miller (1959), o qual pesa-se 1 grama da amostra, em seguida coloca em um balão de 50 mL e completa o volume com água destilada. Depois, retira-se uma alíquota para realizar a análise; a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm e os resultados foram expressos em porcentagem.

2.5.3 Compostos bioativos e Atividade antioxidante

O licopeno e os carotenoides totais foram determinados espectrofotometricamente e o processo de extração teve início com a pesagem de 1,00 g de polpa e adicionou 20 ml de acetona procedendo-se, em seguida, uma agitação da mistura por 1 hora utilizando-se uma Câmara Incubadora com Agitação Orbital (Shaker), Marconi MA-420. Em seguida, procedeu-se a filtragem da solução em balão de separação âmbar para evitar a foto-oxidação dos pigmentos.

Cada amostra foi lavada com acetona objetivando a total extração dos pigmentos e, depois foram adicionados 30 ml de hexano ao funil de separação. A solução dos pigmentos em hexano foi transferida para um balão volumétrico completando-se o volume para 50 ml com hexano. Posteriormente, foi medida a densidade óptica do sobrenadante a 450 e 470 nm ao mesmo tempo, e estimar o conteúdo (em mg 100 g⁻¹ de polpa) utilizando as equações propostas por Higby (1962) e Rodriguez-Amaya (2001).

O conteúdo de polifenóis extraíveis totais foi determinado espectrofotometricamente usando o reagente fenol Folin Ciocalteu conforme proposto por Larrauri *et al.*, (1997), os resultados foram expressos em µg/100 mg. A atividade antioxidante total (ABTS⁺) foi avaliada capturando os radicais livres pelo ABTS (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico) de acordo com o proposto por Rufino *et al.* (2006), os resultados foram expressos em µM Trolox/g polpa. Os compostos biativos dos frutos que foram determinados foi a vitamina C por titulação com solução de Tillman (2,6-diclorofenol-indofenol), conforme metodologia proposta por Strohecker & Henning (1967) e os resultados foram expressos em mg ácido ascórbico (AsA) 100 g⁻¹ de peso fresco. Assim como, o teor de antocianinas totais e flavonoides amarelos realizados pelo método do espectrofotômetro de acordo com a metodologia de Francis (1982) e os resultados foram expressos em mg/100g polpa.

2.5.4 Teor de silício na casca do fruto

A casca do fruto foi seca em estufa a (65°C) com ar forçado pelo período de 72 horas, depois o material foi processado em moinho tipo Willey e armazenado em copos plásticos esterilizados. Posteriormente, a determinação do silício na casca do fruto foi conforme Korndörfer *et al.* (2004) com algumas adaptações, o qual foi pesado 0,1000 g da amostra em um tubo falcon de 50 mL e adicionou-se 2 mL de H₂O₂ seguida por uma agitação por alguns segundos, logo após, foi colocado 3 mL de NaOH e agitado novamente, depois disso, o material foi deixado em repouso por um período de 17 horas. Após esse intervalo, os tubos foram acondicionados em um banho-maria por 1 hora tendo o cuidado de sempre agitar os tubos quando estes quiserem derramar. Depois que os extratos foram colocados as tampas e acondicionados na autoclave por 1h a 123°C e 1,5 atm. Logo após, é adicionado 45 mL de água nas amostras e deixa de repouso por 2 horas e, assim, faz a leitura em espectrofotômetro a 410 nm, os resultados foram expressos em porcentagem.

2.6 Delineamento experimental e análise estatística

A pesquisa foi conduzida em delineamento em blocos casualizado em esquema fatorial (3×2), com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. O primeiro fator corresponde à condutividade elétrica da solução nutritiva (1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1}), enquanto que, o segundo fator foi tratamento do silício que foi correspondente a concentração de 0 mmol L^{-1} e na concentração de 2 mmol L^{-1} , a qual foi realizada aplicação do silício por fertirrigação. Para análise estatística os dados foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância bidirecional pelo teste F e as médias pelo teste de Tukey. Todas as análises estatísticas foram consideradas significativas em $p \leq 0,05$ e realizadas no *software R* (R Core Team, 2023).

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis fisiológicas

Para CEs_n houve efeito significativo para taxa líquida de assimilação de CO₂, taxa de transpiração e a concentração interna de CO₂ ($p < 0,05$). Para condutância estomática ($p < 0,05$) e para eficiência instantânea do uso da água ($p < 0,001$) das plantas de melanciaira houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,05$). Não houve efeito significativo para eficiência de carboxilação instantânea (A/C_i).

Em plantas cultivadas com a solução não salina (1,78 dS m^{-1}), A , E e C_i da melanciaira foram maiores, em relação às irrigadas com a solução salina de 4,50 dS m^{-1} , como demonstrado na Fig 2A, B e C, respectivamente. A maior e menor taxa de assimilação de CO₂ (A) em plantas de melanciaira foram na solução não salina e salina de 23,87 e 21,04 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. O mesmo ocorreu para E que foram, respectivamente, de 6,24 e 5,55 mmol (H₂O) $m^{-2} \text{ s}^{-1}$. Já para C_i foram, respectivamente, de 166,17 e 112,75 $\mu\text{mol mol}^{-1}$.

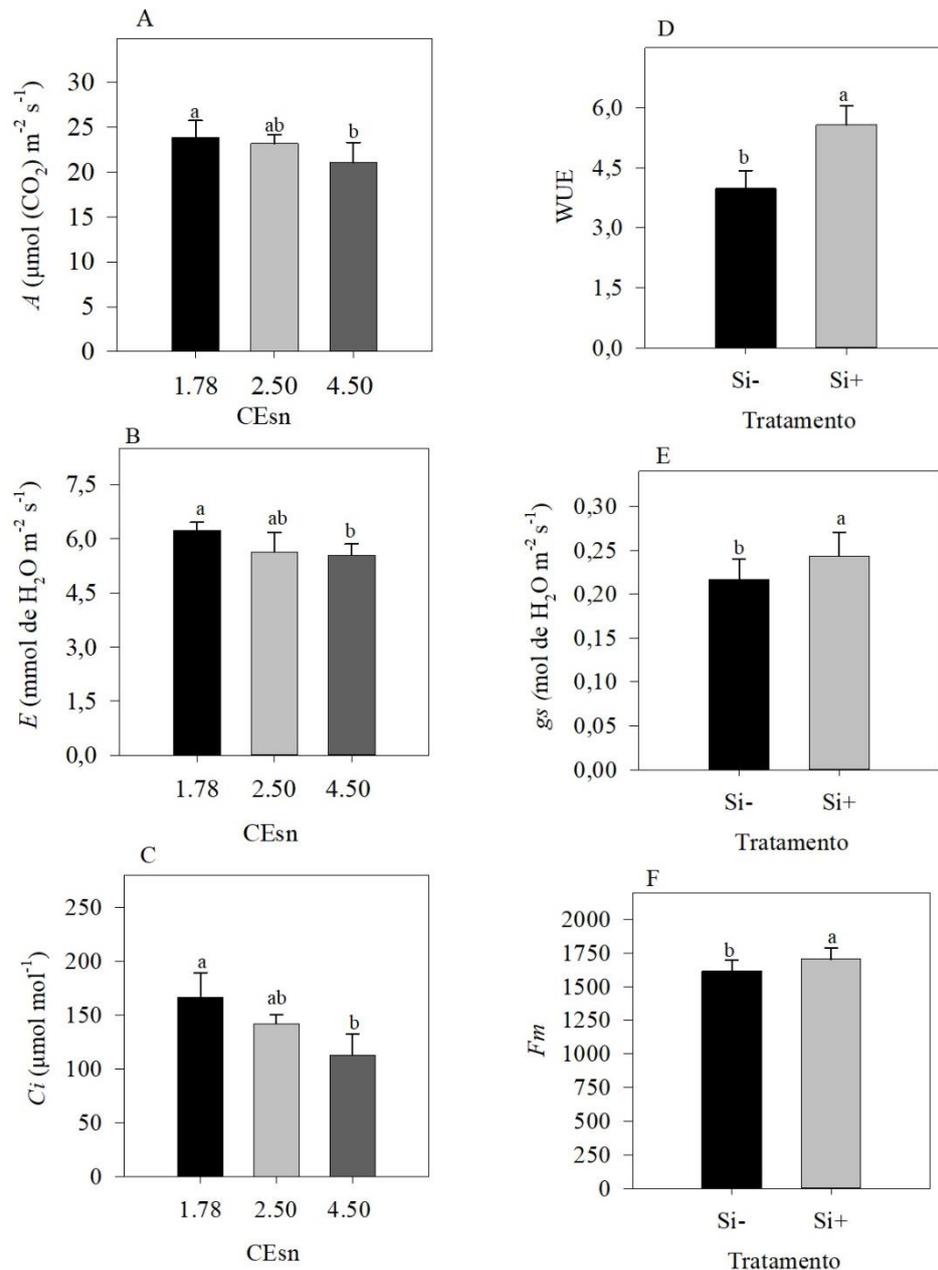


Fig 2. (A) Taxa líquida de assimilação de CO₂ (A, Desv. P, n=10), (B) taxa de transpiração (E, Desv. P, n=10), (C) concentração interna de CO₂ (Ci, Desv. P, n=10), (D) eficiência instantânea do uso da água (WUE, Desv. P, n=10), (E) condutância estomática (*g_s*, Desv. P, n=10) e (F) Fluorescência máxima (F_m, Desv. P, n=10) em plantas de melancia 'Sugar Baby' cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, p<0,05).

As plantas salinizadas tratadas com Si apresentaram valores de eficiência instantânea no uso da água (WUE) de 28,55% superior aos das plantas salinizadas que não foram tratadas com Si (Fig 2 D). Para condutância estomática (*g_s*) as plantas de melancia que receberam o tratamento com silício foram superiores em média de 12,5% do que as plantas que não foram tratadas (Figura 2E).

Em relação à fluorescência da clorofila *a*, houve interação significativa ($p = 0,00977$) apenas para o tratamento com silício para fluorescência máxima (F_m) como demonstrado na Figura 2F. As plantas tratadas com silício (1704,22) aumentaram a F_m quando comparada com as plantas não tratadas (1616,11). Entretanto, os demais parâmetros de fluorescência ($F_0 = 356,0 \pm 4,34$, $F_m = 1711,0 \pm 69,83$, $F_v = 1352,0 \pm 23,0$, $F_v/F_m = 0,79 \pm 0,007$, $F_0/F_m = 0,204 \pm 0,003$) não foram afetados pela salinidade e pelo tratamento com silício.

Além disso, a variável A para solução não salina variou de 22,18 a 26,33 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, na CEs_n de 2,50 dS m^{-1} foi de 21,43 a 23,50 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto a solução salina de 4,50 dS m^{-1} foi de 19,97 a 23,31 $\mu\text{mol}(\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ao passo que, para E na solução não salina houve uma variação de 5,91 a 6,84 $\text{mmol}(\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, na CEs_n de 2,50 dS m^{-1} e 4,50 dS m^{-1} foi de, respectivamente, 5,30 a 6,36 $\text{mmol}(\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e de 5,28 a 5,90 $\text{mmol}(\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Enquanto isso, a variável C_i na solução não salina apresentou uma variação de 109 a 201 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ e as soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} apresentaram, respectivamente, 136 a 161 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, 90 a 151 $\mu\text{mol mol}^{-1}$.

