

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

SUPLEMENTAÇÃO COM SILÍCIO NO CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DOS FRUTOS DE MINI TOMATE SOB DIFERENTES NÍVEIS DE
SALINIDADE

ALDELAN ARNALDO SILVA

BOM JESUS – PI

2018

ALDELAN ARNALDO SILVA

INFLUÊNCIA DO SILÍCIO SOBRE OS PARÂMETROS PRODUTIVOS DO MINI
TOMATE SUBMETIDO A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE NO
SUBSTRATO DE CULTIVO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Moreira da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael de Souza Miranda

BOM JESUS – PI

2018

Ficha Catalográfica

XXXX Silva, Aldelan Arnaldo

Influência do silício sobre os parâmetros produtivos do mini tomate submetido a diferentes níveis de salinidade no substrato de cultivo. / Aldelan Arnaldo Silva. – Bom Jesus: UFPI, 2018.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí.

Orientador: Prof^o. Dr. Everaldo Moreira da Silva

Co-orientador: Prof^o. Dr. Rafael de Souza Miranda

1. *Solanum lycopersicum* 2. Fertirrigação 3. Estresse salino
4. Ambiente protegido I Título.

XXX XXXX

ALDELAN ARNALDO SILVA

INFLUÊNCIA DO SILÍCIO SOBRE OS PARÂMETROS PRODUTIVOS DO MINI
TOMATE SUBMETIDO A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE NO
SUBSTRATO DE CULTIVO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Membros da banca:

Prof. Dr. Everaldo Moreira da Silva (UFPI/CPCE)

Prof. Dr. Rafael de Souza Miranda (UFPI/CPCE)

Dr. Rafael Maschio (APROSOJA/PI)

Prof. Dr. Rodrigo Fonseca da Silva (UFPI/CPCE)

BOM JESUS – PI

2018

BIOGRAFIA

Aldelan Arnaldo Silva, nascido em 25 de maio de 1990 no município de Bom Jesus no estado do Piauí, filho de Maria de Lourdes Pereira Arnaldo. Concluiu o ensino fundamental e posteriormente o curso Técnico em Agropecuária em concomitância com o ensino médio pelo Colégio Agrícola de Bom Jesus, hoje Colégio Técnico de Bom Jesus. Em 2009 ingressou no curso de Engenharia Agrônômica e no curso de Bacharelado em Ciências Contábeis, nos quais se formou em maio de 2014 e janeiro de 2013 respectivamente. Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas (PPGSNP) na Universidade Federal do Piauí no ano de 2016. É um amante da eletrônica e de suas aplicações no campo das Ciências Agrárias.

*...Que minha humildade
seja como a chuva desejada
caindo mansa,
longa na noite escura
numa terra sedenta
e num telhado velho
minha cama estreita,
minhas coisinhas pobres,
minha casa de chão,
exalando doces aromas
repletos de lembranças
de uma feliz infância.
E ter sempre um feixe de lenha
debaixo do meu fogão de taipa,
e acender, eu mesmo,
o fogo alegre da minha casa
na manhã de um novo dia que começa...*

Cora Coralina

Á minha família, que me deu forças e acreditou em minha capacidade, e as minhas tias Nonata Arnaldo, Fátima Arnaldo, Maria de Fátima Alves Arnaldo e meu avô Vitor José pela companhia e apoio quando mais precisei.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me guia no caminho do bem, a minha Mãe Maria de Lourdes e aos meus queridos irmãos que me educaram através de bons exemplos.

A Universidade Federal do Piauí – Campus professora Cinobelina Elvas e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelo conhecimento e por disponibilizar a infraestrutura necessária para condução deste trabalho.

À CAPES pelo auxílio financeiro, que viabilizou a execução deste trabalho.

Ao professor Dr. Everaldo Moreira pela orientação e amizade durante esta caminhada.

Aos meus amigos Rodrigo Silva, Gustavo Cassiano, Firmino Nunes, Leandro Soares, Elton Prudêncio e Rejane Meyson pelas contribuições durante a execução deste trabalho.

A minha namorada Geane Andrade pela paciência, apoio e carinho a quem também dedico esta conquista.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente com este trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	i
General Abstract.....	ii
Lista de Tabelas.....	iii
Lista de Figuras.....	v
CAPÍTULO I.....	7
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1. A cultura do tomate.....	9
2.2. Nutrição mineral do tomateiro.....	10
2.3. Fertirrigação no cultivo do tomate.....	11
2.4. Efeitos da salinidade em plantas de interesse econômico.....	14
2.5. Uso do silício como agente mitigador do estresse biótico e abiótico.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
CAPÍTULO 2.....	27
CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MINI TOMATE SOB SALINIDADE EM FUNÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO COM SILÍCIO.....	27
Resumo.....	27
Abstract.....	28
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4. CONCLUSÃO.....	44
5. REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS.....	45
CAPÍTULO 3.....	48
DESENVOLVIMENTO DO MINI TOMATE EM FUNÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO COM SILÍCIO EM DIFERENTES NÍVEIS DA SALINIDADE.....	48

Resumo.....	48
Abstract	49
1. INTRODUÇÃO	50
<u>2. MATERIAL E MÉTODOS</u>	<u>52</u>
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4. CONCLUSÃO	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

RESUMO GERAL

SILVA, Aldelan Arnaldo. **Influência do silício sobre os parâmetros produtivos do mini tomate submetido a diferentes níveis de salinidade no substrato de cultivo.** 2018. 39p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O cultivo do mini tomate em ambiente protegido é uma atividade promissora, considerando a maior seguridade fitossanitária e climática. Tem-se a considerar, entretanto, que neste ambiente é usual o acúmulo de sais fertilizantes no substrato de cultivo. O desempenho do mini tomate é reconhecidamente prejudicado quando seu crescimento se dá em substratos salinos, estando a espécie classificada como moderadamente sensível aos sais. Com base nas informações disponíveis, este estudo foi conduzido de forma a obter informações sobre o efeito da salinidade e a aplicação de silício via fertirrigação; i) promove algum efeito nas características produtivas do mini tomate; ii) seus efeitos sobre os parâmetros de crescimento do mini tomate. Inicialmente elaborou-se a curva de salinização artificial do substrato e seus respectivos teores de sais suficientes para elevar a condutividade elétrica da solução do substrato a níveis representativos dos tratamentos. No final do ciclo da cultura avaliou-se as características produtivas do tomate como número de frutos por planta, peso total de frutos por planta, e o percentual desses valores que correspondem a faixa de interesse comercial tanto em número quanto em peso; também avaliou-se as características morfológicas do mini tomate como a massa seca e a massa fresca e as variáveis referentes a qualidade dos frutos como °Brix, Acidez Total Titulável (ATT), a palatabilidade (°Brix/ATT) e o pH. A aplicação de silício em fertirrigação promoveu significativamente o crescimento radicular assim como a elevação dos níveis iniciais de salinidade contribuiu para o aumento da qualidade dos frutos do mini tomate em ambiente protegido.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, condutividade elétrica, silicato de potássio.

¹Orientador: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Aldelan Arnaldo. **Influence of silicon on the productive purposes of the mini-tomatoes submitted to different levels of salinity in the culture substrate.** 2018. 39p. Dissertation (Master in Soil Plant Nutrition) – Federal University of Piauí, PI¹.

The cultivation of mini tomato in greenhouse is a promising activity, considering the greatest phytosanitary and climatic safety. It has to be considered, however, that in this environment the accumulation of fertilizing salts in the culture substrate is usual. The performance of the mini tomato is known to be impaired when it grows on saline substrates, and the species is classified as moderately salt sensitive. Based on the information available, this study was conducted in order to obtain information on the effect of salinity and a silicon application via fertigation; i) some positive or no effect on mini tomato productions; ii) the effects on the growth of the mini tomato. Initially the artificial salinization curve of the substrate and its respective salt content were elaborated enough to raise the electrical conductivity of the substrate solution to representative levels of the treatments. At the end of the crop cycle the productive characteristics of the tomato were evaluated as number of fruits per plant, total weight of fruits per plant, and the percentage of these values that correspond to the range of commercial interest in both number and weight; it was also evaluated the morphological characteristics of the mini tomato as dry matter and fresh matter and variables related to fruit quality such as °Brix, Total Titratable Acidity (TTA), palatability (°Brix / TTA) and pH. The application of silicon to fertigation significantly promoted root growth, as well as the increase of the initial levels of salinity contributed to the increase of fruit quality of the mini tomato in protected environment.

Key words: *Solanum lycopersicum*, electrical conductivity, potassium silicate.

¹Adviser: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: A cultura do tomate

Tabela 1. Fertirrigação em quantidade de macronutrientes, para o tomateiro cultivado em campo nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura..... 11

Tabela 2. Classificação de diferentes espécies vegetais de acordo com a acumulação de Si. 17

Capítulo 2: Crescimento e produtividade de mini tomate sob salinidade em função da suplementação com silício

Tabela 1. Proporção dos fertilizantes utilizados para preparo da solução nutritiva nas diferentes condutividades elétricas. 35

Tabela 2. Principais características físicas e químicas, como pH, Condutividade Elétrica (CE), Capacidade de Retenção de Água (CRA) e Densidade global (Dg) do substrato utilizado. 35

Tabela 3. Concentrações de sais na solução para os diferentes níveis de salinidade conforme a equação de regressão da curva de salinização artificial, sendo CE (dS m^{-1}) a condutividade elétrica desejada seguida pela concentração de sais a ser adicionada por volume de água (mg L^{-1}). 36

Tabela 4. Sumário das análises de variância para as variáveis Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Seca das Folhas (MSFL), Massa Fresca dos Frutos (MFFT), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca dos Frutos (MSFT), Massa Seca das Raízes (MSRZ), Massa Seca da Folhas (MSFL), Número Total de Frutos (NTFT), Frutos Comercializáveis (FTCM) e a relação entre a Massa Seca dos Frutos, relação Massa Seca das Folhas e Massa Seca dos Frutos (MSFT/MSFL), °Brix, pH, Acidez Total Titulável (ATT) e relação Acidez Total Titulável e oBrix ($\text{ATT}/^{\circ}\text{Brix}$). 39

Tabela 5. Teste de média para as variáveis Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Fresca dos Frutos (MFFT), Massa Seca da Raiz (MSRZ), Número Total de Frutos (NTFT), Número Total de Frutos Comercializáveis (FTCM) e Acidez Total Titulável (ATT).. 41

Capítulo 3: Efeitos da salinidade sob os parâmetros de crescimento do mini tomate em função da suplementação com silício

Tabela 1. Relação de sais fertilizantes usados como fonte de macronutrientes para o preparo da solução salinizante. 52

Tabela 2. Principais características físicas e químicas, como pH, Condutividade Elétrica (CE), Capacidade de Retenção de Água (CRA) e Densidade global (Dg) do substrato utilizado. 56

Tabela 3. Concentrações de sais na solução para os diferentes níveis de salinidade conforme a equação de regressão da curva de salinização artificial, sendo CE (dS m^{-1}) a condutividade elétrica desejada seguida pela concentração de sais a ser adicionada por volume de água (mg L^{-1}). 56

Tabela 4. Análise de variância (quadrados médios) do comprimento de plantas (CP) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.....	62
Tabela 5. Análise de variância (quadrados médios) do diâmetro do caule (DC) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.	62
Tabela 6. Análise de variância (quadrados médios) do Índice de clorofila A (ICA) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.....	64
Tabela 7. Análise de variância (quadrados médios) do índice de clorofila B (ICB) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.....	64
Tabela 8. Análise de variância (quadrados médios) do Número de folhas (NFL) até a poda apical (55 DAT) do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.....	67
Tabela 9. Análise de variância (quadrados médios) do número de frutos (NFT) até a primeira colheita do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.....	67

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: A cultura do tomate

Figura 1. Alterações microscópicas na hipoderme do tomate cereja em correlação com o estresse salino. (a) entre cultivares de tomate cereja e (b) mesma cultivar de tomate sob níveis crescentes de salinidade. Os números representam a concentração de NaCl da água de irrigação. 16

Capítulo 2: Crescimento e produtividade de mini tomate sob salinidade em função da suplementação com silício

Figura 1. Localização da área experimental. 31

Figura 2. Uso do luxímetro para determinação do percentual de perda de luz solar com medições dentro (A) e fora (B) do telado. 32

Figura 3. Condicionamento da brita (A), malha (B) e substrato (C) nos vasos; produção das mudas (D) e mudas transplantadas (E). 32

Figura 4. Croqui da área experimental. 33

Figura 5. Valores médios de temperatura máxima e mínima (B) e umidade relativa do ar máxima e mínima (A) na casa de vegetação em Bom Jesus durante o período em estudo. 34

Figura 6. Detalhes da área experimental (A) tanques de distribuição dos diferentes manejos e sistema de distribuição da solução de fertirrigação (B). 34

Figura 7. Curva de salinização artificial e equação de regressão para determinação do total de sais a serem aplicados em cada nível. 36

Figura 8. Determinação de ATT e pH (A) e frutos com diâmetro comercial (B). 37

Figura 9. Diagramas de dispersão e equações de regressão para os diferentes níveis de salinidade para as variáveis MSPA, MSRZ, MSFT e MSFT/MSFL. 41

Figura 10. Diagramas de dispersão e equações de regressão para os diferentes níveis de salinidade para as variáveis °Brix e relação °Brix/ATT. 43

Capítulo 3: Efeitos da salinidade sob os parâmetros de crescimento do mini tomate em função da suplementação com silício

Figura 1. Curva de salinização artificial com níveis de salinidade teóricos e as respectivas concentrações de sais. 58

Figura 2. Correlação entre a salinidade do substrato obtida e a simulada. 58

Figura 3. Comprimento de plantas em função dos níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo. 59

Figura 4. Diâmetro do caule em função dos níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo. 60

Figura 5. Gráfico de interação entre os fatores manejo e níveis de salinidade para clorofila <i>a</i> aos 43 DAT.....	61
Figura 6. Gráfico de interação entre os fatores manejo e níveis de salinidade para clorofila <i>a</i> aos 85 DAT.....	65
Figura 7. Regressões para o número de folhas aos 14 e 28 DAT em plantas de mini tomate submetidas a estresse salino causado por excesso de sais.	66
Figura 8. Número médio de frutos por planta aos 36 DAT nos diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo.	66

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em razão das crescentes demandas por recursos ambientais, há uma maior preocupação a respeito da sustentabilidade das atividades agrícolas. Uma proporção considerável dos biomas terrestres vem sendo ocupada e modificada devido à expansão agrícola de forma intensiva e o ritmo de exploração desses recursos naturais parece exceder a capacidade de regeneração de muitos desses ecossistemas. É plausível que o desenvolvimento de técnicas que melhorem a eficiência do uso das áreas já exploradas, pode, de certa forma, diminuir a desconfiança que incide sobre a sustentabilidade da agricultura.

Uma das possíveis alternativas é tornar cada vez mais acessível o cultivo em ambiente protegido, que, em comparação ao cultivo em campo, oferece diversas vantagens tanto econômicas quanto ambientais, porém, assim como outras atividades, esta possui alguns entraves que acabam por limitar seus benefícios a médio e longo prazo como o uso intensivo do solo por monocultivos e os efeitos negativos causados pelos resíduos das frequentes adubações necessárias para manter a fertilidade do solo.

A fertirrigação é uma técnica que dado a sua eficiência vem crescendo, principalmente, em virtude da economia de mão de obra, da redução do uso de fertilizantes, da melhor uniformidade de distribuição de nutrientes dentro da zona radicular, dentre outros fatores. Mas, apesar dessas vantagens, o manejo dessa técnica é realizado, na maioria das vezes, de maneira empírica sem o devido conhecimento técnico.

O uso frequente da fertirrigação em ambiente protegido e os resíduos das adubações tem sido o principal fator causador da salinização do solo chegando a ultrapassar os limites de tolerância a salinidade de muitas culturas, causando diminuição do rendimento ao longo de ciclos sucessivos.

Quanto ao cultivo de hortaliças em ambiente protegido, há necessidade de se determinar o grau de tolerância das culturas aos efeitos da alta salinidade, bem como desenvolver métodos para monitorar a condutividade elétrica na solução de fertirrigação neste tipo de ambiente, visando evitar a salinização do solo, ou mesmo mitigar os efeitos negativos da mesma.

Manter um nível ótimo de condutividade elétrica em cada estágio fenológico, reforça a possibilidade de se alcançar maiores produtividades para os cultivos, principalmente hortaliças. Por ser o tomateiro a hortaliça mais cultivada sob ambiente

protegido no Brasil, torna-se necessária a determinação do limiar de sua tolerância à salinidade induzida pelos fertilizantes usuais à sua nutrição. A salinidade é um parâmetro de grande importância, uma vez que pode interferir no desenvolvimento das plantas

Dentre as variedades de tomates disponíveis no mercado, cultivo do mini tomate em ambiente protegido tem se mostrado uma atividade promissora, considerando a maior segurança fitossanitária e climática. Tem-se a considerar, entretanto, que neste ambiente é usual o acúmulo de sais fertilizantes no substrato de cultivo. O desempenho do mini tomate é reconhecidamente prejudicado quando seu crescimento se dá em substratos salinos, estando a espécie classificada como moderadamente sensível aos sais.

O silício tem sua importância no manejo alternativo do estresse biótico e abiótico como ataque de pragas e cultivo em condições salinas melhorando ou estimulando os mecanismos biológicos das plantas de forma que estas continuem seu desenvolvimento mesmo em condições desfavoráveis.

Apesar do silício não ser considerado um elemento essencial a nutrição de plantas, tem-se relatado que este desempenha funções protetoras aos tecidos e aos mecanismos bioquímicos de várias espécies vegetais, atuando muitas vezes como bioestimulante. É pouco relatado seu uso na produção de olerícolas com o intuito de manter a produção mesmo em condições desfavoráveis aos cultivos como por exemplo, em condições de alta salinidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura do tomate

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* Mill.) é uma das espécies de interesse econômico mais cultivada e consumida em todo o mundo. no Brasil, ocupa uma área de aproximadamente 64 mil hectares que corresponde a metade da área plantada com batata, porém com o dobro da produtividade sendo 30.000 kg ha⁻¹ para a batata e 69.000 kg ha⁻¹ para o tomate, tem sua produção concentrada na região sudeste e centro-oeste do país que possuem 44% e 29% da área total plantada respectivamente (IBGE, 2018). Esta espécie tem sua origem na América do Sul, mais precisamente nos países que margeiam a Cordilheira dos Andes (Silveira et al., 2008; Silva et al., 2014).

É a sétima cultura mais importante para a alimentação humana depois do milho, arroz, trigo, batata, soja e mandioca. Durante os últimos 20 anos a área dedicada a cultura mais que dobrou, hoje a Ásia domina o mercado do tomate com a China em primeiro lugar seguida por EUA, Turquia, Egito, Irã, Itália, Brasil e Espanha. Os países que possuem a maior produtividade são do norte da Europa onde as condições climáticas são menos favoráveis a cultura do tomate e a área dedicada ao cultivo é muito pequena (Bergougnoux, 2014).

Muitos países têm grande parte de sua produção oriunda de ambientes com condições controladas. Os três países onde o tomate é mais consumido são a Líbia, Egito e Grécia, com um consumo superior a 100kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (FAO, 2018).

É uma cultura altamente susceptível ao ataque de pragas e doenças, apresenta ciclo relativamente curto dependendo da cultivar e alto valor comercial, em condições adequadas possui elevada capacidade de produção de frutos, dados as suas características esta é uma cultura que demanda uma grande quantidade de insumos e serviços principalmente de mão de obra que chega a representar 42% do custo de produção (Pagliuca et al., 2017).

No Brasil, seu cultivo destaca-se por sua importância socioeconômica, e por ser uma atividade geradora de empregos, melhorando a renda dos trabalhadores rurais e produtores (Silva et al., 2013). Dada sua sazonalidade é um produto com elevada variação de preços, o estado de São Paulo se destaca com 21% de participação na produção do País e Goiás com 32% são os maiores produtores do fruto, que exige grandes investimentos para implantação de seus pomares principalmente a necessidade de irrigação e os tratamentos culturais (IBGE, 2018).

Dentre os tipos de tomate recentemente lançados no mercado, sobressaem os do tipo cereja de formato arredondado ou tipo uva (grape), de tamanhos reduzidos, destacando-se pela cor vermelha intensa ou amarela para alguns híbridos, alta firmeza, resistência à doença e pelo valor nutricional comparado a outros cultivares (Caron et al., 2013).

O grande diferencial do tomate cereja é ser muito saboroso e adocicado, a ponto de ser consumido como fruta. Enquanto o tomate tradicional possui grau °Brix entre 4 e 6, as variedades cereja ou tipo grape possuem doçura suficiente para chegar entre 9 e 12 graus °Brix, que indica a concentração de sólidos solúveis totais representados pelo teor de açúcares. Isso faz toda a diferença para o consumo *in natura*, sendo assim, esse mini tomate passou a ser consumido como uvas. (Cunha et al., 2014).

Um dos híbridos que mais tem se destacado é o tomate ‘Sweet grape’, denominação do produtor, pequeno e mais saboroso, tem conquistado muitos consumidores. Possui elevado teor de açúcar (°Brix mínimo de 6) e é indicado para uso em saladas ou consumo sem acompanhamento, como uma fruta *in natura*. O híbrido Sweet Grape, desenvolvido há cerca de dez anos pela empresa japonesa Sakata, do segmento de sementes (Abrahão, 2011).

2.2. Nutrição mineral do tomateiro

A nutrição de plantas é uma das áreas mais importantes da agricultura visto que garante a máxima produtividade da cultura além de garantir o uso consciente de fertilizantes químicos evitando que estes em excesso contaminem o meio ambiente mantendo sustentável a atividade agrícola.

Dentre as olerícolas o tomateiro é uma das culturas com maior demanda de nutrientes principalmente K, N e Ca (potássio, nitrogênio e Cálcio) sendo o potássio o macronutriente mais demandado e conseqüentemente mais acumulado nos tecidos da planta principalmente nos frutos. Em termos de micronutrientes, o ferro (Fe) é o elemento mais demandado pela cultura, seguido pelo zinco (Zn) e manganês (Mn) (Prado et al., 2011).

No ciclo do tomateiro a máxima absorção ocorre entre 80 e 100 dias após o transplântio para K, N, Mg e S, já para o Ca e P esta absorção segue um crescimento linear até o fim do ciclo de cultivo. Essas informações são importantes para a adoção correta do manejo da adubação de forma que nenhum elemento seja aplicado em excesso

ou em sub dosagem de forma que prejudique o crescimento da cultura (Gargantini & Blanco 1963).

Segundo Carvalho et al. (2004), o tomateiro é uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes. Os teores e acúmulos de nutrientes pela cultura podem variar, principalmente de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, com a variedade e a produção que se deseja alcançar, sendo, dessa forma, importante o seu conhecimento para elaborar um programa adequado de adubação.

Outros fatores como temperatura do ar e do solo, incidência solar, época de plantio, umidade relativa do ar, sistema de condução das plantas e espaçamento da cultura também podem alterar a quantidade de nutrientes absorvida. É possível cultivar tomate com baixa margem de lucro sob níveis limitantes de nutrientes principalmente em cultivos orgânicos, porém um manejo adequado no fornecimento de nutrientes é fundamental para a obtenção de uma produção de boa qualidade e altamente rentável (Navarro et al., 2003).

Dado a sua importância na nutrição do tomateiro, o nitrogênio é um elemento essencial requerido em grandes quantidades pela cultura, porém existem diversas fontes de nitrogênio disponíveis no mercado tornando muitas vezes confusa a escolha da fonte do nutriente. Lupini et al. (2017) em seu trabalho sobre nutrição do tomateiro com diferentes fontes de N mostrou que a aplicação conjunta de nitrato de amônio e uréia, ambas fontes de nitrogênio, porém um na forma de NO_3^- e outro na forma de NH_4^+ , é mais benéfica do que a aplicação de qualquer uma das duas fontes isoladamente.

O potássio é um dos elementos químicos mais absorvidos pelo tomateiro, sendo armazenado principalmente nos frutos, quando este é submetido a estresse salino causado por excesso de K^+ no solo o tomate é capaz de acumular cinco vezes mais potássio nos frutos se comparado ao manejo nutricional convencional da cultura, sendo sua suplementação fundamental para se obter ganhos tanto em produtividade quanto em qualidade dos frutos (Gouiaa & Khoudi, 2015).

A utilização da irrigação simultaneamente com a adubação é indispensável tornando o uso da fertirrigação uma ferramenta que possibilita redução de custos e otimização da aplicação de água e fertilizantes principalmente para o tomateiro devido a sua alta demanda nutricional e sensibilidade ao déficit hídrico (Feltrim et al., 2005).