Ademais, a variável g_s demonstrou para a solução de 1,78 dS m^{-1} uma variação de 0,220 a 0,290 $\text{mol}(\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto as soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} denotaram uma variação de, respectivamente, 0,170 a 0,240 $\text{mol}(\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 0,200 a 0,250 $\text{mol}(\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. a variável WUE na solução de 1,78 dS m^{-1} denotou uma variação de 3,08 a 6,37, nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} exibiram valores entre 3,95 a 6,15, 4,17 a 5,77, respectivamente. Para a variável ICE na solução não salina houve uma variação de 0,0999 a 0,2043, ao passo que para as soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} apresentaram uma variação de, respectivamente, 0,1331 a 0,1736 e 0,1297 a 0,1967.

Por fim, a variável F_0 as plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m^{-1} variou de 353 a 362, enquanto nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} apresentou variação de, respectivamente, 344 a 382 e 351 a 362. Já para a F_m na solução não salina houve variação de 1600 a 1827 e nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} variaram, respectivamente, de 1448 a 1737 e de 1558 a 1681. Para a variável F_v apresentou valores de 1336 a 1558 as plantas submetidas a solução de 1,78 dS m^{-1} e para as soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} variaram, respectivamente, de 1127 a 1378 e de 1243 a 1320. Para a F_v/F_m as plantas cultivadas na solução de 1,78 dS m^{-1} variou de 0,797 a 0,802, enquanto que nas soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} apresentaram uma variação de, respectivamente, 0,744 a 0,801 e 0,780 a 0,792. Enquanto a variável F_0/F_m as plantas submetidas a solução de 1,78 dS m^{-1} 0,198 a 0,208, ao passo que, para as soluções de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} exibiram valores entre 0,199 a 0,207 e 0,202 a 0,212, respectivamente.

3.2 Teor relativo de água

O teor relativo de água (TRA) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,05$). Assim, as plantas que foram tratadas com silício apresentaram para o TRA um valor superior 3,10 pontos percentuais em relação as plantas não tratadas (Figura 3).

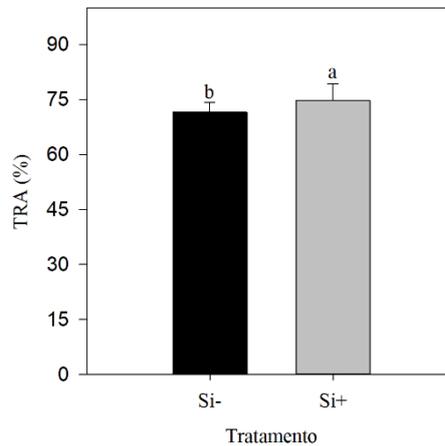


Fig 3. Teor relativo de água (TRA, Desv. P, n=15) em folhas de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em diferentes tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1}) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

3.3 Qualidade dos frutos

3.3.1 Avaliações físicas

A salinidade e o tratamento com silício afetaram significativamente as características de qualidade dos frutos da minimelancia ‘*Sugar Baby*’. A interação significativa ($p < 0,05$) entre a CEs_n e o tratamento com o silício para o diâmetro longitudinal. As plantas tratadas com silício na solução salina de 2,50 dS m^{-1} apresentaram frutos com diâmetro longitudinal (DL) superior em 9,59% as plantas não tratadas. Na solução não salina (1,78 dS m^{-1}) e na solução salina (4,50 dS m^{-1}) tratadas com silício, o DL dos frutos foram, respectivamente, 14,37 e 11,95 cm. Para as mesmas salinidades nas plantas não tratadas foram, respectivamente, 14,26 e 11,62 cm (Figura 4).

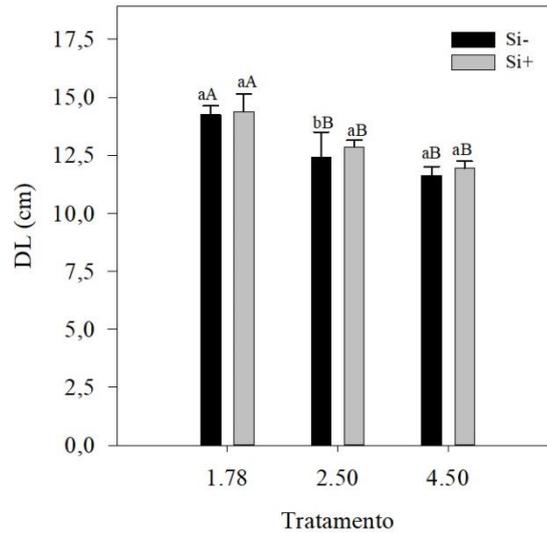


Fig 4. Diâmetro longitudinal (DL, Desv. P, n=10) em frutos da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras maiúscula e minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05).

Para condutividade elétrica das soluções nutritivas houve efeito significativo para o peso do fruto (p<0,01), espessura da polpa (p<0,01) e diâmetro transversal (p<0,01). Na solução nutritiva não salina (1,78 dS m⁻¹), o peso do fruto (PF), a espessura da polpa (EP) e o diâmetro transversal (DT) foram 1,18 kg, 11,38 cm e 13,17cm, como demonstrado na Fig 5 B, C e D, respectivamente. As plantas cultivadas nas soluções salinas de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ reduziram significativamente o PF, EP e DT em, respectivamente, 28,62% e 37,49%; 8,63% e 14,5%; 8,35% e 13%, quando comparado com os frutos das plantas que foram cultivadas na solução não salina.

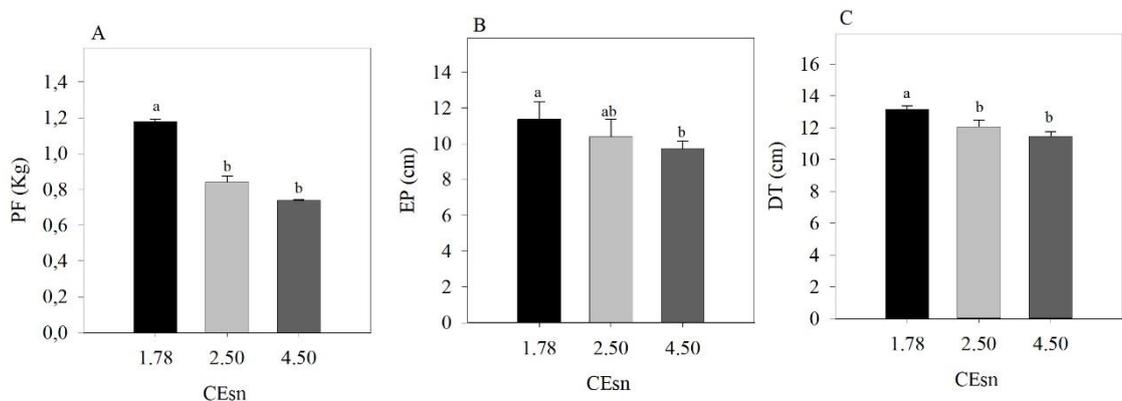


Fig 5. (A) Peso do fruto (PF, Desv. P, n=10), (B) espessura da polpa (EP, Desv. P, n=10) e (C) diâmetro transversal (DT, Desv. P, n=10) em frutos da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50

dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05).

A firmeza do fruto (FF) apresentou efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para CEsn (p<0,01) e o tratamento com o silício (p<0,05). Assim, as plantas que foram aplicadas o silício apresentaram um aumento de 11,68% em comparação as não tratadas, (Fig 6A). Apenas na salinidade de 4,50 dS m⁻¹ que a FF aumentou em 18,18% quando comparada com as outras duas soluções nutritivas (Fig 6B). Enquanto que, para a firmeza da polpa (FP) não houve efeito significativo.

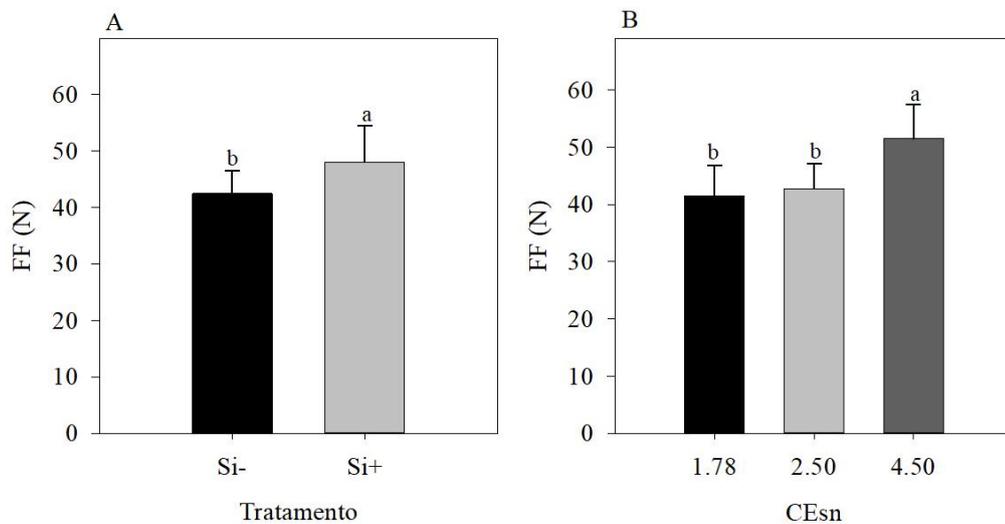


Fig 6. (A) Firmeza do fruto (FF, Desv. P, n=10) em função do tratamento com silício e (B) Firmeza do fruto (FF, Desv. P, n=15) em função da salinidade em frutos da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem com silício (Si-). Médias da mesma proporção com letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05).

Para o tratamento com silício houve efeito significativo para espessura da casca (p<0,05), coloração da polpa (p<0,05) e firmeza do pedúnculo (p<0,05). Nas plantas que receberam o tratamento com silício os frutos apresentaram para espessura da casca (EC) e a firmeza região próxima ao pedúnculo (FPEN) um aumento, respectivamente, de 8,04% e 15,44%, em relação às plantas não tratadas, como demonstrado na Figura 6A e 6B, respectivamente. Já para coloração da polpa, a luminosidade (L*) aumentou em média 4,46%, enquanto que, para os valores das coordenadas de cromaticidade (a* e b*) apresentaram um aumento nas plantas tratadas de 6,19% e 4,93%, respectivamente, em relação aos frutos das que não foram aplicadas o silício, como mostrado na Figura 7C, D e E, respectivamente.