2.3. Fertirrigação no cultivo do tomate

A fertirrigação é uma técnica que vem crescendo, principalmente, em virtude da economia de fertilizantes, da redução da mão-de-obra, da melhor uniformidade de

distribuição de nutrientes, entre outros fatores. Mas, apesar desse crescente uso, o manejo dessa técnica é realizado, na maioria das vezes, de maneira empírica. A aplicação de fertilizantes via água de irrigação tem sua origem há centenas de anos. Existem relatos de que em épocas remotas o esterco animal era lançado em canais de irrigação para adubar as culturas em áreas irrigadas.

Alguns indícios apontam que a fertirrigação iniciou-se no Oeste dos Estados Unidos, em irrigação por sulcos. Na década de 30, produtores da Califórnia usaram sistemas de irrigação por aspersão para aplicar fertilizantes em pomares, marcando o início da fertirrigação em sistemas de irrigação pressurizada (Woodward, 1959). A primeira aplicação de fertilizantes, mais ampla e tecnificada, com a água de irrigação, foi realizada na década de 50, de acordo com Dowler (1985).

Atualmente, é uma técnica ainda pouco utilizada mesmo diante de suas vantagens sendo muitas vezes restrita ao uso em ambiente protegido. Com o avanço das pesquisas no desenvolvimento de técnicas visando diminuir os custos de implantação desse sistema muitos produtores de hortaliças vêm aos poucos adotando a fertirrigação como parte obrigatória dos sistemas de cultivo do tomate (Luiz et al., 2015).

Com a possibilidade do parcelamento da adubação com a adoção da fertirrigação no tomateiro Trani et al., 2015 recomenda em função do ciclo, as quantidades de nutrientes conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Fertirrigação em quantidade de macronutrientes, para o tomateiro cultivado em campo nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura.

Período (DAT)	Quantidade de nutrientes por período em gramas para cada 1000 plantas					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
14 a 20	434,5	1.200,00	708,48	114	36,26	154,38
21 a 27	608,5	1.200,00	1.278,48	228	72,26	308,38
28 a 34	1.033,50	1.200,00	2.128,48	418	144,26	395,38
35 a 41	1.147,50	1.200,00	2.353,48	475	162,26	421,38
42 a 48	1.255,00	1.200,00	2.531,96	855	198,52	762,77
49 a 55	1.394,50	1.200,00	2.531,96	1.026,00	234,52	814,77
56 a 62	1.431,00	1.200,00	2.606,96	988	288,52	841,77
63 a 69	1.463,00	1.080,00	2.786,96	988	306,52	867,77
70 a 76	1.582,00	1.080,00	3.096,96	836	306,52	697,77
77 a 83	1.489,00	1.080,00	2.896,96	722	288,52	603,77
84 a 90	1.310,50	960	2.528,48	646	270,26	560,38
91 a 97	1.122,50	840	2.328,48	608	234,26	593,38
98 a 104	1.072,00	600	2.073,48	418	198,26	286,38
105 a 111	843	300	1.803,48	304	180,26	260,38
112 a 118	843	300	1.803,48	304	180,26	260,38
Total	17.029,50	14.640,00	33.458,08	8.930,00	3.101,46	7.829,04

Fonte: Trani et al., 2015.

Com base nestes valores a recomendação em gramas por planta para o tomateiro é; 17,0 g de N; 14,6 g de P₂O₅; 33,5 g de K₂O; 8,9 g de Ca; 3,1 g de Mg e 7,8 g de S. Ricardo & Andrade (2017) avaliando diferentes variedades de tomate sob diferentes doses de nutrientes em fertirrigação utilizando como base 4,4 g planta⁻¹ de N e 10 g planta⁻¹ de K₂O, verificou que com relação a produtividade, a variedade escolhida tem maior importância do que os valores referentes a adubação mineral, visto que algumas variedades são mais eficientes no uso dos nutrientes que outras, esta característica deve ser considerada no momento da adoção do plano de fertirrigação.

O manejo da água também é um fator importante na cultura do tomate, já que este é sensível ao estresse hídrico devendo-se adotar técnicas que visem o suprimento adequado de água evitando o excesso que é tão prejudicial quanto a falta. Segundo Marouelli e Silva (2006), as hortaliças são culturas bastante susceptíveis às deficiências hídricas, principalmente às grandes variações do nível de água no solo, resultando num crescimento reduzido e desuniforme dos frutos. O tomateiro é exigente quanto à umidade no solo, que deve ser suficiente para o fornecimento de água para a cultura, solubilizar os nutrientes e manter-se constante durante todo o ciclo. Grandes variações de disponibilidade de água podem ocasionar distúrbios fisiológicos como rachadura nos frutos (Srinivasa, et al., 2001) e podridão apical (Tabatabaie, et al., 2004).

O ciclo do tomateiro pode ser dividido em três fases distintas, a primeira fase tem duração de quatro a cinco semanas aproximadamente, vai do transplante das mudas até o início do florescimento; a segunda fase tem duração de cinco a seis semanas, iniciando-se por ocasião do florescimento e terminando no início da colheita dos frutos; a terceira fase vai do início ao final da colheita (Alvarenga, 2004). Destacando-se que a duração de cada estágio do desenvolvimento depende principalmente da cultivar e das condições climáticas do local de cultivo.

A duração do ciclo do tomateiro, desde o transplante de mudas até a colheita, varia de 95 a 125 dias (Marouelli et al., 2012). Alvarenga (2000), menciona que a demanda máxima de água pelo tomateiro ocorre durante a floração e no crescimento dos frutos, entretanto, a irrigação excessiva durante o período de floração, pode provocar aumento no abortamento de flores e redução no pegamento de frutos, o que pode ocasionar, também, crescimento vegetativo excessivo, atraso na maturação e maior ocorrência de doenças.

Todos estes fatores relacionados a demanda hídrica do tomateiro também podem influenciar na qualidade dos frutos tanto no excesso quanto na falta reduzindo os teores de vitamina C e também palatabilidade dos frutos (relação Brix/ATT) conforme se aprofunda a oferta excessiva de água no limiar acima de 100% da reposição da evapotranspiração da cultura (Almeida et al., 2013).

2.4. Efeitos da salinidade em plantas de interesse econômico

A salinidade é um importante estresse abiótico que limita o crescimento e a produtividade de plantas em várias regiões do mundo devido ao aumento do uso de água de baixa qualidade na irrigação e na salinização do solo. A adaptação ou tolerância da planta ao estresse salino envolve características fisiológicas complexas, vias metabólicas e redes moleculares ou genéticas.

A salinidade do solo e da água representa um grande desafio para a agricultura moderna em regiões áridas (Tanji, 1990; Ben-Gal et al., 2006). Os esforços das pesquisas têm se direcionado principalmente a verificar os efeitos da salinidade no crescimento e rendimento das culturas (Kahlaoui et al., 2011; De Pascale et al., 2012).

Plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) submetidas a altas concentrações de sais em sua zona radicular produzem menos biomassa (Magán et al., 2008). Além disso, a produção total de frutos é prejudicada resultando num menor peso médio dos frutos, aparentemente devido à redução da expansão celular durante o desenvolvimento

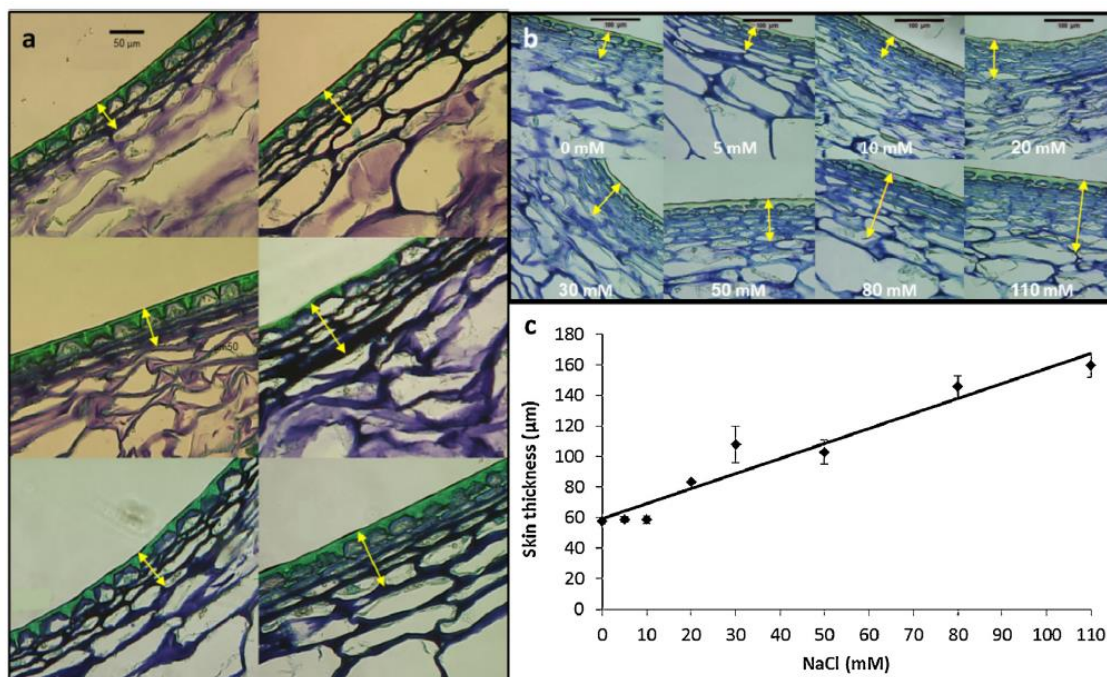
dos frutos (Belda & Ho, 1993). A redução na produção e no tamanho dos frutos é acompanhada pelo aumento das concentrações de açúcar e ácidos na fruta (Cuartero & Fernández-Muñoz, 1999), melhorando a qualidade e conseqüentemente o sabor da fruta.

Salinidade causada por NaCl na água de irrigação induz o aumento da resistência mecânica da hipoderme e seu espessamento nos frutos evitando fissuras na casca do tomateiro como mostra a Figura 1. Em situações em que se pode controlar a indução do estresse salino em plantas de tomate é possível obter os benefícios anteriormente citados com influências mínimas no rendimento da cultura, obviamente, esses resultados podem diferir entre uma variedade e outra (Ruiz et al., 2015).

As propriedades texturais e histológicas dos frutos também são afetadas pela salinidade, no entanto, esse fator não age isoladamente; em tomate cultivado em perlita sob alta salinidade (CE até 8,6 dS m⁻¹) a firmeza do fruto foi reduzida, enquanto a espessura da cutícula foi aumentada (Leonardi et al., 2004). Outros autores não encontraram nenhum efeito (Krauss et al., 2006) ou aumento (Flores et al., 2003) na firmeza dos frutos quando as plantas foram cultivadas hidroponicamente sob salinidade de até 10 dS m⁻¹.

A salinidade do solo é conhecida por reprimir o crescimento das plantas na forma de estresse osmótico, que é então seguido por toxicidade iônica (James et al., 2011; Rahnama et al., 2010). Durante as fases iniciais do estresse de salinidade, a capacidade de absorção de água dos sistemas radiculares diminui e a perda de água das folhas é acelerada devido ao estresse osmótico de alto acúmulo de sais no solo e na planta, portanto, o estresse salino também é considerado como estresse hiperosmótico (Munns, 2005).

O estresse osmótico em plantas nas fases iniciais do estresse salino provoca diversas alterações fisiológicas, como o rompimento das membranas, o desequilíbrio nutricional, prejudica a capacidade de desintoxicação das células as espécies reativas de oxigênio, diferenças nas concentrações de enzimas antioxidantes e diminuição da atividade fotossintética além da diminuição da abertura estomática (Munns, 2005; Rahnama et al., 2010).



Fonte: Ruiz et al., 2015.

Figura 1. Alterações microscópicas na hipoderme do tomate cereja em correlação com o estresse salino. (a) entre cultivares de tomate cereja e (b) mesma cultivar de tomate sob níveis crescentes de salinidade. Os números representam a concentração de NaCl da água de irrigação. Os lipídios da cutícula estão manchados de verde, enquanto o restante do tecido está manchado de azul. A epiderme, marcada por uma seta de duas pontas, é mais espessa sob o estresse salino. (c) A espessura da pele do tomate em tamanho natural é linearmente correlacionada com o nível de salinidade.

O estresse salino também diminui a taxa fotossintética, reduzindo suprimento de CO₂ à medida que os estômatos se fecham, também promove a redução da permeabilidade da membrana celular ao CO₂, aumenta a senescência e provoca mudanças na atividade enzimática (Kafi & Rahimi, 2011). A primeira resposta ao estresse salino é uma redução na taxa de expansão da superfície foliar, seguida pela depressão da fotossíntese. Não está claro se a diminuição das taxas fotossintéticas é responsável pelo retardo no crescimento através do feedback negativo nas atividades metabólicas e consequente diminuição da taxa fotossintética (Heuer, 2005).

Um dos efeitos mais prejudiciais do estresse salino é o acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ nos tecidos de plantas expostas a solos com altas concentrações de NaCl. A entrada de Na⁺ e Cl⁻ nas células causa desequilíbrio severo de íons e o excesso de captação pode causar distúrbios fisiológicos significativos. A alta concentração de Na⁺ inibe a captação de íons K⁺, que é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento resultando em menor produtividade e pode até levar à morte da planta (James et al., 2011).

Em resposta ao estresse salino, a produção de espécies reativas de oxigênio, como oxigênio singlete, superóxido, radical hidroxila e peróxido de hidrogênio, é melhorada (Apeland & Hirt, 2004; Ahmad & Umar, 2011). A formação de espécies reativas de oxigênio induzidas por salinidade pode levar a danos oxidativos em vários componentes celulares, como proteínas, lipídios e DNA, interrompendo as funções celulares vitais das plantas.

A salinidade máxima no extrato de saturação do solo tolerada pelo tomateiro é de 2,5 dS m⁻¹ (Maas & Hoffman, 1977). Porém, cada espécie, e mesmo entre as cultivares, tem tolerância variável à salinidade (Gorham, 1995). Segundo Cuartero & Muñoz (1999), dentro do limiar de condutividade elétrica da solução tolerado pelo tomateiro, a redução no rendimento deve-se, principalmente, à redução no peso médio de frutos, enquanto que em condições de alta condutividade elétrica da solução, a redução na produtividade é resultado do menor número de frutos por planta; o número de cachos por planta diminui apenas quando a água de irrigação apresenta elevada concentração de sais solúveis e sob longos períodos de exposição aos mesmos, sendo esta uma característica pouco sensível à salinidade. Além disso, a salinidade aumenta, dependendo da cultivar, a incidência de podridão apical (Martinez et al., 1987), tornando os frutos inutilizáveis tanto para o consumo quanto para a indústria.

2.5. Uso do silício como agente mitigador do estresse biótico e abiótico

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na litosfera. Os solos comumente contêm até 30% de Si, a maioria dos quais é encontrada em minerais e rochas. Nas plantas, o elemento Si é reconhecido como um nutriente mineral quase essencial (Bakhat, 2018). É absorvido pelas raízes das plantas e transposto para partes aéreas através de correntes transpiratórias. Naturalmente, seu acúmulo nas partes aéreas aumenta sua polimerização nos espaços intercelulares e, abaixo das cutículas, cria uma barreira contra o ataque de patógenos.

Além disso, o Si solúvel no citosol desencadeia várias vias metabólicas que resultam na produção de ácido jasmônico e outros compostos orgânicos que são atrativos para herbívoros. A combinação desses processos físicos e bioquímicos mediados por Si aumenta as defesas das plantas contra estresses bióticos (insetos, fungos e bactérias). Além disso, o Si solúvel no sistema vegetal atrai predadores e parasitóides naturais durante o ataque de pragas e, conseqüentemente, aumenta o controle biológico.

Embora um grande conjunto de dados mostre que o Si fornece defesa natural contra o ataque de pragas, a aplicação do Si como agente de controle de pragas não ganhou muita atenção dos cientistas, decisores políticos e comunidades agrícolas. Aqui, o conhecimento atual sobre a defesa da planta mediada pelo Si ao ataque de pragas é revisado. A aplicação de Si tende a reduzir as infestações de pragas e pode fornecer uma estratégia amigavelmente sustentável e favorável ao meio ambiente como uma alternativa ao uso intensivo de pesticidas.

As plantas contêm uma quantidade significativa de Si em seus tecidos. A concentração de Si é, em grande parte, semelhante à dos macronutrientes assimilados. A concentração de Si varia de 0,1 a 10% em peso seco em diferentes espécies de plantas (Epstein, 1999). Plantas que possuem níveis de Si em suas folhas superiores a 1,5% de sua biomassa seca são conhecidas como acumuladoras de Si, e as plantas que têm níveis abaixo de 0,5% são conhecidas como não-acumuladoras (Marafon & Endres, 2013). Um exemplo de classificação quanto a acumulação de silício é descrito na Tabela 2. Nas plantas, as diferenças na absorção de Si dependem da capacidade de absorção de Si e, subsequentemente, da carga comportada pelo sistema de absorção e translocação composto pelo xilema e pela raiz (Ma et al., 2001a, b).

A membrana plasmática das células da raiz pode fornecer uma via para a forma monomérica não carregada do H_4SiO_4 absorvido via difusão; no entanto, o coeficiente de permeabilidade de $10^{-10} \text{ m s}^{-1}$ no transporte de íons através da membrana (Raven, 2001) não explica o conteúdo de Si medido nos tecidos vegetais em diversos estudos, especialmente os relacionados a família Poaceae (Tamai & Ma, 2003). Mitani & Ma (2005) afirmaram que a absorção e o transporte do Si do ambiente de crescimento para o xilema envolvem tanto o transporte passivo quanto o ativo. Este mesmo resultado também foi confirmado quando plantas foram expostas a inibidores metabólicos, como o cianeto de potássio (Nikolic et al., 2007; Mitani & Ma, 2005; Tamai & Ma, 2003) ou baixa temperatura.

Com relação aos benefícios do silício para a agricultura, foi comprovado que o Si aumenta a tolerância contra pragas de insetos, como cigarrinha marrom, broca do tronco, cigarrinha verde, cigarrinha de dorso branco e pragas que não são insetos, como os ácaros (Debona et al., 2017; Ma & Takahashi, 2002). Uma redução significativa na formação de lesões por *Magnaporthe grisea* foi relatada em folhas de plantas rústicas com alto acúmulo de Si se comparado ao seu respectivo mutante com baixo acúmulo de silício (Nakata et al., 2008).

O silício aumenta a tolerância da planta contra danos causados por insetos através de meios físicos e bioquímicos. A deposição de Si como fitólitos nas folhas aumenta a resistência mecânica dos tecidos e acaba por enfraquecer o aparelho bucal do inseto que se alimenta da mesma, diminuindo também sua digestibilidade. Além disso, o Si pode reduzir a digestibilidade através da restrição do acesso ao nitrogênio e carboidratos durante a digestão (dos Santos et al., 2015; Hunt et al., 2008; Smith et al., 1971; Van Soest & Jones, 1968).

Tabela 2. Classificação de diferentes espécies vegetais de acordo com a acumulação de Si.

Acumuladoras > 1,5% Si	Intermediárias 1,5 – 0,5% Si	Não acumuladoras < 0,5% de Si
Arroz	Abóboras	Tomate
Samambaias	Pepino	Amor perfeito
Trigo	Nova Guiné Impatiens	Snapdragon
Espinafre	Marigold	Gerânio
Musgos	Crisântemos	Girassol
Cana de açúcar	Soja	Gerbera
Coníferas	Zinnia	Petúnia
Cavalinha (Equisetum)	Rosa	Begônia
Lentilhas	Abóbora	Uvas

Fonte: Bakhat et al., 2018.

A aplicação exógena de Si tem mostrado promover o crescimento da maioria das espécies de plantas sob condições normais de crescimento e estresse; esses efeitos dependem da concentração de Si e das espécies de plantas (Parveen & Ashraf, 2010). Quanto aos efeitos negativos da salinidade, o silício demonstrou melhorar os efeitos adversos da salinidade em plantas sob condições salinas, a aplicação de Si melhorou o rendimento atuando no status da água da planta, nas mudanças na ultraestrutura das organelas foliares, ativação dos sistemas de defesa da planta e mitigação de íons específicos (Parveen & Ashraf, 2010).

O silício melhorou a atividade fotossintética e a ultraestrutura das células foliares da cevada (Liang, 1998), e aumentou o crescimento das plantas em altos níveis de salinidade (Liang et al., 1996). Sua suplementação exógena tem mostrado ser benéfica as plantas de diferentes espécies mesmos as não acumuladoras, promovendo o crescimento mesmo sob condições de estresse abiótico.

Considerando as premissas expostas, foram objetivos deste trabalho:

- Estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade inicial do substrato, causados por excesso de fertilizantes no momento do transplante, sobre as variáveis fenológicas, produção e qualidade do mini tomate (quantitativa e qualitativa) cultivado em ambiente protegido;

- Avaliar o uso do silício como agente mitigador dos efeitos fitotóxicos da salinidade inicial do substrato e seus efeitos sobre as variáveis fenológicas, de produção e qualidade do mini tomate.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, C. **Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para cultivo de mini tomate em substrato**. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.
- AHMAD, P.; UMAR, S. **Oxidative Stress: Role of Antioxidants in Plants**, Studium Press, New Delhi: India, 2011.
- ALMEIDA, L.; ERIC, M.; BRITO, B.; CRISTINA, E.; VANIES, F. Componentes de produção do tomateiro sob lâminas de irrigação nas fases fenológicas. **Revista Verde**, v. 8, p. 84–90, 2013.
- ALVARENGA, M. A. R. **Cultura do tomateiro**. Lavras: UFLA, 2000. 91p.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- APELAND, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373–399, 2004.
- BAKHAT, H. F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; FAHAD, S.; RIZWAN, M.; MUSTAFA, G.; RABBANI, F. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. **Crop Protection**. v. 104, n.1, p. 21–34, 2018.
- BELDA, R. M.; HO, L. C. Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. **Journal Horticultural Science**. v.68, n.1, p. 557–564, 1993.
- BEN-GAL, A.; TAL, A.; TEL-ZUR, N. The sustainability of arid agriculture: trends and challenges. **Annals of Arid Zone**. v.45, n. 1 p. 227-258, 2006.
- BERGOUGNOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 1, p. 170–189, 2014.
- CARON V. C.; TESSMER M. A.; MELLO S. C.; JACOMINO A. P. 2013. Quality of mini tomatoes harvested at two maturity stages and kept chilled in three packages. **Horticultura Brasileira**. v. 31, n. 2, p. 279-286, 2013.
- CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R.; ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- CUARTERO, J.; MUÑOZ, R. F. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, n.1/4, p. 83-125, 1999.
- CUNHA, A. H. N.; SANDRI, D.; VIEIRA, J. A.; CORTEZ, T. B.; OLIVEIRA, T. H. Sweet grape mini tomato grown in culture substrates and effluent with nutrient complementation. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 707–715, 2014.
- DE PASCALE, S.; ORSINI, F.; CAPUTO, R.; PALERMO, M.A.; BARBIERI, G.; MAGGIO, A. Seasonal and multiannual effects of salinisation on tomato yield and fruit quality. **Functional Plant Biology**. v.39, n.1, p. 689–698, 2012.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. **Annual Review Phytopathology**. v. 55, p. 85-107, 2017.

DOS SANTOS, M., JUNQUEIRA, A.R., DE SÁ, V.M., ZANÚNCIO, J., SERRÃO, J., 2015. Effect of silicon on the morphology of the midgut and mandible of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae. **ISJ**, v. 12, n. 1, p. 158–165, 2015.

DOWLER, C. C. Herbicides and irrigation technology, present and future. In: National Symposium On Chemigation, 3, Tifton. Proceeding. **Tifton: Rural Development Center**, p. 58-68. 1985.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceeding of the National Academy of Science U. S. A.** v. 91, p. 11–17, 1994.

FAO. FAOSTAT. **Database results**. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 01 set. 2018.

FELTRIM, D. M.; POTT, C. A.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. R. L. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.4, p. 17-24, 2005.

FLORES, P.; NAVARRO, J. M.; CARVAJAL, M.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. **Agronomie**, v.23, p. 249–256, 2003.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantina**, v.22, p. 693-714, 1963.

GORHAM, J. Sodium content of agricultural crops. In: PHILLIPS, C. J. C.; CHIY, P.C. (Ed.) Sodium in agriculture. **Canterbury: Chalcombe Publications**, 1995. cap.2, p.17-32.

GOUIAA, S.; KHOUDI, H. Co-expression of vacuolar Na⁺/H⁺ antiporter and H⁺ pyrophosphatase with an IRES-mediated dicistronic vector improves salinity tolerance and enhances potassium biofortification of tomato. **Phytochemistry**, v. 117, p. 537–546, 2015.