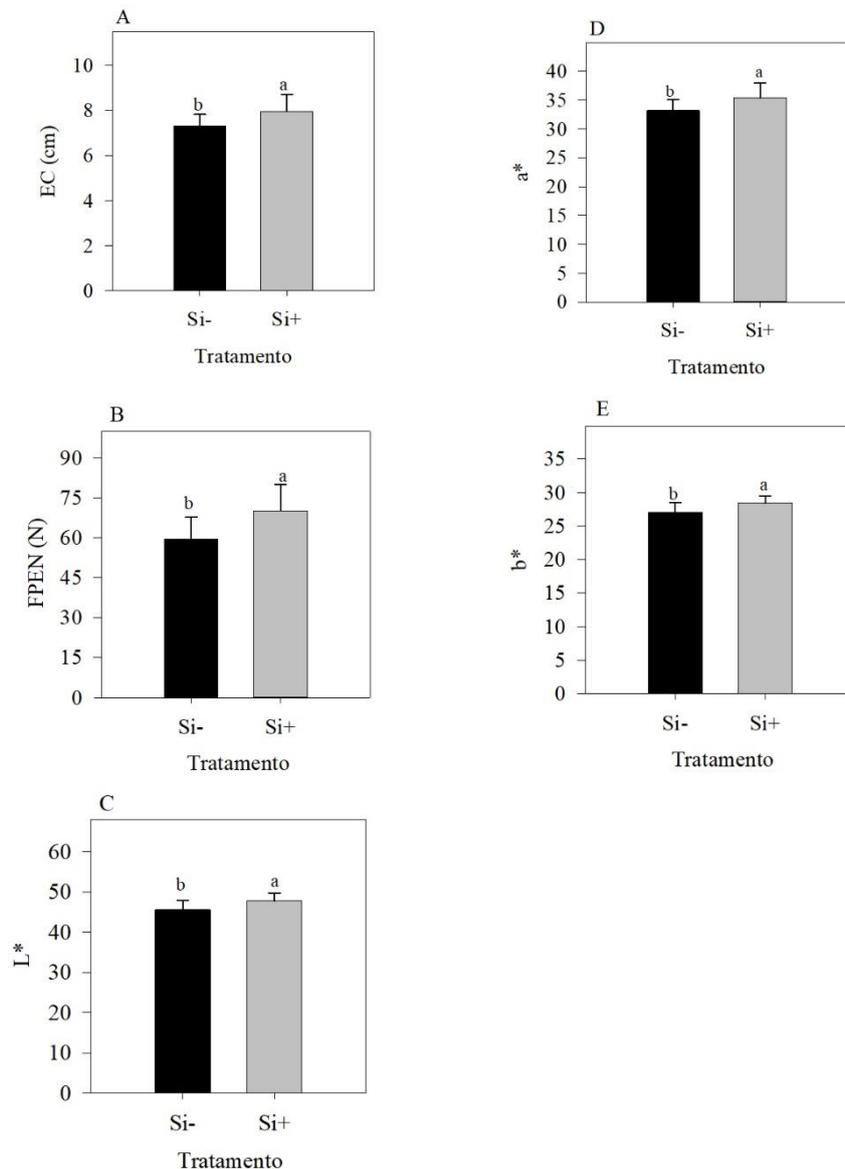


Fig 7. (A) Espessura da casca (EC, Desv. P, n=15), (B) firmeza da regi3o pr3xima ao ped3nculo (FPEN, Desv. P, n=15), (C) luminosidade (L*, Desv. P, n=15), (D) coordenada de cromaticidade (a*, Desv. P, n=15) e (E) Coordenada de cromaticidade (b*, Desv. P, n=15), em frutos da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em tr3s tipos de 3gua (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com sil3cio (Si+) e sem com sil3cio (Si-). M3dias da mesma proporç3o com letras min3sculas iguais n3o diferem estatisticamente para o tratamento com Si (teste de Tukey, p<0,05).

3.2.2 Avaliaç3es qu3micas

O potencial hidrogeni3nico (pH) apresentou efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para a CEs_n (p<0,01) e o tratamento com o sil3cio (p<0,05). Enquanto que, houve efeito significativo apenas para o tratamento com sil3cio para acidez titul3vel (p<0,05) e

açúcares solúveis totais ($p < 0,01$). Não houve efeito significativo para sólidos solúveis totais (SS) e açúcares redutores (AR).

O pH da polpa registrou um pequeno aumento com o uso do silício. Além disso, à medida que a salinidade aumentou, observou-se uma diminuição no pH. A solução nutritiva sem salinidade e as soluções salinas (2,50 e 4,50 dS m^{-1}) apresentaram valores de pH de 5,38, 5,29 e 5,19, respectivamente (Fig 8A). Os frutos das plantas tratadas apresentaram um aumento de 1,88% quando comparada com os frutos das plantas não tratadas (Fig 7B).

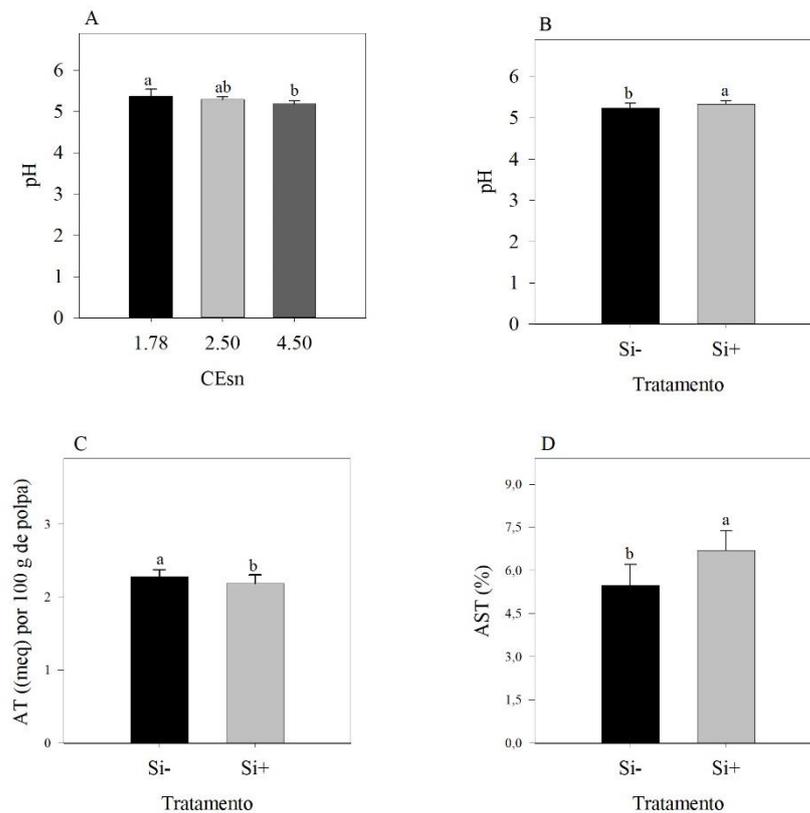


Fig 8. (A) Potencial hidrogeniônico (pH, Desv. P, $n=10$), (B) potencial hidrogeniônico (pH, Desv. P, $n=15$), (C) Acidez titulável (AT, Desv. P, $n=10$) e (D) açúcares solúveis totais (AST, Desv. P, $n=15$) em frutos de minimelancia 'Sugar Baby' cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1}) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Concordando com o comportamento do pH, as plantas submetidas ao tratamento com silício apresentaram uma redução na acidez titulável (AT) quando comparada as plantas não tratadas, sendo os valores, respectivamente, 2,19 e 2,28 $\text{meq} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (Fig 8C). Em contrapartida, para os açúcares solúveis totais (AST) as plantas que receberam o tratamento apresentaram um aumento de 1,21 pontos percentuais em relação às plantas não submetidas ao tratamento com silício (Fig 8D).

3.2.3 Compostos bioativos e atividade antioxidante

A vitamina C apresentou efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para a CEs_n ($p < 0,01$) e o tratamento com o silício ($p < 0,01$). Para as plantas submetidas ao tratamento com silício houve um aumento no teor de vitamina C em 15,40% quando comparado com as plantas não tratadas (Fig 9A). Com o aumento da salinidade houve incremento positivo no teor de vitamina C, de forma que, a solução não salina e as soluções salinas (2,50 e 4,50 dS m⁻¹), apresentaram, respectivamente, 9,75, 12,26 e 12,17 mg. 100 g⁻¹ (Fig 9B).

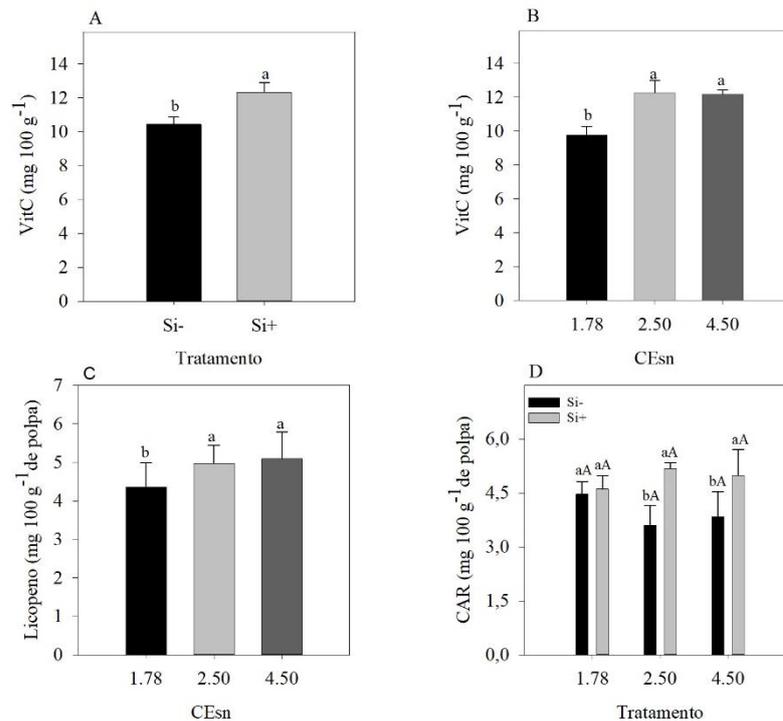


Fig 9. (A) Vitamina C (VitC, Desv. P, n=15), (B) vitamina C (VitC, Desv. P, n=15), (C) licopeno e (D) carotenoides totais (CAR, Desv. P, n=15) em frutos da minimelancia ‘Sugar Baby’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

O teor de licopeno apresentou efeito significativo para a CEs_n ($p < 0,05$). Observou-se um aumento do teor de licopeno à medida que aumentou a salinidade, assim, as plantas submetidas às soluções salinas de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ apresentaram frutos com, respectivamente, 5,09 e 4,97 mg 100 g⁻¹ de polpa, enquanto que, a solução não salina apresentou valor de 4,35 mg 100 g⁻¹ de polpa (Fig 9C).

Houve interação significativa ($p < 0,01$) entre a CEs_n e o tratamento com o silício para o teor de carotenoides (CAR). De forma que, as plantas expostas a salinidade de 2,50 e 4,50 dS m⁻¹ que foram tratadas apresentaram um aumento de 30,50% e 23,09%, respectivamente, quando comparadas com as plantas não tratadas sob as mesmas condições de salinidade (Fig 9 D). Na solução nutritiva não salina não houve efeito significativo.

Para os teores de antocianinas totais (ANT) e flavonoides amarelos (FLA) houve interação significativa apenas para o tratamento com silício ($p < 0,05$). Deste modo, os frutos oriundos das plantas que foram suplementadas com silício apresentaram valores superiores para ANT e FLA de, respectivamente, 13,30% e 17,51%, quando comparado com frutos das plantas não tratadas (Fig 10 A e B).