HEUER, B. **Photosynthetic carbon metabolism of crops under salt stress**. In: **Handbook of Photosynthesis**. (2nd Edition) Taylor and Francis Group, LLC. U.S. 2005.

HUNT, J. W., DEAN, A. P., WEBSTER, R. E., JOHNSON, G. N., ENNOS, A. R. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. **Annals of Botany**, v.102, n. 1, p. 653–656, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>.

JAMES, R. A.; BLAKE, C.; BYRT, C. S.; MUNNS, R. Major genes for Na⁺ exclusion, Nax1 and Nax2 (wheat HKT1; 4 and HKT1;5), decrease Na⁺ accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 8, p. 2939–2947, 2011.

- KAFI, M., RAHIMI, Z. Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). **Soil Science and Plant Nutrition**, v.57, n. 1, p.341–347, 2011.
- KAHLAOUI, B.; HACHICHA, M.; REJEB, S.; REJEB, M.N.; HANCHI, B.; MISLE, E. Effects of saline water on tomato under subsurface drip irrigation: nutritional and foliar aspects. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. v. 11, p. 69–86, 2011.
- 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**. 54, 441–448, 2006.
- LEONARDI, C.; MARTORANA, M.; GIUFFRIDA, F.; FOGLIANO, V.; PERNICE, R. Tomato fruit quality in relation to the content of sodium chloride in the nutrient solution. **Acta Horticulturae**. v. 659. p.769-774, 2004.
- LIANG, Y.C. Effects of Si on leaf ultrastructure, chlorophyll content and photo-synthetic activity in barley under salt stress. **Pedosphere** v. 8 (4), p. 289–296, 1998.
- LIANG, Y.C., SHEN, Q.R., SHEN, Z.G., MA, T.S. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**. 19, 173–183, 1996.
- LUIZ, L.; ROSESTOLATO, R.; SABBAG, O. J. Viabilidade econômica no cultivo de mini tomate Sweet Grape no município de Casa Branca/SP. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 1932–1942, 2015.
- LUPINI, A., POLSIA, M., ARANITI, F., MILLER, A.J., SUNSERI, F., ROSA, M. Physiological and molecular responses in tomato under different forms of N nutrition. **Journal of Plant Physiology**, v. 216, p. 17–25, 2017.
- MA, J. F., GOTO, S., TAMAI, K., ICHII, M. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**. v. 127, p. 1773–1780, 2001a.
- MA, J. F., GOTO, S., TAMAI, K., ICHII, M., 2001a. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**, v.127, n. 1, p. 1773–1780.
- MA, J. F., MIYAKE, Y., TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Eds.), *Silicon in Agriculture*. **Elsevier Science**, v. 1, n. 1, pg. 17–39, 2001.
- MA, J.F., TAKAHASHI, E. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. *Soil, Fertil. Plant Silicon Res. Jpn.* p.107–180, 2002.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.103, p.115-134, 1977.
- MAGÁN, J. J.; GALLARDO, THOMPSON, M.; LORENZO, R. B. P. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. **Agricultural Water Management**. v. 95, p. 1041–1055, 2008.

- MARAFON, A. C.; ENDRES, L. Silicon: fertilization and nutrition in higher plants. *Amer-Eurasian J. Agri-Environmental Science*. v. 56, p. 380–388, 2013.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 24 p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, v.24, p. 342-346, 2006.
- MARTINEZ, V.; CERDA, A.; FERNANDEZ, F.G. Salt tolerance of four tomato hybrids. **Plant and Soil**, v.97, n.2, p.233-242, 1987.
- MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. **Journal of Experimental Botany**. v.56 (414), p. 255–1261, 2005.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together, **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645–663, 2005.
- NAKATA, Y.; UENO, M.; KIHARA, J.; ICHII, M.; TAKETA, S.; ARASE, S. Rice blast disease and susceptibility to pests in a silicon uptake-deficient mutant *lsi1* of rice. **Crop Protection**. v. 27, p. 865–868, 2008.
- NAVARRO, J. M.; GARRIDO, C.; MARTINEZ, V.; CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. **Plant Growth Regulation**, v.41, p.237-245, 2003.
- NIKOLIC, M.; NIKOLIC, N.; LIANG, Y.; KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. Germanium-68 as an adequate tracer for silicon transport in plants. Characterization of silicon uptake in different crop species. **Plant Physiology**. v.143 (1), p. 495–503, 2007.
- PAGLIUCA, L. G.; DELEO, J. P. B.; BOTEON, M.; MULLER, S.; VALMORBIDA, J. Análise da economicidade da produção de tomate de mesa em diferentes escalas de produção na região de Caçador / SC. **Custos e Agronegócio**, v. 13, p. 227–243, 2017.
- PARVEEN, N.; ASHRAF, M. Role of silicon in mitigating the adverse effects of salt stress on growth and photosynthetic attributes of two maize (*Zea Mays* L.) cultivars grown hydroponically. **Pakistan Journal Botany**. v.42 (3), p. 1675–1684, 2010.
- PRADO, R. M.; SANTOS, V. H. G.; GONDIM, A. R. O.; ALVES, A. U.; FILHO, A. B. C.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 19–30, 2011.
- RAHNAMA, A.; JAMES, R. A.; POUSTINI, K.; MUNNS. R. Stomatal conductance as a screen for osmotic stress tolerance in durum wheat growing in saline soil. **Functional Plant Biology**, vol. 37, no. 3, p. 255–263, 2010.
- RAVEN, J. A. Silicon transport at the cell and tissue level. In: DATNOFF, L. E.; SYNDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Eds.), **Silicon in Agriculture**. Elsevier, Amsterdam, p. 41–51, 2001.

- RICARDO, A.; ANDRADE, S. Fertirrigação no cultivo de quatro cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*) irrigado por gotejamento. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 10, p. 7–21, 2017.
- 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, n. 1 p.244–249, 2015.
- SILVA, J. A.; DUTRA, A. F.; CAVALCANTI, N. M. S.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; SULVA, J. M. Aspectos agronômicos do tomateiro “Caline Ipa 6” cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 336-344, 2014.
- SILVA, J. M.; FERREIRA, R. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 40-46, 2013.
- SILVEIRA, F. J.; NETO, R. T.; BANCI, C. A.; DE OLIVEIR, A. J. Estudo da viabilidade técnica do cultivo de tomate de mesa em substrato de fibra de coco sob estufa. UPIS – Faculdades Integradas Departamento de Agronomia. Planaltina – DF, **Boletim**, p. 1-50. 2008.
- SMITH, G., NELSON, A., BOGGINO, E. J. Digestibility of forages as affected by content of “silica”. **Journal Animal Science**, v. 33, n. 1, p. 466–471, 1971.
- SRINIVASA R. N. K.; BHATT, R. M.; SADASHIVA, A. T. Tolerance to water stress in tomato cultivars. **Photosynthetica**, v.38, n.3, p.465-467, 2001.
- TABATABAIE, S. J.; GREGORY, P. J.; HADLEY, P. Uneven distribution of nutrients in the root zone affects the incidence of blossom end rot and concentration of calcium and potassium in fruits of tomato. **Plant and Soil**, v. 258, n. 2, p. 169-178, 2004.
- TAKAHASHI, E.; MA, J. F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. **Agricultural and Food Chemistry**. v.22, p. 99–102, 1990.
- TAMAI, K., MA, J.F. Characterization of silicon uptake by rice roots. **New Phytologist**. v. 158, p. 431–436, 2003.
- TANJI, K. K. Nature and extent of agricultural salinity, in: agricultural salinity assessment and management. **Am. Soc. Civil Eng. Irrig. Drain. Div.**, Washington, D. C., p.1–17, 1990.
- TRANI, P. E.; KARIYA, E. A.; HANAI, S.M.; ANBO, R. H.; BASSETO JÚNIOR, O. B.; PURQUERIO, L. F. V.; TRANI, A.L. Calagem e adubação do tomate de mesa **Campinas: Instituto Agrônomo**, 2015. 35 p. online. (Série Tecnologia Apta. Boletim Técnico IAC, 215).
- VAN SOEST, P. J., JONES, L. H. P. Effect of silica in forages upon digestibility. **Journal Dairy Science**, v. 51, n. 1, p. 1644–1648, 1968.

WOODWARD, G. D. Sprinkler irrigation. **New York: Sprinkler Irrigation Association.** 377p. 1959.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MINI TOMATE SOB SALINIDADE EM FUNÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO COM SILÍCIO

RESUMO

SILVA, Aldelan Arnaldo. **Crescimento e produtividade de mini tomate sob salinidade em função da suplementação com silício**. 2018. Cap. 2. p. 19-39. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

Os resíduos de sais fertilizantes no substrato para cultivo de hortaliças em ambiente protegido podem muitas vezes vir a ser um problema pois devido ao seu elevado custo, muitos produtores optam por sua reutilização principalmente em culturas de alto valor agregado como o mini tomate do tipo “grape”. Objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos diferentes níveis iniciais da salinidade na solução do substrato no momento do transplântio juntamente com o uso de silício em fertirrigação nos parâmetros produtivos e na qualidade dos frutos. Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Professora Cinobelina Elvas – CPCE. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 6 x 2, com 4 blocos, sendo o primeiro fator seis níveis iniciais de salinidade ($CE_s1=0,840$; $CE_s2=1,864$; $CE_s3=2,879$; $CE_s4=3,894$; $CE_s5=4,908$; $CE_s6=5,923$ $dS\ m^{-1}$) e o segundo fator dois tipos de manejo (M1 = fertirrigação sem silício; M2 = fertirrigação com adição de silício). Analisou-se a biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz, além do número de frutos, peso total de frutos e os fatores relacionados a qualidade dos frutos. Com base nos resultados, a aplicação de silício em fertirrigação aumentou a biomassa da raiz não tendo o manejo influenciado na maior parte dos parâmetros relacionados a qualidade de frutos.

Palavras-Chave: *Solanum lycopersicum*, Sweet Grape, sais fertilizantes, número de frutos, biomassa.

¹Orientador: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

GROWTH AND PRODUCTIVITY OF MINI TOMATO UNDER SALINITY IN THE FUNCTION OF SILICON SUPPLEMENTATION

ABSTRACT

SILVA, Aldelan Arnaldo. **Growth and productivity of mini tomato under salinity due to silicon supplementation.** 2018. Chap. 2. p. 19-39. Dissertation (Master in Soils and Plant Nutrition) - Federal University of Piauí, PI¹.

Residues of fertilizer salts in the substrate for cultivating vegetables in a protected environment can often be a problem because, due to their high cost, many producers opt for their reuse mainly in cultures of high added value such as mini tomato of the type "Grape". The objective of this work was to evaluate the effects of different initial levels of salinity on the solution of the substrate at the time of transplanting together with the use of silicon in fertirrigation in the productive parameters and fruit quality. This experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Piauí - UFPI, Teacher Cinobelina Elvas Campus - CPCE. The experiment was carried out in a randomized block design in a 6 x 2 factorial scheme with four blocks, the first factor being six initial levels of salinity ($CE_s1=0,840$; $CE_s2=1,864$; $CE_s3=2,879$; $CE_s4=3,894$; $CE_s5=4,908$; $CE_s6=5,923$ $dS\ m^{-1}$) and the second factor two types of management (M1 = fertirrigation without silicon, M2 = fertirrigation with addition of silicon). Fresh and dry biomass of shoot and root, as well as number of fruits, total weight of fruits and factors related to fruit quality were analyzed. Based on the results, the application of silicon in fertirrigation increased the biomass of the root, not having the management influenced in most of the parameters related to fruit quality.

Key words: *Solanum lycopersicum*, Sweet Grape, fertilizing salts, number of fruits, biomass.

¹Adviser: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill.), no que se refere aos aspectos produtivos, é uma das olerícolas de maior destaque para produção agrícola. Além de ser uma das principais fontes de licopeno (Cerqueira et al., 2015), um potente antioxidante, responsável pela prevenção de doenças crônicas, inclusive o câncer. Esses fatores aliados a grande aceitabilidade do tomate no mercado tanto para consumo *in natura* quanto para processamento industrial (extratos, molhos, Katchups e etc), evidenciam a importância econômica dessa cultura sobretudo para regiões produtoras (Ricardo & Andrade, 2017).

O Sudeste ocupa a posição de destaque dentre as regiões produtoras de tomate em produção e em produtividade, sendo o estado de São Paulo o maior produtor com uma área de aproximadamente 12 mil há e com uma produtividade média de 72.000 kg ha⁻¹. Em contrapartida, o Estado do Piauí possui uma área plantada desta olerícula de aproximadamente 141 ha e produtividade média de 22.000 kg ha⁻¹ (IBGE, 2018) números muito abaixo da média nacional, que pode ser resultado do baixo investimento em tecnologias ocasionando baixa produtividade do tomateiro nesta região.