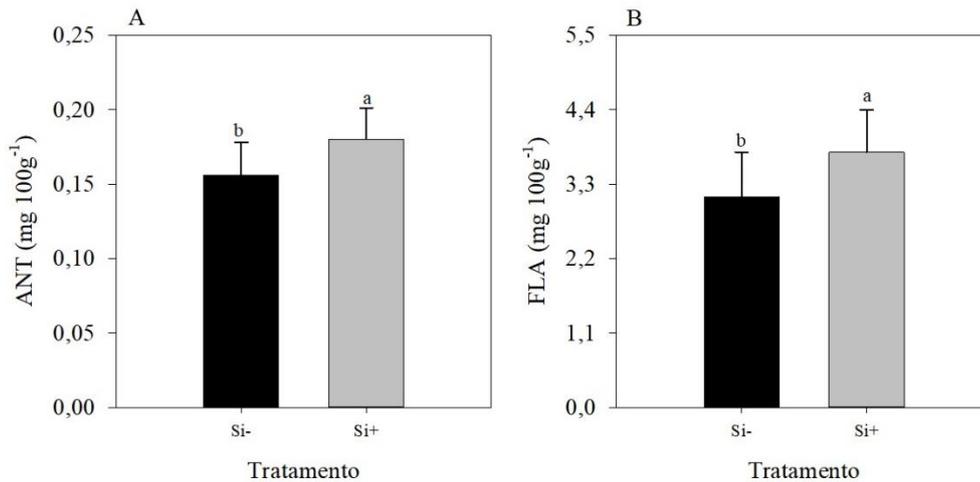


Fig 10. (A) Antocianinas totais (ANT, Desv. P, n=15) e os (B) flavonoides amarelos (FLA, Desv. P, n=15) em frutos da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Para polifenóis extraíveis totais (PET) e atividade antioxidante total (ABTS⁺) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,01$). Assim, as plantas que foram submetidas aplicação com silício apresentaram frutos com maior atividade antioxidante e maior teor de PET, com aumentos de 29,61% e 15,18%, respectivamente (Fig 11A e B).

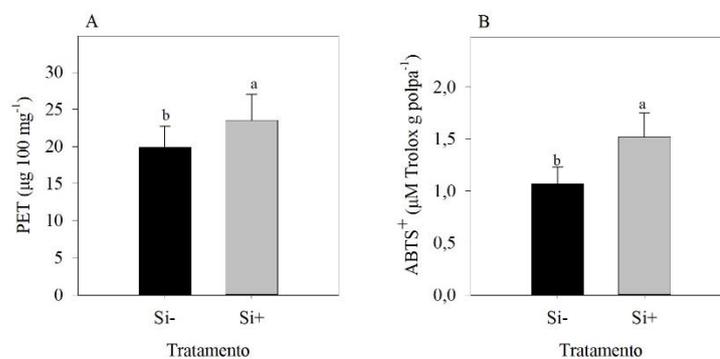


Fig 11. (A) Polifenóis extraíveis totais (PET, Desv. P, n=15) e (B) atividade antioxidante total (ABTS⁺, Desv. P, n=15) minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m⁻¹) e tratadas com silício

(Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

3.2.4 Teor de silício na casca do fruto

Para o teor de silício na casca do fruto (TSCF) houve efeito significativo apenas para o tratamento com silício ($p < 0,01$). Assim, as plantas que receberam a aplicação de silício produziram frutos com um TSCF superior, em média 0,39 pontos percentuais, quando comparada com os frutos das plantas não tratadas (Figura 12).

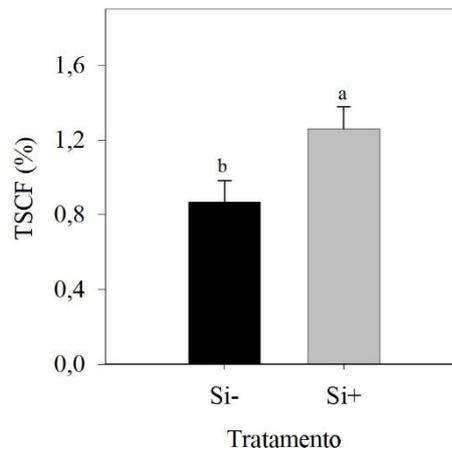


Fig 12. Teor de silício na casca do fruto (TSCF, Desv. P, n=15) da minimelancia ‘*Sugar Baby*’ cultivadas em três tipos de água (1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1}) e tratadas com silício (Si+) e sem silício (Si-). As médias com as letras diferentes indicam diferença significativa (teste de Tukey, $p < 0,05$).

3.3 Análise das variáveis canônicas

Os frutos de minimelancia tiveram seus compostos bioativos afetados tanto pela salinidade quanto pelo tratamento com silício como demonstra a Figura 13. No lado direito, os frutos com salinidade de 2,50 e 4,50 dS m^{-1} obtidos de plantas tratadas com silício apresentaram maiores teores de FF, Vitamina C, licopeno, polifenóis, atividade antioxidante, FPEN, coordenadas da coloração (L^* e a^*) e AST. Os frutos das plantas cultivadas na mesma salinidade, porém sem o tratamento apresentaram valores elevados para essas variáveis isso está atrelado a salinidade, contudo, o tratamento com silício promoveu um maior incremento para esses compostos bioativos nos frutos de minimelancia. Assim, é perceptível o efeito da salinidade e do silício na qualidade pós-colheita dos frutos. Para o pH e ET, os frutos tratados com silício na solução não salina apresentaram os menores valores para essas variáveis. As duas primeiras variáveis canônicas explicam 93,61% a inércia do conjunto de dados. Existe uma correlação entre o tratamento com silício e a salinidade, logo as plantas que receberam o tratamento e submetidas a salinidade alta (2,50 e 4,50 dS m^{-1}) apresentaram frutos com os

maiores compostos bioativos quando comparado as plantas que foram colocadas nas mesmas salinidade, porém sem o tratamento com silício os frutos apresentaram menores teores dos compostos bioativos. Diante disso, percebe-se que a salinidade incrementa esses compostos, assim como o uso do silício reforça o conteúdo destes. Na primeira variável canônica os compostos bioativos que tiveram influência foram FPEN, FF, VitC, LICO, ABTS, L*, a*, PET, TSCF, AST e CAR. Enquanto que, na segunda foram pH, ET, PF, CT e b*.

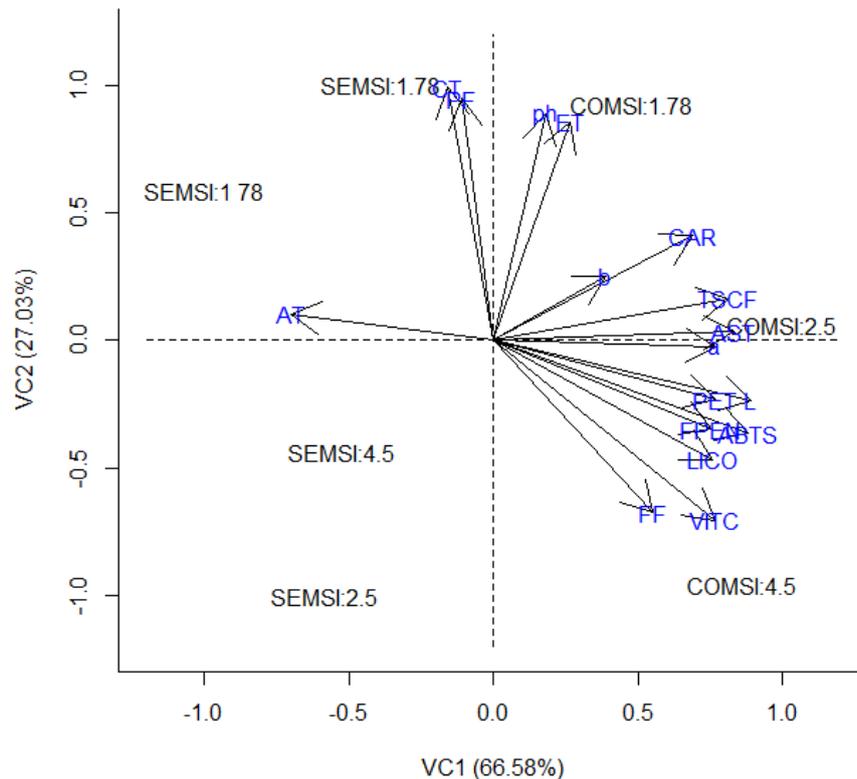


Fig 13. Variáveis Canônicas de características de frutos de minimelancia cv. *Sugar Baby*. As plantas foram cultivadas em soluções nutritivas de condutividade elétrica de 1,78, 2,50 e 4,50 dS m^{-1} . Em seguida, parte das plantas foram suplementadas com silício e a outra parte não recebeu o tratamento. Peso do fruto (PF), circunferência total (CT- diâmetro longitudinal + diâmetro transversal), coordenadas de cor da casca (L* a* b*), firmeza do fruto (FF), acidez titulável (AT), pH da polpa, açúcares solúveis totais (SST), Vitamina C (VitC), carotenoides totais (CAR), licopeno (LICO), atividade antioxidante total de (ABTS+), conteúdo total de polifenóis extraíveis (PET), espessura total (ET- espessura da polpa + casca) e firmeza da região próxima ao pedúnculo (FPEN).

4 DISCUSSÃO

A salinidade encontrada nos poços artesanais da região semiárida brasileira foi usada como referência para o cultivo de plantas de minimelancia ‘*Sugar Baby*’, de forma a verificar a resposta destas nas salinidades de 2,50 dS m^{-1} e 4,50 dS m^{-1} , bem como o papel do silício como indutor de resistência frente a esse estresse abiótico.

No presente estudo a redução no peso dos frutos (PF) correlacionou-se fortemente com a diminuição dos diâmetros longitudinal (DL) e transversal (DT), como também a espessura da

polpa dos frutos devido a salinidade. Resultado que corrobora com encontrado por Silva *et al.* (2019), que cultivaram a ‘*Sugar Baby*’ avaliando estratégias de irrigação ($CE_{sn} = 3,2 \text{ dS m}^{-1}$), em diferentes estádios fenológicos, juntamente com diferentes doses de nitrogênio, logo, encontraram reduções tanto na espessura da polpa como também nos diâmetros longitudinal e transversal de, respectivamente, 13,0 e 15,0%, em comparação com a baixa salinidade ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$). Silva *et al.* (2022b) relatam que o estresse salino reduziu os diâmetros longitudinais e transversais da ‘*Sugar Baby*’, mas que mesmo assim os diâmetros obtidos em todos os tratamentos avaliados foram superiores aos observados na literatura para a minimelancia ‘*Sugar Baby*’, que reportam diâmetros longitudinais e transversais, respectivamente, de até 46 e 44,8 mm. Resultados semelhantes foram obtidos no presente estudo, com adendo de que para plantas que foram aplicadas o silício houve um DL maior do que aquelas não tratadas.

As reduções do PF, DT, DL e EP para frutos de plantas de minimelancia podem ser atribuídas à sua longa duração de exposição ao estresse salino. Esse fenômeno resulta da elevada concentração de sais na solução nutritiva ou mesmo na água de irrigação, levando a um possível déficit hídrico devido à diminuição do potencial osmótico e ao aumento da toxicidade de íons específicos, como Cl^- e o Na^+ . O estresse salino reduz a atividade dos íons em solução e perturba os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes nas plantas, resultando, conseqüentemente, em baixa produtividade. Assim, o gasto energético para manter atividades metabólicas contribui para a formação de frutos com tamanhos reduzidos e, conseqüentemente, as demais características físicas também foram afetadas pelo estresse causado pela salinidade (Silva *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2022b).

As plantas que foram aplicadas o Si produziram frutos com casca mais espessa em comparação com aquelas plantas não tratadas. O estudo realizado por Luz Neto *et al.* (2023), avaliaram seis níveis de salinidade da água de irrigação (1,05; 2,12; 3,26; 4,41; 5,91 e 7,32 dS m^{-1}) e sem aplicação de Si e com aplicação via foliar em plantas da ‘*Sugar Baby*’ que nas plantas que receberam aplicações de Si houve um aumento de 12,99% quando comparada àquelas que não receberam este tratamento. O autor relata que esse fenômeno ocorreu porque o uso do Si está relacionado ao aumento da taxa fotossintética estimulado por este nos tecidos vegetais. Esse estímulo leva a uma absorção e mobilidade aprimoradas de macro e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Além disso, a aplicação de silício resulta em um incremento positivo na espessura da casca, favorecendo o transporte e armazenamento dos frutos e, conseqüentemente, prolongando sua vida útil.