Uma das possíveis soluções, visando o incremento de produtividade na cultura do tomate, é a adoção de técnicas que visem a máxima eficiência na absorção de água e nutrientes como a fertirrigação, Porém, o uso contínuo dessa técnica pode ocasionar problemas fisiológicos, oriundos das altas concentrações de sais, caso a fertirrigação seja adotada sem o controle da condutividade elétrica da solução do solo, podendo causar perdas de produtividade de até 38% (Silva et al., 2013; Marouelli et al., 2015).

Alguns estudos têm mostrado a importância do uso do silício na agricultura moderna e seus efeitos nas mais diversas culturas indo desde a mitigação de efeitos fitotóxicos da salinidade do solo ao ataque de pragas de interesse econômico (Santos et al., 2014; Camargo et al., 2010; Carvalho Junior et al., 2014), mas seus efeitos fisiológicos ainda são pouco conhecidos, além da distribuição deste elemento nos tecidos vegetais (Carvalho Junior et al., 2014).

O mini tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é em sua grande maioria cultivado em ambiente protegido de forma a ter o máximo controle sobre os fatores que interferem em sua produção, principalmente o ataque de pragas, proporcionando produtos de melhor qualidade com preços competitivos, mas devido ao reuso de substrato ou adubações excessivas, esse pode vir a sofrer perdas devido ao acúmulo de sais no solo (Santos et al., 2016).

Em um estudo sobre os efeitos da aplicação de silicato de cálcio em *Cicer arietinum* L. sob estresse salino, causado por excesso de NaCl, Garg & Bhandari (2016) observaram que a presença do silício em solução melhora a seletividade da membrana celular na relação de absorção $K^+ : Na^+$ deslocando a taxa de absorção em favor do K^+ ao custo de Na^+ . As baixas relações $K^+ : Na^+$ em plantas sob estresse prejudicam seu crescimento e nessas situações o silício melhora os mecanismos envolvidos na absorção de nutrientes (Qadir et al., 2017).

Sendo assim é de fundamental importância o estudo dos fatores que possam ocasionar perdas de produtividade do tomateiro em ambiente protegido e o uso do silício como agente mitigador dos efeitos das altas concentrações de sais no substrato de cultivo, visando sempre o melhor retorno econômico para o produtor e também proporcionando produtos mais nutritivos para a população em geral.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis iniciais de salinidade do solo causadas por fertilizantes, associados ao uso do silicato de potássio em fertirrigação no cultivo do mini tomate e seus efeitos sobre os parâmetros produtivos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal do Piauí - Campus Professora Cinobelina Elvas em Bom Jesus/PI no período de fevereiro a maio de 2018 nas coordenadas geográficas 09°05'32" Sul de latitude e 44°20'32" Leste de longitude, a região apresenta uma altitude de 277 m e temperatura média de 27,7 °C (Medeiros et al., 2016). Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima é semiúmido e quente do tipo Aw. Comumente, a temperatura durante o dia atinge picos de 44,70 °C nos meses mais quentes do ano (INMET, 2018).

Fonte: Google Earth.



Figura 1. Localização da área experimental.

A área experimental consistiu de um estufa agrícola de 36 m² (Figura 4) com 4 m de largura e 9 m de comprimento (4 x 9), coberto na parte superior por filme plástico transparente de 150 micras de espessura com 34% de sombreamento (Figura 2), de forma a não comprometer a qualidade da iluminação que chega ao interior do telado. Nas laterais foram utilizadas telas de sombrite® branco 30% servindo como barreira contra a entrada de insetos praga.

Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores: seis níveis de salinidade do substrato, utilizando-se a solução proposta por Furlani et al. (1999) (Tabela 1), sendo respectivamente CE_{s1} = 0,840; CE_{s2} = 1,864; CE_{s3} = 2,879; CE_{s4} = 3,894; CE_{s5} = 4,908; CE_{s6} = 5,923 dS m⁻¹ e dois manejos da fertirrigação (M1 – adubos aplicados via fertirrigação seguindo a marcha de absorção de nutrientes pela cultura sem a adição de silicato de potássio e M2 – fertirrigação com a aplicação do silicato de potássio juntamente com a água de irrigação).

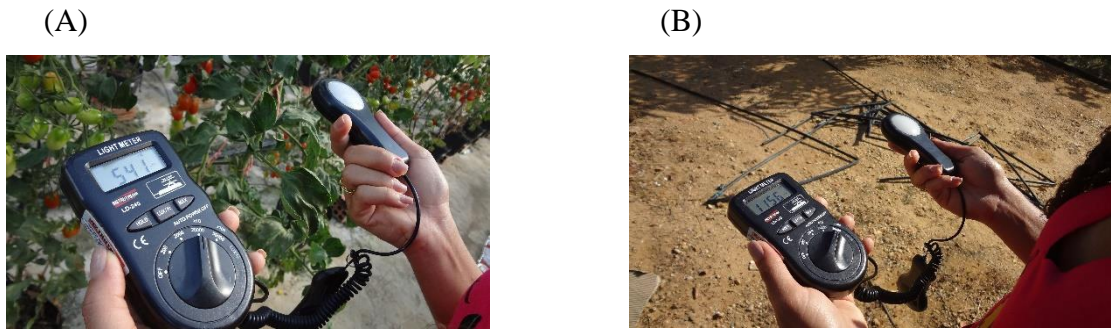


Figura 2. Uso do luxímetro para determinação do percentual de perda de luz solar com medições dentro (A) e fora (B) do telado.

As mudas de mini tomate (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) foram produzidas em bandejas de isopor com 128 células preenchidas com substrato comercial enriquecido com uma solução nutritiva de $1,02 \text{ dS m}^{-1}$ com base nos valores propostos por Furlani et al. (1999). A cultivar utilizada foi a Sweet Heaven, tipo “grape” conhecida popularmente como “Sweet Grape” muito cultivada em ambiente protegido, as mudas foram transplantadas aos 25 dias após a germinação sendo uma planta por vaso. Cada vaso apresentava volume útil de aproximadamente 8L, sendo 1L preenchido com brita nº 1 e o restante do volume com substrato comercial BIOMIX[®], composto por farelos, resíduos florestais e agroindustriais de origem controlada e cama de cavalo, sendo separado da brita por uma malha fina permeável de polietileno (Figura 3). O espaçamento utilizado foi 0,60 m entre plantas e 1,20 m entre linhas.

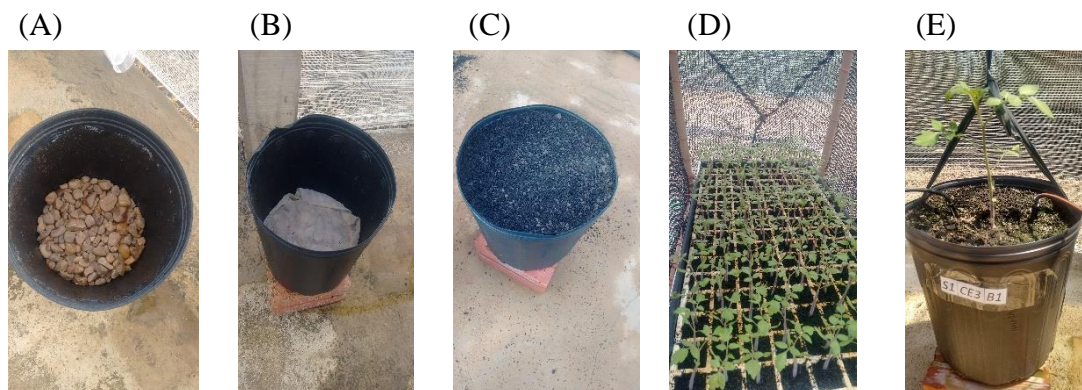


Figura 3. Condicionamento da brita (A), malha (B) e substrato (C) nos vasos; produção das mudas (D) e mudas transplantadas (E).

O sistema de irrigação por gotejamento foi composto por duas bombas, mangueiras de polietileno de 0,016 m de diâmetro nas linhas laterais onde foram conectados emissores do tipo autocompensantes com vazão média de 4 L h^{-1} a 1 Bar, com derivação para dois microtubos de 0,004 m de diâmetro com 0,60 m de comprimento,

sendo estes inseridos respectivamente em duas microestacas presentes em cada vaso (Figura 4). A uniformidade da irrigação (Equação 1) foi calculada por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), obtendo-se 98,7% de uniformidade da lâmina de irrigação (Christiansen, 1942).

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right\} \quad (1)$$

Em que:

X_i – vazão de cada gotejador, em $L h^{-1}$;

\bar{X} – vazão média dos gotejadores, em $L h^{-1}$;

n – número de gotejadores observados.

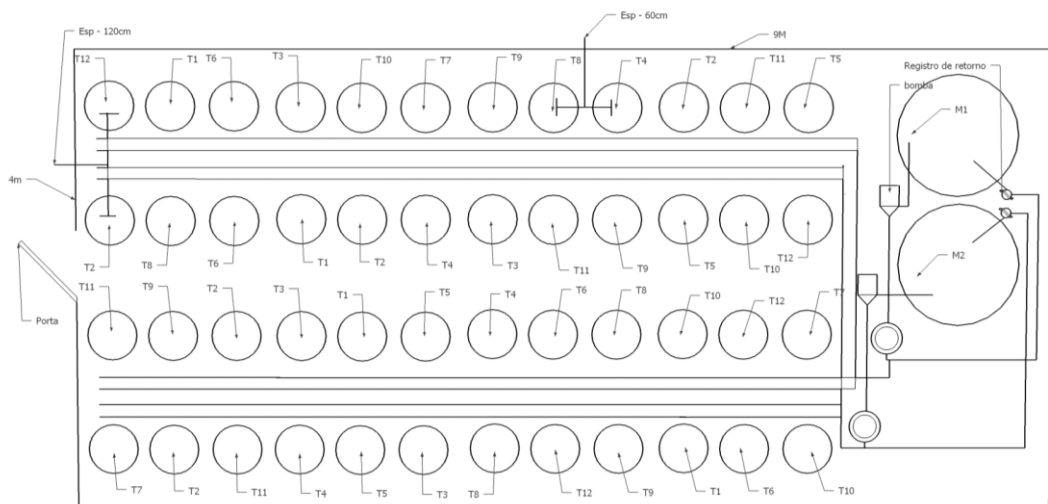


Figura 4. Croqui da área experimental.

A irrigação foi controlada por meio de um “timer” programado diariamente de acordo com a ETo (Evapotranspiração de Referência – FAO) calculada com base nos dados do dia anterior, fornecidos pela estação meteorológica da Universidade Federal do Piauí – UFPI (INMET), utilizando-se os coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado conforme Santana et al. (2011). A irrigação foi distribuída em oito períodos durante o dia, concentrando a maior parte da lâmina nos horários mais quentes do dia e a menor parte no início e no final do dia de forma a evitar drenagem excessiva nos vasos.

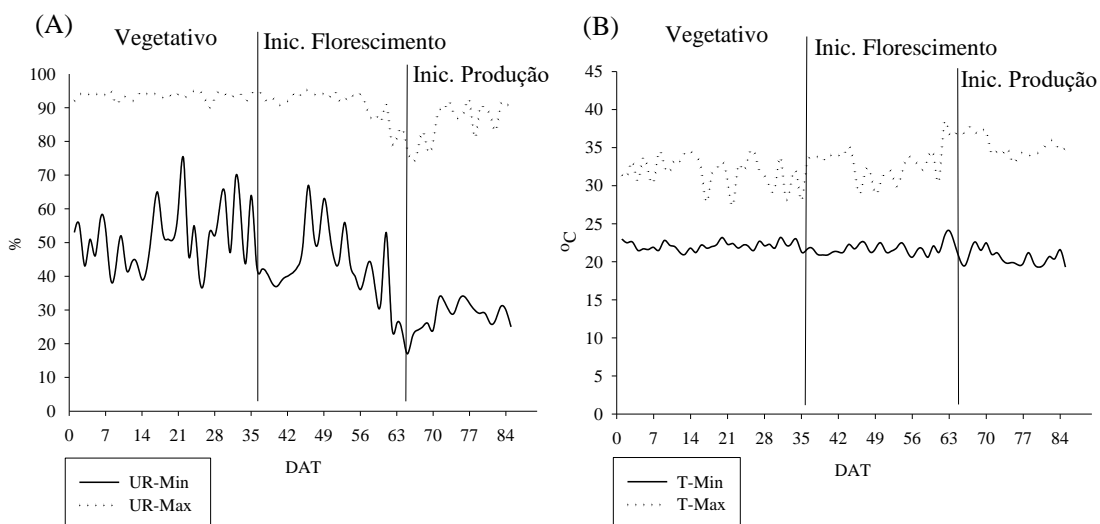


Figura 5. Valores médios de umidade relativa do ar (A) e temperatura máxima e mínima (B) na casa de vegetação em Bom Jesus durante o período em estudo obtidos através de um datalogger instalado no interior do telado.

Dois reservatórios de 90 L cada foram utilizados para armazenamento da solução de irrigação, com uma bomba Amanco XKm60-1de 1/2 CV cada, e a um registo de retorno em cada bomba para manutenção da pressão em 1 Bar no sistema (Figura 6). A reposição da água em cada reservatório foi feita manualmente utilizando-se água de abastecimento de forma a monitorar e manter a concentração de silicato de potássio sempre estável em M2. Para avaliação da qualidade da água de abastecimento utilizou se um condutivímetro portátil obtendo-se 0,022 dS m⁻¹ de condutividade elétrica classificada como C1 por Cordeiro (2001) sem restrições de uso para a agricultura.



Figura 6. Detalhes da área experimental (A) tanques de distribuição dos diferentes manejos e sistema de distribuição da solução de fertirrigação (B).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial duplo 2 x 6 sendo o primeiro fator referente aos manejos com silício e sem silício na solução de irrigação e o segundo fator corresponde aos seis níveis de salinidade inicial do substrato com quatro blocos, totalizando 48 plantas. A salinização do substrato se deu com base na capacidade de retenção de água do substrato (CRA) (Tabela 2), sendo que total de sais nos diferentes níveis (Tabela 3) utilizam a CRA, a curva de salinização artificial feita em laboratório (Figura 7) e a proporção de sais (Tabela 1) como base.

Tabela 1. Proporção dos fertilizantes utilizados para preparo da solução nutritiva nas diferentes condutividades elétricas.

Fertilizante	Quantidade (mg L ⁻¹)	Concentração (%)
Nitrato de Cálcio	600	36
Nitrato de Potássio	581	34
Fosfato Monoamônico	182	11
Sulfato de Magnésio	320	19
Total	1683	100

Tabela 2. Principais características físicas e químicas, como pH, Condutividade Elétrica (CE), Capacidade de Retenção de Água (CRA) e Densidade global (Dg) do substrato utilizado.

pH	CE (dS m ⁻¹)	CRA (g g ⁻¹)	Dg (kg dm ⁻³)
6,20	0,80	0,50	0,58

A fonte de silício utilizada foi o silicato de potássio, marca comercial SIFOL[®], contendo 23% de Si e 19% de K₂O, numa proporção de 0,20 mL do produto por litro de água acrescentada ao tanque correspondente a M2 a partir dos 10 DAT (dias após o transplantio). As fertirrigações foram realizadas a cada quatro dias seguindo as recomendações de adubação para o tomate de mesa segundo Trani et al. (2015) adaptada, à marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro proposta por Prado et al. (2011). Todos os nutrientes foram fornecidos via fertirrigação desde o transplantio, tendo como fontes de nutrientes o fosfato monoamônico, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, sulfato de magnésio.

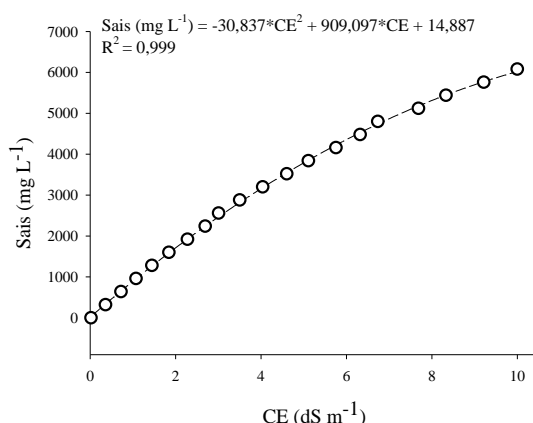


Figura 7. Curva de salinização artificial e equação de regressão para determinação do total de sais a serem aplicados em cada nível de salinidade.

Para minimizar o aparecimento da podridão apical, a partir dos 60 DAT, foram realizadas pulverizações semanais com nitrato de cálcio a 0,17% levando-se em consideração o total de nitrato de cálcio fornecido via fertirrigação. No controle de pragas foram utilizados inseticidas de acordo com a pressão da praga no cultivo respeitando o intervalo mínimo entre as pulverizações.

Tabela 3. Concentrações de sais na solução para os diferentes níveis de salinidade conforme a equação de regressão da curva de salinização artificial, sendo CE (dS m^{-1}) a condutividade elétrica desejada seguida pela concentração de sais a ser adicionada por volume de água (mg L^{-1}).

CE (dS m^{-1})	0,849	1,864	2,879	3,894	4,908	5,923
Sais (mg L^{-1})	195	1061	1866	2608	3289	3908

No final do experimento avaliou-se os totais de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca dos frutos (MFTF) (massa média do total de frutos por planta), massa seca das folhas (MSFL), raiz (MSRZ), frutos (MSFT) e após a colheita foram determinados os valores de pH, Acidez Total Titulável (ATT) e °Brix dos frutos colhidos (Figura 6) seguindo a metodologia de Adolfo Lutz (IAL, 2008) para qualidade dos frutos.

A produção total e a produção de frutos com diâmetro comercial tendo entre 20 e 25 mm (FTCM) e o número de frutos por planta (NTFT) foram avaliados nas 48 parcelas.

(A)



(B)

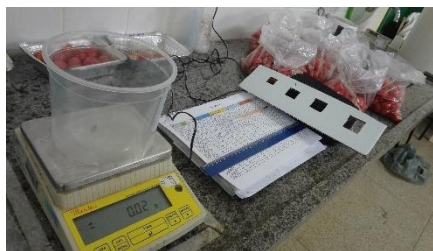


Figura 8. Determinação de ATT e pH (A) e frutos com diâmetro comercial (B).

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de significância com comparação de médias feitas pelo teste de Tukey, para os manejos, e regressão polinomial para os diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato. Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, respectivamente, em seguida os dados foram submetidos ao programa computacional R[®] versão 3.5.0. (R Core Team, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria das variáveis estudadas apresentou alguma influência dos tratamentos, grande parte pelo manejo seguido pelos níveis iniciais de salinidade, exceto para a biomassa seca das folhas (Tabela 4). Haghghi & Pessarakli (2013) estudando o efeito da salinidade provocada por NaCl com suplementação com silício em tomate cereja observou que o silício não influenciou significativamente a biomassa seca das plantas, porém a salinidade atuou na redução da taxa transpiratória das folhas e não influenciou na capacidade fotoquímica da mesma.

A massa fresca da parte aérea foi significativamente menor no manejo M2, tendo uma redução de aproximadamente 12,28% seguida pela redução de 17,33% da massa fresca dos frutos (peso médio dos frutos por planta) também em M2 (Tabela 5). A massa seca das raízes apresentou um incremento de 35,39% no manejo com silício tendo um incremento médio de 16,41 g planta⁻¹.

Estes resultados mostram que plantas submetidas ao tratamento com silício apresentam melhor desenvolvimento radicular apesar da redução no peso total de frutos. Rodrigues et al. (2018) encontrou resultados semelhantes no que diz respeito ao incremento radicular do tomateiro submetido a irrigação com água salina juntamente com a aplicação do silicato de potássio. Esse aumento é proporcional a redução da massa seca da parte aérea devido a migração dos fotoassimilados para a região da raiz para a assimilação e armazenamento do Si nos tecidos de modo similar, estudos com morango, ervilha e cana-de açúcar sob estresse salino também mostraram uma redução substancial na biomassa seca da parte aérea porém com redução também da biomassa da raiz, o que não ocorreu neste estudo (Kaya et al., 2001; Ashraf et al., 2010; Jamil et al., 2016).

As variáveis MSPA, MSFT, MSRZ e a relação MSFT/MSFL apresentaram efeito quadrático significativo ($p < 0,05$). O manejo foi significativo apenas para as variáveis MFPA, MFFT, MSRZ e NFFT. O número de frutos foi significativamente maior no manejo M1 correspondendo a um incremento de 18,22% se comparado ao manejo M2.

Tabela 4. Sumário das análises de variância para as variáveis Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Seca das Folhas (MSFL), Massa Fresca dos Frutos (MFFT), Massa Seca da Parte Aérea (MSPA), Massa Seca dos Frutos (MSFT), Massa Seca das Raízes (MSRZ), Massa Seca das Folhas (MSFL), Número Total de Frutos (NTFT), Frutos Comercializáveis (FTCM) e a relação entre a Massa Seca dos Frutos, relação Massa Seca das Folhas e Massa Seca dos Frutos (MSFT/MSFL), °Brix, pH, Acidez Total Titulável (ATT) e relação Acidez Total Titulável e °Brix (ATT/°Brix).

FV	G L	MFPA	MFFT	MSPA	MSFL	MSFT	MSRZ	NTFT	FTCM	MSFT/ MSFL	°Brix	pH	ATT	ATT/ °Brix
Bloco	3	326105 ns	241417 ns	4172,2 ⁿ s	3291,7 [*] **	8964,2 [*] *	18,009 6 ^{***}	1,5447 ⁿ s	2,3387 ⁿ s	1,2082 4 ^{***}	1,1087 1 ^{ns}	0,0182 188 ^{ns}	0,0150 74 ^{ns}	0,0351 9 ^{ns}
Manejo (M)	1	189697 9 ^{**}	198734 8 ^{**}	378,8 ^{ns}	12,9 ^{ns}	560,1 ^{ns}	13,881 4 ^{**}	15,180 3 ^{**}	17,269 2 ^{**}	0,0365 7 ^{ns}	0,5250 1 ^{ns}	0,0004 687 ^{ns}	0,0368 52 ^{**}	0,2489 4 ^{ns}
Salinidade (S)	5	112443 ns	140105 ns	21982, 0 ^{***}	68,5 ^{ns}	22071, 0 ^{***}	7,9946 [*] **	1,2985 ⁿ s	0,6164 ⁿ s	0,4195 7 ^{***}	1,2140 2 ^{**}	0,0126 138 ^{ns}	0,0126 52 ^{ns}	0,3364 5 ^{**}
M x S	5	27631 ^{ns}	21550 ^{ns}	8084,0 [*] *	160,2 ^{ns}	5796,5 ⁿ s	1,2330 ⁿ s	1,3891 ⁿ s	1,4701 ⁿ s	0,0627 1 ^{ns}	0,6479 2 ^{ns}	0,0092 309 ^{ns}	0,0053 52 ^{ns}	0,1772 8 ^{ns}
Resíduo	3	376855	321876	2665,3	164,5	2982,1	2,1606	3,6209	2,9667	0,0871	0,4196	0,0092	0,0072	0,1311
Total	3									3	3	8	1	
CV (%)	4 7	20,21	26,47	12,84	16,72	24,98	20,64	13,24	14,59	17,21	8,31	2,12	14,7	9,79

** = significativo a 5% de probabilidade; *** = significativo a 1% de probabilidade; ns = não significativo.

Com base na equação de regressão da figura 9B, os valores máximos obtidos para MSRZ são 3,004 dS m⁻¹ e 82,38 g planta⁻¹ no manejo com silício (M2) para salinidade e massa seca da raiz respectivamente e 2,848 dS m⁻¹ e 55,27 g planta⁻¹ para o manejo sem a aplicação do silício (M1) via fertirrigação, a diferença entre os manejos foi de aproximadamente 35% sendo esta diferença significativa a p<0,05. Independente do manejo, os níveis de salinidade se encontram próximos a 3,00 dS m⁻¹, valor este tido como limiar máximo de tolerância a salinidade para o tomateiro, como relatado na literatura.

Sendo assim o nível de salinidade próximo à 3,00 dS m⁻¹ apresenta os melhores benefícios no que diz respeito ao crescimento radicular das plantas do mini tomate. Guedes et al. (2014) observaram que plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) submetidas a aplicação de água salina com condutividade elétrica de 3,5 dS m⁻¹ mostraram redução de mais de 41% na massa seca total e 55% e na massa seca dos frutos.