A assimilação de carbono pelas plantas é crucialmente dependente da fotossíntese foliar, que desempenha um papel essencial na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Ainda assim, a fotossíntese é o processo metabólico mais suscetível às influências ambientais restritivas (Li *et al.*, 2020). Dessa forma, a elevada concentração de sal na região das raízes, as plantas enfrentam dificuldades na captação de água e nutrientes devido à diminuição do seu potencial hídrico e ao desequilíbrio nutricional, situação que leva a alterações no aparato fotossintético (Silva *et al.*, 2019), conseqüentemente, devido ao maior gasto energético da planta resulta em menor crescimento dos frutos, logo, terá uma menor produtividade. Os resultados encontrados no presente trabalho das análises de trocas gasosas demonstraram que houve uma redução na A , E e C_i das plantas de minimelancia cultivadas na salinidade de $4,50 \text{ dS m}^{-1}$. Alguns estudos mostraram que em plantas de minimelancia da cv. *Sugar Baby* sob condições de salinidade ocorre alteração na fotossíntese líquida (A) e redução da transpiração (E) (Silva *et al.* 2022b; Silva *et al.*,2021).

As plantas em situações de estresse osmótico devido ao acúmulo excessivo de sais na água de irrigação, uma de suas primeiras reações é o fechamento estomático, de modo a evitar a perda de água por transpiração. Entretanto, a suplementação de Si no presente estudo melhorou significativamente a condutância estomática (g_s) em plantas de minimelancia estressada por sal. Essa melhoria pode ser atribuída ao ajuste osmótico induzido pelo silício, uma vez que aumenta a seletividade dos íons de potássio (K^+) e ao invés do sódio (Na^+), assim, evitando a toxicidade iônica (Liu *et al.*, 2019). Nesse viés, as plantas de minimelancia conseguiram superar os efeitos da restrição osmótica, mantendo a atividade estomática e o consumo de água, para regular a carboxilação do CO_2 (Silva *et al.*,2021).

Nesse contexto, enfatizando os achados na g_s foi observado que o silício promoveu aumento no TRA e no WUE das plantas de minimelancia. Isso sugere que, apesar do aumento da g_s , as plantas conseguiram realizar a fotossíntese de forma mais eficiente em relação à quantidade de água que perderam por transpiração (E). Esse fenômeno pode ser devido a deposição de cristais de silicato abaixo das células epidérmicas das folhas (Romero-Aranda *et al.*, 2006), assim, quando a planta inicia o processo de desidratação, a forma monomérica do silício sofre uma mudança para sua forma polimérica, ou seja, o Si passa a se agrupar em cadeias mais complexas de ácido polissilícico. Quando esses polímeros se formam, ocorre uma redução na flexibilidade das paredes das células-guarda dos estômatos, resultando em uma tendência ao fechamento estomático parcial, o que por sua vez diminui a taxa de transpiração excessiva e a

perda de água (Mahmoud *et al.*, 2020; Bantis & Koukounaras, 2023). Esse mecanismo contribui para um aumento na eficiência do uso da água pela planta (Diniz *et al.*, 2020).

Medir a fluorescência da clorofila é um bom indicador para quantificar a destruição induzida pelo sal no aparelho fotossintético (Allakhverdiev *et al.*, 2000). No presente trabalho foi verificado que a aplicação de Si aumentou essa variável das plantas sob condições de estresse salino em comparação com as plantas sem tratamento com Si. Provavelmente, o silício conseguiu proteger o fotossistema II (PSII) e, assim, a capacidade das plantas de realizar a fotossíntese mesmo sob situações adversas de salinidade. Este aumento na eficiência pode indicar que as plantas foram capazes de capturar mais luz e convertê-la de forma mais eficiente em energia química, o que, por sua vez, melhora o seu desempenho fotossinteticamente e, conseqüentemente um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas em ambientes salinos. Existem diferentes mecanismos operados pelo silício que contribuem para proteger o PSII sob estresse salino que é a compartimentalização vacuolar ou celular do Na^+ e, exclusão do Na^+ do meio celular através do aumento da concentração de K^+ (Liang *et al.*, 2015).

Dentre as diferentes variáveis físicas dos frutos, a cor tem sido apontada como um importante parâmetro de qualidade que agrada aos clientes (Peris-Felipo *et al.*, 2020). A aplicação do Si resultou em aumento nos parâmetros específicos de cor da polpa dos frutos de melancia (L^* , a^* e b^*), que corrobora com encontrado por Fernandes *et al.* (2023), que avaliaram cinco produtos diferentes que continham SiO_2 , SiO_2 e CaO , uma mistura de catalisadores metabólicos naturais, aminoácidos e oligoelementos em melancia. Onde verificaram que três aplicações de 35% SiO_2 e 35% CaO resultou no maior a^* , ou seja, uma polpa mais vermelha (23,65). Os resultados semelhantes ao nosso estudo foram registrados por Abidi *et al.* (2023), para o impacto da aplicação de silicato de potássio na cor da casca e da polpa de frutos de pêssigo e nectarina (*Prunus persica* (L.) Batsch), sendo apenas para as coordenadas L^* e b^* .

Os frutos oriundos das plantas que foram tratadas com Si apresentaram uma maior firmeza do pedúnculo, da casca e uma maior concentração de Si na casca (TSCF), quando comparada com as não tratadas. Além disso, a salinidade também afetou a firmeza da casca dos frutos. A firmeza do pedúnculo apesar de ser uma variável pouco utilizado nas pesquisas, é importância na qualidade pós-colheita dos frutos. Uma vez que, a firmeza do pedúnculo pode afetar a integridade do fruto durante a colheita, manuseio e transporte, já que frutos com pedúnculos danificados são mais propensos a lesões físicas, além de que, ainda na planta corre o risco de queda do fruto. Por fim, o pedúnculo é o principal canal de transportes de nutrientes

e água da planta com o fruto, logo, afeta a qualidade organoléptica e sensorial do fruto (Ozturk *et al.*, 2020; Shet *et al.*, 2022; Lažny *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a maior concentração na deposição de silício na casca dos frutos das plantas tratadas pode ser um indicativo que durante o crescimento do fruto este teve um papel na estrutura das células dos tecidos que formam o fruto (Badrieha *et al.*, 2021), ou seja, o silício promoveu uma estabilização da parede celular, ao promover a formação de uma dupla camada de sílica na cutícula, isso ocorreu porque nas paredes celulares primárias estabeleceu ligações com a pectina e os polifenóis, resultando no aumento da elasticidade das células durante o crescimento dos órgãos (González-García *et al.*, 2022; Marschner, 2012). Assim, a absorção e deposição de Si no tecido aumentaram a resistência e a rigidez do mesmo, o que pode ter contribuído para um aumento na firmeza do fruto tanto da região próxima ao pedúnculo como da casca do fruto da minimelancia (Abd-Alkarim *et al.*, 2017). Sob condições de estresse, o Si pode proporcionar certo grau de firmeza à célula (Toresano-Sánchez *et al.* 2012). Em pesquisas realizadas em algumas culturas como pepino (Abd-Alkarim *et al.*, 2017), melão (Badrieha *et al.*, 2021) e maçã (Karagiannis *et al.*, 2021), aplicação de Si promoveu aumento da firmeza dos frutos. Também foi verificado por González-Terán *et al.* (2020), que a aplicação de silício em pepino cultivado em solo sódico resultou em aumento da firmeza do fruto na região próxima ao pedúnculo.

O estresse salino pode afetar o suprimento e a absorção de água pelas plantas, o que, por sua vez, pode impactar a quantidade de água nos frutos. Portanto, o teor de umidade da fruta está intimamente associado à sua firmeza. Se o teor de umidade for alto, a fruta ficará macia ou com menor firmeza; se o teor de umidade for baixo, a fruta ficará mais firme (Badrieha *et al.*, 2021). Além disso, o aumento da salinidade significa uma maior força necessária para perfurar a casca do fruto, uma vez que, Ruiz *et al.* (2015), verificou que a casca do tomate se torna mais espessa e resistente a perfuração sob irrigação com água contendo alta concentração de sais e esse aumento da resistência da casca não se origina de uma alteração local na composição da parede celular da casca. Em vez disso, observações microscópicas indicaram o desenvolvimento de uma hipoderme de frutos mais espessa sob alta salinidade. No presente estudo foi verificado que conforme o aumento da salinidade, houve uma maior firmeza na casca podendo estar associado ao menor teor de umidade e uma hipoderme mais espessa dos frutos na salinidade de 4,50 dS m⁻¹.

A qualidade organoléptica dos frutos é fortemente afetada pelo teor de açúcares e ácidos orgânicos, pois influenciam a doçura, a acidez e a intensidade do sabor (Kiferle *et al.*, 2022). À medida que a salinidade aumentou, houve uma diminuição no valor de pH. Resultado semelhante foi descrito por Bottela *et al.* (2021), que o estresse salino diminuiu o pH de frutos de tomate e aumentou acidez titulável. Isso provavelmente pode ser atribuído pelo aumento do teor de ácidos orgânicos está envolvido no mecanismo de osmorregulação das plantas sob condições de alta salinidade (Krauss *et al.*, 2006). Além disso, os frutos das plantas submetidas ao tratamento com Si demonstraram um ligeiro aumento no pH em relação aos frutos das plantas não tratadas. Corroborando ao obtido por Pinedo-Guerrero *et al.* (2020), onde verificaram que o maior pH em frutos de tomate encontrado em seu trabalho foi no tratamento $K_2 SiO_3$ a $250 mg L^{-1}$, que foi 1,1% maior que o controle.

No que diz respeito à acidez titulável, os frutos das plantas tratadas com Si apresentaram uma diminuição nessa variável, enquanto os frutos das plantas não tratadas mostraram um aumento. O trabalho desenvolvido por Costan *et al.* (2019), verificaram que o teor de ácido cítrico também foi maior em tomates cultivados em solução salina, embora a aplicação de Si tenha reduzido ligeiramente o teor de ácido cítrico. Neste estudo também observou um resultado semelhante, no qual a aplicação de silício promoveu uma ligeira redução da acidez dos frutos das plantas tratadas.

Os frutos das plantas tratadas exibiram um aumento no teor de açúcares solúveis totais (AST) em comparação com aquelas não submetidas ao tratamento com Si. Xu *et al.* (2023a) verificaram que pulverizações foliares com silicato ($0,01 mol L^{-1} Na_2 SiO_3$) propiciaram um aumento no teor de açúcares solúveis em morango submetidos a estresse hídrico. Isso foi verificado por Dou *et al.* (2023), onde observaram que suplementação de silício nas folhas sob estresse hídrico e salino proporcionou um aumento no conteúdo de açúcares solúveis em tomate. Esse fato pode estar correlacionado a alguns dos benefícios que o Si pode apresentar as plantas submetidas a estresses abióticos, tais como o silício exógeno pode conduzir a um aumento na acumulação de metabólitos e na conversão direta de amido em açúcares solúveis, ou na melhoria da eficiência fotossintética o que tornou mais fácil a transferência de açúcares das folhas para os frutos (Al-Aghabary *et al.*, 2005; Sayed *et al.*, 2022; Dou *et al.*, 2023).

No presente estudo, houve um aumento da concentração de ANT e FLA, como também de vitamina C nos frutos tratados de minimelancia das plantas que receberam o Si. Pinedo-Guerrero *et al.* (2020) observaram que sob estresse salino (50 Mm) a aplicação de 500 mg

L^{-1} de nanopartículas de SiO_2 induziu o maior teor de vitamina C em tomate. Assim, o autor inferiu que o aumento na concentração de vitamina C pode ser atribuído ao aumento da atividade das enzimas monodeidroascorbato redutase (MDHAR) e desidroascorbato redutase (DHAR) em condições salinas. Essas enzimas estão envolvidas no ciclo ácido ascórbico-glutationa, desempenhando um papel fundamental na reciclagem da vitamina C (Hasanuzzaman *et al.*, 2018) ou sua inerente biossíntese é aprimorada nas plantas para aliviar a toxicidade induzida pelo sal (Zhu *et al.*, 2019). Já para ANT e FLA isso provavelmente aconteceu porque esses compostos também têm função antioxidante, assim, as plantas sob salinidade que foram tratadas aumentaram a produção desses antioxidantes, uma vez que eles desempenham papéis como moléculas sinalizadoras ou protetoras contra as EROs durante o estresse oxidativo (Ahanger *et al.*, 2020; Pinedo-Guerrero *et al.*, 2020). Corroborando aos resultados encontrados, algumas pesquisas mostraram o aumento de antocianinas em maçãs (Karagiannis *et al.*, 2021) e no morango (Xu *et al.*, 2023b), enquanto para os flavonoides em tomate (González-Moscoso *et al.*, 2019) e morango (Yaghubi *et al.*, 2019).

No presente estudo, foram constatados que os frutos das plantas submetidas ao tratamento com Si para as variáveis de polifenóis extraíveis totais (PET), vitamina C e atividade antioxidante total (ABTS⁺) apresentaram níveis mais elevados do que os frutos oriundos de plantas não tratadas. González-García *et al.* (2021), verificaram que frutos de pimentões sob estresse salino (25 Mm) quando realizada aplicação de nanopartículas de Si (1000 mg L^{-1}) aumentaram o teor de fenóis em 40% em relação ao controle. Yaghubi *et al.* (2019), relataram que alguns compostos, como fenóis e flavonoides, foram aumentados em morango na cv. Paros por efeito do silicato de potássio sob salinidade (NaCl 50 mM). Enquanto González-García *et al.* (2022), observaram que o tratamento com silício (K_2SiO_3 -250 mg L^{-1}) induziu uma maior capacidade antioxidante total (ABTS) nos frutos de pepino na época de colheita, dentre os tratamentos aplicados essa dose e fonte foi a que promoveu maior atividade antioxidante até os 10 dias de armazenamento.

A salinidade promoveu aumento tanto no teor de licopeno como também na vitamina C dos frutos de minimelancia. Elkhatab *et al.* (2017) verificaram que a aplicação do maior nível de água salina (12 dS m^{-1}) causou um incremento positivo na vitamina C e teor de licopeno de, respectivamente, 32,51% e 78,50% em tomate, em relação ao controle. Dou *et al.* (2023) relataram que o estresse salino promoveu aumento na vitamina C e reduziu significativamente o teor de licopeno em tomate. Esse aumento da qualidade dos frutos irrigados com água salina

pode ser entendido como estratégias de defesa da planta para lidar com o estresse oxidativo resultante e equilibrar a pressão osmótica das células (Elkhatib *et al.*, 2017).

Compostos bioativos como ácido ascórbico, fenóis, flavonoides e carotenoides estão entre os antioxidantes vegetais mais importantes (Arnao *et al.*, 2001). É evidente a partir dos resultados obtidos que tanto a salinidade quanto o Si desempenharam papéis cruciais no aumento do teor de carotenoides nos frutos de minimelancia. Alguns estudos realizados em tomate verificaram que a combinação de salinidade e enriquecimento com Si aumentou o teor de carotenoides totais (β -caroteno) (Costan *et al.*, 2019; Stamatakis *et al.*, 2003).

Portanto, com os resultados apresentados evidencia-se que o silício estimula a produção e acúmulo de diferentes antioxidantes (Pinedo-Guerrero *et al.*, 2020). Esses compostos são necessários quando as plantas são submetidas ao estresse salino, tendo em vista que estes acionam o sistema de defesa da planta contra o estresse oxidativo causado pelas EROs. Este fato é benéfico para qualidade nutricional dos frutos, pois aumenta sua capacidade antioxidante, trazendo benefícios para saúde dos consumidores de frutas (González-García *et al.*, 2022).

5 CONCLUSÃO

O cultivo da minimelancia em solução nutritiva salina reduz o peso, tamanho e espessura da polpa dos frutos, mas aumenta o teor de vitamina C e licopeno. O silício suplementado na raiz foi capaz de aliviar os prejuízos causados pelo estresse salino na fisiologia da planta, onde aumentou a condutância estomática, eficiência instantânea do uso da água e fluorescência máxima. Assim como, melhorou a qualidade dos frutos aumentando os teores de açúcares solúveis totais, carotenoides, polifenóis totais, vitamina C e atividade antioxidante (ABTS⁺).

REFERÊNCIAS

- ABD-ALKARIM, Emad; BAYOUMI, Y.; METWALLY, E.; & RAKHA, M. Silicon supplements affect yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in net houses. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 31, p. 2518-2523, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12484>
- ABIDI, WALID, AKRIMI, R; HAJLAOUI, H., REJEB, H., & GOGORCENA, Y. Foliar Fertilization of Potassium Silicon Improved Postharvest Fruit Quality of Peach and Nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] Cultivars. **Agriculture**, v. 13, n. 1, p. 195, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010195>
- AHANGER, M. A., BHAT, J. A., SIDDIQUI, M. H., RINKLEBE, J., & AHMAD, P. Integration of silicon and secondary metabolites in plants: a significant association in stress tolerance. *Journal of experimental botany*, v. 71, n. 21, p. 6758-6774, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa291>
- AL-AGHABARY, K; ZHU, ZHUJUN; SHI, QINHUA. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of plant nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1081/PLN-200034641>
- ALLAKHVERDIEV, S.I; SAKAMOTO, A; NISHIYAMA, Y; INABA, M; & MURATA, N. Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. **Plant physiology**, v. 123, n. 3, p. 1047-1056, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.123.3.1047>
- ALVARENGA, C. F. S; Silva, E. M. da; Nobre, R. G; Gheyi, H. R; Lima, G. S de; & Silva, L. de A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 194-205, 2019. DOI: [10.19084/RCA18215](https://doi.org/10.19084/RCA18215)
- ALVES, A. D. S; OLIVEIRA, F. D. A. D; SILVA, D. D. D; SANTOS, S. T. D; OLIVEIRA, R. R; & GÓIS, H. M. D. Production and quality of mini watermelon under salt stress and K⁺/Ca²⁺ ratios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 441-446, 2023. DOI:<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p441-446>
- ANGON, P. B; TAHJIB-UL-ARIF, M; SAMIN, S. I; HABIBA, U; HOSSAIN, M. A; & BRESTIC, M. How do plants respond to combined drought and salinity stress?—A systematic review. **Plants**, v. 11, n. 21, p. 2884, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11212884>
- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17ed. Washington: AOAC, 2002. 1115p
- ARNAO, M.B.; CANO, A; ACOSTA, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food chemistry**, v. 73, n. 2, p. 239-244, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00324-1)
- ARRUDA, T. F. D. L., LIMA, G. S. D., SILVA, A. A. R. D., AZEVEDO, C. A. V. D., SOUZA, A. R. D., SOARES, L. A. D. A; & SABOYA, L. M. F. Salicylic Acid as a Salt Stress Mitigator on Chlorophyll Fluorescence, Photosynthetic Pigments, and Growth of

Precocious-Dwarf Cashew in the Post-Grafting Phase. **Plants**, v. 12, n. 15, p. 2783, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12152783>

ASFAW, M. D. Review on Watermelon Production and Nutritional Value in Ethiopia. **Food Science and Quality Management**, v. 10, p. 11-17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.7176/fsqm%2F104-02>

ASSAHA, D. V. M.; UEDA, A.; SANEOKA, H.; AL-YAHYAI, R.; YAISH, M. W. The role of Na⁺ and K⁺ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. **Frontiers in physiology**, v. 8, p. 509, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00509>

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. **Estudos FAO: Irrigação e Drenagem**, v. 29.

BADRIEHA, H. A.; WIDODO, W. D., SUSILA, B, A. D; & BAYUARDI, W. Evaluation of Silica Uptake from Foliar-Applied Silicon Nanoparticles in Melon (*Cucumis melo* L.) under Soilless Culture. **Journal of Tropical Crop Science Vol**, v. 8, n. 3, 2021.

BOTELLA MÁ; HERNÁNDEZ, V; MESTRE, T; HELLÍN, P; GARCÍA-LEGAZ, MF; RIVERO, RM; MARTÍNEZ, V; FENOLL, J; FLORES, P. Bioactive compounds of tomato fruit in response to salinity, heat and their combination. **Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 534, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060534>

CAMPAGNOL, Rafael; MATSUZAKI, Ricardo T.; MELLO, Simone C. Condução vertical e densidade de plantas de minimelancia em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 137-143, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000100021>

COMSTOCK, J.P. Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. **Journal of experimental botany**, v. 53, n. 367, p. 195-200, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.367.195>

COSTA FERREIRA, D. A; FERREIRA, A. K. DA C; MARINHO, A. C. DA C. S; CAVALCANTE, F. L; TRAVASSOS, K. D; SOUSA, A. C. M. Qualidade da água dessalinizada destinada às comunidades rurais de Mossoró/RN. *Blucher Chemistry Proceedings*, v. 3, n. 1, p. 1080-1090, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5151/chenpro-5erq-eng21>.

COSTAN, A.; STAMATAKIS, A; CHRYSARGYRIS, A; PETROPOULOS, S. A; & TZORTZAKIS, N. Interactive effects of salinity and silicon application on *Solanum lycopersicum* growth, physiology and shelf-life of fruit produced hydroponically. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 2, p. 732-743, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10076>

DE LIMA, G. S; FÉLIX, C. M; DA SILVA, S. S; DOS ANJOS SOARES, L. A; GHEYI, H. R., & MELO, M. D. Gas exchange, growth, and production of mini-watermelon under saline water irrigation and phosphate fertilization Trocas gasosas, crescimento e produção de minimelancia irrigada com águas salinas e adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 41, n. 6 suplemento 2, p. 3039-3052, 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p3039

DINIZ, G. L; NOBRE, R. G; LIMA, G. S. D; SOUZA, L. D. P; GHEYI, H. R; & DE MEDEIROS, M. N. 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n12p814-821>

DOU, Z.; ABDELGHANY, A. E; ZHANG, H; FENG, H; ZHANG, Y., YU, S., ... & FAN, J. Exogenous silicon application improves fruit yield and quality of drip-irrigated greenhouse tomato by regulating physiological characteristics and growth under combined drought and salt stress. **Scientia Horticulturae**, v. 321, p. 112352, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112352>

DUBE, J; DDAMULIRA, G.; MAPHOSA, M. Watermelon production in Africa: challenges and opportunities. **International Journal of Vegetable Science**, v. 27, n. 3, p. 211-219, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2020.1716128>

ELKHATIB, H.; GABR, S. M; ROSHDY, A. H; AL-HALEEM, A; & MOSTAFA, M. The impacts of silicon and salicylic acid amendments on yield and fruit quality of salinity stressed tomato plants. **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 38, n. October-December, p. 933-939, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2017.4857>

FANG, S.; HOU, Xue; LIANG, Xilong. Response mechanisms of plants under saline-alkali stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 667458, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.667458>

FAOSTAT- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dados de 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>. Acesso em: 17.jul.2022

FERNANDES, Â; POLYZOS, N; MANDIM, F; PEREIRA, C; PETROVIĆ, J; SOKOVIĆ, M; & PETROPOULOS, S. A. Combined Effect of Biostimulants and Mineral Fertilizers on Crop Performance and Fruit Quality of Watermelon Plants. **Horticulturae**, v. 9, n. 7, p. 838, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070838>

FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.

FURLANI, P.R; SILVEIRA, LCP; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. *Cultivo hidropônico de plantas*. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

GALMÉS, J.; ARANJUELO, I., MEDRANO, H., & FLEXAS, J. Variation in Rubisco content and activity under variable climatic factors. **Photosynthesis research**, v. 117, p. 73-90, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-013-9861-y>

GOMES DO Ó, L. M.; WATANABE COVA, A. M; DUARTE DA SILVA, N; CONCEIÇÃO SILVA, P. C; RAJ GHEYI, H; & DE AZEVEDO NETO, A. D. Crescimento inicial de minimelancia cv. Sugar baby irrigada com águas salobras. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 14, n. 3, 2020. DOI: 10.7127/RBAI.V14N101168

GOMES DO Ó, L. M; COVA, A. M. W; AZEVEDO NETO, A. D. D; SOUZA, M. G; SANTOS, A. L; & GHEYI, H. R. Production, water-use efficiency and post-harvest quality of hydroponic mini watermelon under salinity stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5167054>

GONZÁLEZ-GARCÍA, Yolanda; FLORES-ROBLES, V; CADENAS-PLIEGO, G., BENAVIDES-MENDOZA, A; DE LA FUENTE, M. C; SANDOVAL-RANGEL, A; & JUÁREZ-MALDONADO, A. Application of two forms of silicon and their impact on the postharvest and the content of bioactive compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruits. **Biocell**, v. 46, n. 11, p. 2497, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.32604/biocell.2022.021861>

GONZÁLEZ-MOSCOSO, M., MARTÍNEZ-VILLEGAS, N. V., CADENAS-PLIEGO, G., BENAVIDES-MENDOZA, A., RIVERA-CRUZ, M. D. C., GONZÁLEZ-MORALES, S., & JUÁREZ-MALDONADO, A. Impact of silicon nanoparticles on the antioxidant compounds of tomato fruits stressed by arsenic. **Foods**, v. 8, n. 12, p. 612, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8120612>

GONZÁLEZ-TERÁN, G. E; GÓMEZ-MERINO, F. C.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Effects of silicon and calcium application on growth, yield and fruit quality parameters of cucumber established in a sodic soil. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 19, n. 3, p. 149-158, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24326/asphc.2020.3.13>

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K; ROHMAN, M. M; ANEE, T. I; HUANG, Y; & FUJITA, M. Exogenous silicon protects Brassica napus plants from salinity-induced oxidative stress through the modulation of AsA-GSH pathway, thiol-dependent antioxidant enzymes and glyoxalase systems. **Gesunde Pflanzen**, v. 70, n. 4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10343-018-0430-3>

HAWORTH, M.; MARINO, G.; CENTRITTO, M. An introductory guide to gas exchange analysis of photosynthesis and its application to plant phenotyping and precision irrigation to enhance water use efficiency. **Journal of Water and Climate Change**, v. 9, n. 4, p. 786-808, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2018.152>

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1962.tb00055.x>

HUANG, C.; PENG, F.; YOU, Q.; XUE, X.; WANG, T.; LIAO, J. Growth, yield and fruit quality of cherry tomato irrigated with saline water at different developmental stages. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, v. 66, n. 4, p. 317-324, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2015.1111931>.

JESUS, E. G, FATIMA, R. T. D., GUERRERO, A. C., ARAÚJO, J. L. D., & BRITO, M. E. Growth and gas exchanges of arugula plants under silicon fertilization and water restriction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 119-124, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n2p119-124>

KARAGIANNIS, E.; MICHAELIDIS, M; SKODRA, C; MOLASSIOTIS, A; & TANOU, G. Silicon influenced ripening metabolism and improved fruit quality traits in apples. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 166, p. 270-277, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.037>

KHAN, W. U. D; AZIZ, T., MAQSOOD, M. A., FAROOQ, M., ABDULLAH, Y., RAMZANI, P. M. A., & BILAL, H. M. Silicon nutrition mitigates salinity stress in maize by modulating ion accumulation, photosynthesis, and antioxidants. **Photosynthetica**, v. 56, p. 1047-1057, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0812-x>

- KHAN, W.U.D, A.T.; HUSSAIN, I.; RAMZANI, P. M. A., & REICHENAUER, T. G. Silicon: a beneficial nutrient for maize crop to enhance photochemical efficiency of photosystem II under salt stress. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, n. 5, p. 599-611, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1233322>
- KIFERLE, C.; GONZALI, S; BELTRAMI, S; MARTINELLI, M; HORA, K; HOLWERDA, H. T; & PERATA, P. Improvement in fruit yield and tolerance to salinity of tomato plants fertigated with micronutrient amounts of iodine. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 14655, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18301-w>
- KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA-UFU, A. Correção da acidez do solo com a silicatagem. **Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG**, 2004.
- KRAUSS, S.; SCHNITZLER, W. H; GRASSMANN, J; & WOITKE, M. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 2, p. 441-448, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf051930a>
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960282f>
- LI, P.; ZHU, Y; SONG, X; & SONG, F. Negative effects of long-term moderate salinity and short-term drought stress on the photosynthetic performance of Hybrid Pennisetum. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 155, p. 93-104, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.06.033>
- LIU, B.; SOUNDARARAJAN, P.; MANIVANNAN, A. Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. **Plants**, v. 8, n. 9, p. 307, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8090307>
- LUZ NETO, C. A., DA SILVA, EM, FONSECA, WL; DE ARAÚJO MOREIRA, I; PESSOA, KD, & FEITOZA, MA. Cultivo fertirrigado de minimelancia submetido a níveis de salinidade e aplicação foliar de silício. **Revista Caatinga**, v. 2, pág. 445-455, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n221rc>
- MAOTO, M. M.; BESWA, D.; JIDEANI, Afam IO. Watermelon as a potential fruit snack. **International Journal of food properties**, v. 22, n. 1, p. 355-370, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1584212>
- MARODIN, J C; RESENDE, J T V; MORALES, R G F; FARIA, M V; TREVIZAM, A R; FIGUEIREDO, A S T; DIAS, D M. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 361-366, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362016003009>
- MARSCHNER, P. (2012). “Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants”. London Academic Press.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>.

Ó, L.M.G.D.; C, A.M.W.; Neto, A.D.D.A.; DA SILVA, N.D.; Silva, P.C.C.; Santos, A.L.; Gheyi, H.R.; da Silva, L.L. Osmotic adjustment, production, and post-harvest quality of mini watermelon genotypes differing in salt tolerance. **Scientia Horticulturae**, v. 306, p. 111463, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111463>

Ó, L. M. G.; COVA, A. M. W.; GHEYI, H. R.; SILVA, N. D.; AZEVEDO NETO, A. D. de. Production and quality of mini watermelon under drip irrigation with brackish water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 766-774, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n320rc>

OLIVEIRA, R. R.T.; OLIVEIRA, F. D. A. D., GÓIS, H. M. D. M. N., MENEZES, P. V. D., SANTOS, S. T. D., AROUCHA, E. M. M., & ALMEIDA, J. G. L. D. Salt stress and K/Ca ratios of the nutrient solution in the production and quality of the melon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, p. e20207586, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n6p441-446>

PERIS-FELIPO, F. J.; BENAVENT-GIL, Y; HERNÁNDEZ-APAOLAZA, L. Silicon beneficial effects on yield, fruit quality and shelf-life of strawberries grown in different culture substrates under different iron status. **Plant physiology and biochemistry**, v. 152, p. 23-31, 2020. DOI: [10.1016/j.plaphy.2020.04.026](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.026)

PINEDO-GUERRERO, Z. H, CADENAS-PLIEGO, G., ORTEGA-ORTIZ, H., GONZÁLEZ-MORALES, S., BENAVIDES-MENDOZA, A., VALDÉS-REYNA, J., & JUÁREZ-MALDONADO, A. Form of silica improves yield, fruit quality and antioxidant defense system of tomato plants under salt stress. **Agriculture**, v. 10, n. 9, p. 367, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10090367>

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. <https://www.R-project.org/>. Acessado em 15 Dez de 2023.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. A Guide to Carotenoids Analysis in Food. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. DE; MORAIS, S. M. DE; SAMPAIO, C. DE G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Comunicado Técnico Da Embrapa 128 - Metodologia Científica: Determinação Da Atividade Antioxidante Total Em Frutas Pela Captura Do Radical Livre ABTS+. *Comunicado Técnico Embrapa 128*. 2006, pp 1-4.

RUIZ, M. S.; YASUOR, H; BEN-GAL, A; YERMIYAHU, U; SARANGA, Y; & ELBAUM, R. Salinity induced fruit hypodermis thickening alters the texture of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 192, p. 244-249, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.06.002>

SAYED, E. G; MAHMOUD, A. W. M., EL-MOGY, M. M., ALI, M. A., FAHMY, M. A., & TAWFIC, G. A. The effective role of nano-silicon application in improving the productivity and quality of grafted tomato grown under salinity stress. **Horticulturae**, v. 8, n. 4, p. 293, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040293>

- SILVA, A. Eficiência fotossintética e proteção oxidativa em mudas de cajueiro anão submetidas ao estresse salino. Dissertação de Mestrado- UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA, Campina Grande (PB), 2016.
- SILVA, S. S.; LIMA, G. S. D., LIMA, V. L. A. D., GHEYI, H. R., SOARES, L. A. D. A., & LUCENA, R. C. M. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49s4822>
- SILVA JUNIOR, F. B; DE LACERDA, C. F; DE SOUSA, G. G; DA SILVA SALES, J. R; & DE MELO MENDONÇA, A. Morphophysiology and inorganic solutes in watermelon irrigated with brackish water in different planting systems. *Revista Caatinga*, v. 36, n. 4, p. 833-842, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n411rc>
- SILVA, J. S. D., Sá, F. V. D. S., Dias, N. D. 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n1p3-9>
- SILVA, A. A. R.; DO NASCIMENTO SOUSA, P. F; DE LIMA, G. S; DOS ANJOS SOARES, L. A; GHEYI, H. R; & DE AZEVEDO, C. A. V. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 233, n. 6, p. 198, (2022a). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05669-8>
- SILVA, J. S.; DIAS, N. D. S; JALES, G. D; RGES, L. B. L; DE FREITAS, J. M. C; UMBELINO, B. F; & DA SILVA SÁ, F. V. Physiological responses and production of mini-watermelon irrigated with reject brine in hydroponic cultivation with substrates. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 8, p. 11116-11129, (2022b). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16412-x>
- STAMATAKIS, A; PAPADANTONAKIS, N; SAVVAS, D; LYDAKIS-SIMANTIRIS, N; & KEFALAS, P. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. In: **International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment 609**. p. 141-147, 2003. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.18>
- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados: Paz Montalvo. **Madrid**. 428p, 1967.
- TORESANO-SÁNCHEZ, F.; VALVERDE-GARCÍA, A.; CAMACHO-FERRE, F. Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. **Journal of plant nutrition**, v. 35, n. 4, p. 567-590, 2012. DOI: [10.1080/01904167.2012.644375](https://doi.org/10.1080/01904167.2012.644375)
- XU, X., ZHANG, Y., LI, Y., LIAO, S., SUN, Y., & LIU, F. Supplemental light and silicon improved strawberry fruit size and sugars concentration under both full and deficit irrigation. **Scientia Horticulturae**, v. 313, p. 111912, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111912>
- XU, X., Zou, G., Li, Y., Sun, Y., & Liu, F. Silicon application improves strawberry plant antioxidation ability and fruit nutrition under both full and deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, v. 309, p. 111684, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111684>

YAGHUBI, K., VAFAEE, Y., GHADERI, N., & JAVADI, T. Potassium silicate improves salinity resistant and affects fruit quality in two strawberry cultivars grown under salt stress. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 12, p. 1439-1451, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1621333>

YEMM, E. W.; WILLIS, AJ1269789. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical journal**, v. 57, n. 3, p. 508, 1954. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj0570508>

ZENEBO, O.; PASCUET, S.; TIGLEA, P. Instituto Adolfo Lutz: São Paulo, 2008.

ZHU, YONG-XING; GONG, HAI-JUN; YIN, JUN-LIANG. Role of silicon in mediating salt tolerance in plants: a review. **Plants**, v. 8, n. 6, p. 147, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8060147>

LAŻNY, RADOSŁAW, PRZYBYŁ, J. L., WÓJCIK-GRONT, E., MIRGOS, M., KALISZ, S., BELLA, S., ... & KOWALCZYK, K. Effect of lignite substrate and supplementary lighting and packaging type on post-harvest storage quality of cucumber fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 321, p. 112350, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112350>

SHET, RATNAKAR M, SHANTAPPA, T., HONGAL, SA, GUNNAIAH, R., & JAGADEESHA, RC. Avaliação da vida útil pós-colheita de acessos de melão culinário do sul da Índia (Cucumis melo var. acidulus). **J Appl Hortic**, v. 1, pág. 84-88, 2022. DOI: [10.37855/jah.2022.v24i01.16](https://doi.org/10.37855/jah.2022.v24i01.16)

OZTURK, Burhan et al. Change of fruit quality properties of jujube fruit (Ziziphus jujuba) without stalk and with stalk during cold storage. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. sup3, p. S1891-S1903, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1834901>

ANEXO A

Tabela 1. Resumo das análises de variância: Dano de membrana (DM,%), teor relativo de água (TRA, %), atividade da peroxidase (POD,EU/min/mg de proteína), atividade da ascorbato peroxidase (APX,µmol/min/mg de proteína), atividade da superóxido dismutase (SOD,U/mg de proteína), teor de Si da folha (SIF,%), teor de Si do caule (SIC,%), teor de Si da raiz (SIR,%), massa seca da folha (MSF,g/planta), massa seca do caule (MSC, g/planta), massa seca da raiz (MSR, g/planta), massa seca total (MST, g/planta), área foliar (AF, cm²), teor de sódio da folha (NAF,g/kg), teor de sódio do caule (NAC, g/kg), teor de sódio da raiz (NAR, g/kg), teor de potássio da folha (KF, g/kg), teor de potássio do caule (KC, g/kg), teor de potássio da raiz (KR, g/kg).

FV	GL	QM										
		DM	TRA	POD	APX	SOD	SIF	SIC	SIR	MSF	MSC	MSR
CEsn	2	25,29 ^{ns}	1,065 ^{ns}	163,74 ^{***}	19.695 [*]	155,04 ^{ns}	0,6712 ^{**}	0,1641 ^{ns}	0,04706 ^{**}	1,8827 ^{**}	2,735 ^{ns}	0,445 ^{ns}
Silício	1	614,18 ^{**}	72,32 [*]	907,28 ^{***}	11.155 ^{ns}	242,06 [*]	26,47 [*]	0,1584 ^{**}	1,6333 ^{**}	8,8455 ^{**}	6,96 [*]	71,89 ^{ns}
CEsn × Silício	2	15,24 ^{ns}	2,63 ^{ns}	17,26 ^{ns}	752 [*]	116,56 ^{ns}	0,0842 ^{ns}	0,0242 ^{**}	0,0601 ^{ns}	0,4229 ^{ns}	0,072 ^{ns}	0,795 ^{ns}
Resíduo	20	49,396	14,17	20,24	0,3922 ^{ns}	50,98	0,04991	0,0049	0,00904	0,27072	14,548	31,34
CV (%)		9,96	5,15	8,73	20,76	12,86	13,55	17,17	17,08	2,71	8,10	25,13

FV	GL	QM							
		MST	AF	NAF	NAC	NAR	KF	KC	KR
CEsn	2	11,22 ^{ns}	3.548,4 ^{**}	8,708 ^{**}	100,97 ^{***}	87,32 ^{**}	17,22 ^{ns}	691,25 ^{**}	69,19 ^{**}
Silício	1	85,11 ^{ns}	0,4 ^{ns}	5,167 ^{**}	6,08 ^{ns}	3,93 [*]	55,57 ^{**}	335,7 [*]	28,66 [*]
CEsn × Silício	2	35,15 ^{ns}	22,5 ^{ns}	0,041 ^{ns}	1,927 ^{ns}	0,266 ^{ns}	14,306 ^{ns}	47,15 ^{ns}	5,00 ^{ns}
Resíduo	20	30,20	52,67	0,3745	20,153	0,6286	60,134	65,3	5,912
CV (%)		9,87	6,11	13,35	8,47	3,82	10,22	11,27	9,37

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio. CEsn: Condutividade elétrica da solução nutritiva. CV: Coeficiente de variação. ^{ns}, ^{*}, ^{**}, ^{***}; não significativo; significativo, respectivamente, a 5% e a 1%, pelo teste F.

ANEXO B

Tabela 1. Resumo das análises de variância do Peso (PF, Kg), Espessura da casca (EC, cm), Espessura da polpa (EP, cm), Diâmetro longitudinal (DL, cm), Diâmetro transversal (DT, cm), Firmeza da casca (FF, N), Firmeza da polpa (FP, N), Firmeza do pedúnculo (FPEN, N), Coloração da polpa (L,a,b), Sólidos solúveis (SS, °Brix), pH, Acidez Titulável (AT, meq 100g⁻¹), Açúcares solúveis totais (AST,%), Açúcares redutores (AR,%), Licopeno(mg 100 g⁻¹), Carotenoides (/CAR, mg 100 g⁻¹), Atividade antioxidante total (ABTS⁺, µM Trolox g⁻¹), Polifenóis extraíveis totais (PET, mg 100 g⁻¹), Vitamina C (mg 100 g⁻¹) e Teor de Silício da casca (Teor de Si, %).

FV	GL	QM										
		Peso	EC	EP	DL	DT	FF	FP	FPEN	Coloração da polpa		
										L*	a*	b*
CEsn	2	0,5257**	1,252 ^{ns}	6,848**	14,744**	7,559**	296,28**	0,5535 ^{ns}	78,6 ^{ns}	0,5705 ^{ns}	2,869 ^{ns}	7,6345 ^{ns}
Silício	1	0,0462 ^{ns}	3,1041*	2,977 ^{ns}	0,637 ^{ns}	0,8267 ^{ns}	233,97*	0,2528 ^{ns}	880,7*	33,984*	35,818**	14,630*
CEsn × Silício	2	0,0509 ^{ns}	0,4146 ^{ns}	0,9245 ^{ns}	1,880*	0,6977 ^{ns}	61,925 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	273,15 ^{ns}	1,290 ^{ns}	4,168 ^{ns}	2,2845 ^{ns}
Resíduo	20	0,01469	0,4516	0,8508	0,3922	0,4062	32,045	0,2618	113,425	3,199	38,501	28,475
CV (%)		13,19	8,79	8,78	4,85	5,21	12,51	16,30	16,45	3,83	5,72	6,09

FV	GL	QM										
		SS	pH	AT	AST	AR	Licopeno	CAR	ABTS ⁺	PET	VitaminaC	Teor de Si
CEsn	2	0,0553 ^{ns}	0,0868**	0,01291 ^{ns}	0,0524 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	1,574 ^{ns}	0,0638 ^{ns}	0,1222 ^{ns}	3,23 ^{ns}	20,3315**	0,0358 ^{ns}
Silício	1	0,3564 ^{ns}	0,06627*	0,06348*	10,969**	0,00049 ^{ns}	1,5641*	6,8928**	1,5080**	95,41**	26,847**	0,92395*
CEsn × Silício	2	0,2103 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0264 ^{ns}	0,9311 ^{ns}	0,00033 ^{ns}	0,1200 ^{ns}	1,352*	0,0905 ^{ns}	27,91 ^{ns}	0,444 ^{ns}	0,0126 ^{ns}
Resíduo	20	0,5211	0,011701	0,01049	0,5144	0,0022	0,4297	0,3155	0,05836	8,435	0,3784	0,01733
CV (%)		7,92	2,05	4,58	11,77	12,80	13,65	12,65	18,68	13,36	5,4	12,38

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio. CEsn: Condutividade elétrica da solução nutritiva. CV: Coeficiente de variação. ^{ns}; *,**; não significativo; significativo, respectivamente, a 5% e a 1%, pelo teste F.

Tabela 2. Resumo das análises de variância de trocas gasosas em minimelancia ('Sugar Baby') da Taxa de taxa líquida de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Condutância estomática (gs , $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO₂ (C_i , $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Eficiência instantânea do uso da água ($WUE = A/E$), Eficiência de carboxilação instantânea ($ICE = A/C_i$), Fluorescência inicial (F_0), Fluorescência máxima (F_m), Fluorescência variável (F_v), máxima eficiência quântica do PSII (F_v/F_m), rendimento quântico basal dos processos fotoquímicos em PSII (F_o/F_m), antocianinas totais (ANT, $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) e os flavonoides amarelos (FLA, $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$).

FV	GL	QM						
		A	E	gs	C_i	A/E	A/C_i	F_0
CEsn	2	13,174*	0,8546*	0,00114 ^{ns}	4293,8*	0,1683 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	28,22 ^{ns}
Silício	1	0,128 ^{ns}	0,2048 ^{ns}	0,00299*	826,9 ^{ns}	11,456***	0,00135 ^{ns}	16,06 ^{ns}
CEsn × Silício	2	0,2395 ^{ns}	0,2392 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	1179,5 ^{ns}	1,3715 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	142,89 ^{ns}
Resíduo	10	2,347	0,1602	0,00053	467,6	0,3832	0,0018	154,19
CV (%)		6,75	6,89	10	15,41	12,97	29,12	3,50

FV	GL	QM					
		F_m	F_v	F_v/F_m	F_o/F_m	ANT	FLA
CEsn	2	11875 ^{ns}	31271 ^{ns}	0,00053 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	1,231 ^{ns}
Silício	1	34936**	2335 ^{ns}	0,00057 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00446*	3,34**
CEsn × Silício	2	2812 ^{ns}	89,5 ^{ns}	0,00050 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,00075 ^{ns}	0,0795 ^{ns}
Resíduo	20	3447,8	7816,3	0,00022	0,00002	0,00758	0,3871
CV (%)		3,54	6,59	1,89	2,10	16,38	18,09

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio. CEsn: Condutividade elétrica da solução nutritiva. CV: Coeficiente de variação. ^{ns}, *, **, ***; não significativo; significativo, respectivamente, a 5% ,1% e a 0,1%, pelo teste F.