Houve interação significativa para MSPA em que M2 a 1 dS m⁻¹ proporcionou os melhores resultados se comparados a M1, cerca de 20% superior mostrando que em baixas concentrações de sais na solução do substrato o silício age como um bioestimulante contribuindo para o aumento da biomassa seca (Figura 9A).

A variável FTCM corresponde ao total de frutos com diâmetro entre 20 e 25 mm, que para o mini tomate é o tamanho de frutos mais aceito no mercado. O manejo com silício reduziu em 18% o total de frutos comercializáveis comparado ao manejo sem silício (Tabela 5); porém em comparação com o total de frutos planta⁻¹ em cada manejo a diferença foi de apenas 2% (68% em M1 e 66% em M2).

Tabela 5. Teste de média para as variáveis Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA), Massa Fresca dos Frutos (MFFT), Massa Seca da Raiz (MSRZ), Número Total de Frutos (NTFT), Número Total de Frutos Comercializáveis (FTCM) e Acidez Total Titulável (ATT).

Manejo	MFPA	MFFT	MSRZ	FTCM	NTFT	ATT
 g planta ⁻¹ Nº planta ⁻¹		
M1 (Sem Si)	3236,64 A	2347,01 A	46,36 B	156 A	227 A	0,55
M2 (Com Si)	2839,04 B	1940,05 B	62,77 A	128 B	192 B	0,61

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey.

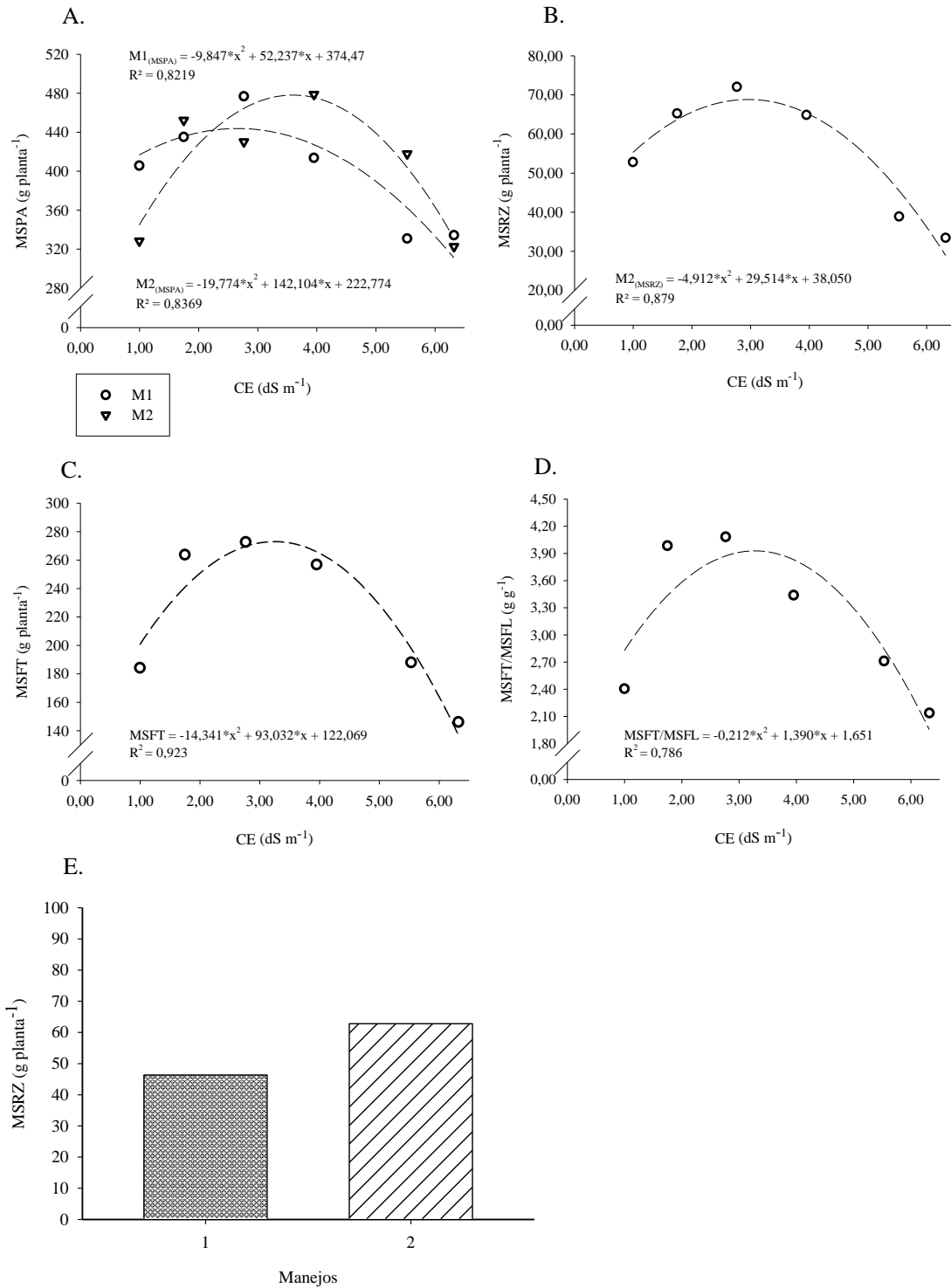


Figura 9. Diagramas de dispersão e equações de regressão para os diferentes níveis de salinidade para as variáveis MSPA, MSRZ, MSFT e MSFT/MSFL.

Para MSFT os melhores valores foram obtidos no nível de 3,244 dS m⁻¹ apresentando peso médio da massa seca dos frutos de 272,95 g planta⁻¹ (Figura 9C), não tendo o manejo qualquer efeito sob esta variável (p<0,05), o pior resultado correspondeu ao nível mais alto da salinidade inicial do substrato (6,322 dS m⁻¹) com uma produção de

cerca de 140,00 g planta⁻¹, uma redução superior à 48%. Em relação ao tamanho de frutos, seu crescimento é inversamente relacionado à salinidade ou à intensidade do déficit hídrico, enquanto os teores de açúcares solúveis e ácidos aumentam dependendo da cultivar, dos fatores ambientais, da composição da solução nutritiva e do manejo cultural (RIPOLL et al., 2014).

A relação MSFT/MSFL representa a eficiência das folhas em produzir fotoassimilados utilizados diretamente pelos frutos. Quanto maior a relação, melhor a capacidade da planta em destinar os fotoassimilados para a produção (Figura 9D). O nível em que se obteve a melhor relação entre a massa seca da folha e do fruto foi 3,278 dS m⁻¹, nestas condições, cada grama de massa seca das folhas resultou numa produção de aproximadamente 3,93 g planta⁻¹ de massa seca dos frutos, o contrário disso foi para o nível mais alto de salinidade (6 dS m⁻¹), que resultou em cerca de 2,10 g planta⁻¹, uma redução de cerca de 46% na eficiência já que para a variável MSFL não houve diferença significativa (p<0,05).

Para as variáveis referentes a qualidade dos frutos, o manejo interferiu apenas na Acidez Total Titulável (ATT) correspondendo aos valores médios de 0,55 (A) para M1 e 0,61 (B) para M2 a p<0,05 no teste de Tukey (Tabela 5). Para os demais parâmetros houve efeito quadrático destacando que os tratamentos não tiveram efeito significativo para o pH dos frutos (p<0,05) conforme a Tabela 4.

A maior parte do carbono necessário para o crescimento do tomateiro é importado das folhas para os frutos através dos tecidos do floema. A sacarose é a principal forma de importação de carbono em frutos de tomate. Ela é metabolizada no apoplasto por uma invertase da parede celular ou diretamente transportada para a célula da fruta (Osorio et al., 2014).

A percepção da acidez dos frutos é devida principalmente ao ácido cítrico. Embora alguns ácidos orgânicos sejam fornecidos pela seiva, as variações na acidez dos frutos resultam principalmente do metabolismo do malato e do citrato no próprio fruto (Etienne et al., 2013). Então, durante o amadurecimento dos frutos, a degradação citosólica dos ácidos orgânicos através da via da gliconeogênese promove o acúmulo de açúcares solúveis (Bertin & Génard, 2018).

As variáveis °Brix e a relação ATT/°Brix apresentaram comportamento quadrático em relação aos níveis de salinidade aplicados (p<0,05), sendo que com base nas equações de regressão, os maiores valores encontrados foram 8,14 a 4,69 dS m⁻¹ e 15,16 a 5,89 dS m⁻¹ para °Brix e °Brix/ATT respectivamente. Os menores níveis de salinidade resultaram

nos menores valores para estes parâmetros (Figura 10A e 10B). A relação °Brix/ATT está diretamente relacionada a palatabilidade dos frutos de tomate para consumo *in natura*, que quando maior que 10 proporciona frutos com alta palatabilidade (Heine et al., 2015).

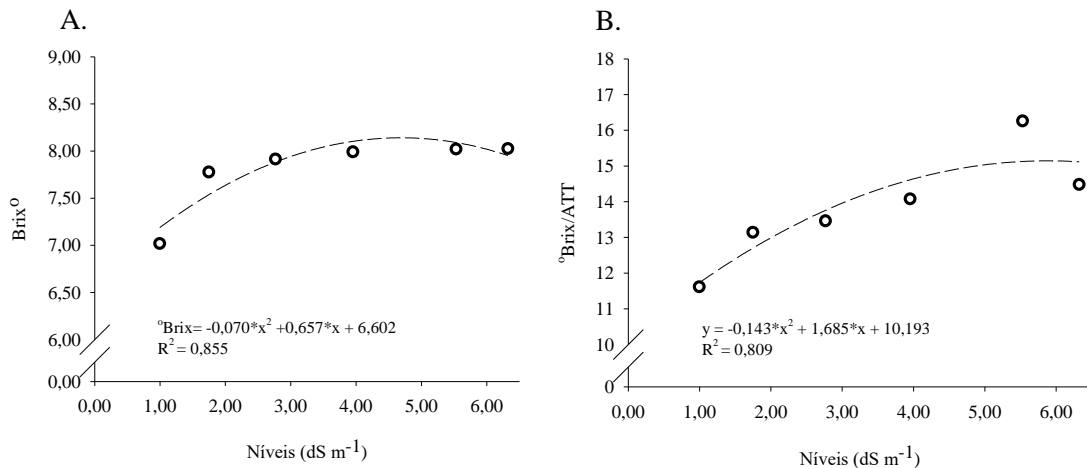


Figura 10. Diagramas de dispersão e equações de regressão para os diferentes níveis de salinidade para as variáveis °Brix e relação °Brix/ATT.

O estresse abiótico em plantas de tomate pode ativar mecanismos biológicos estimulando o acúmulo de sacarose ao invés de hexose, provocando uma redução no número de frutos produzidos pela planta seguido pelo aumento do °Brix nos frutos (Figura 10A) de plantas submetidas ao estresse salino (Ikeda et al., 2013).

Fatores ambientais podem afetar a qualidade dos frutos por meio de efeitos diretos sobre a produção e distribuição de metabólitos primários entre os órgãos vegetais, mas também através de regulações osmóticas e de turgescência induzidas pelo estresse e estimulação do metabolismo caso o estresse seja induzido. É largamente aceito que o estresse induz efeitos negativos no rendimento e efeitos positivos na qualidade como mostra as Figuras 9C e 10A, mas seria crítico torná-lo um paradigma, pois as respostas de plantas e frutos dependem fortemente do genótipo, intensidade e duração do estresse, estágio de desenvolvimento de planta e órgão afetado por estresse e interações entre fatores de estresse (Ripoll et al., 2014).

4. CONCLUSÃO

O aumento da salinidade inicial da solução do substrato até $5,89 \text{ dS m}^{-1}$ influenciou positivamente a qualidade e a palatabilidade dos frutos do mini tomate.

A adição silicato de potássio na fertirrigação contribuiu para o aumento da biomassa da raiz, diminui a produção total de frutos, a massa seca da parte aérea e a massa fresca dos frutos, indicando um redirecionamento de fotoassimilados da produção para o crescimento radicular.

Com base nos resultados, o silício não teve nenhum papel como mitigador dos efeitos negativos das altas salinidades, mas promoveu o aumento da acidez titulável e o crescimento do mini tomate em baixos níveis de condutividade elétrica da solução do solo.

5. REFERÊNCIAS BLIOGRÁFICAS

- ASHRAF, M.; AHMAD, R.; BHATTI, A.; AFZAL, M.; SARWAR, A.; MAQSOOD, M.; KANWAL, S. Amelioration of salt stress in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) by supplying potassium and silicon in hydroponics. **Pedosphere**, v. 20, p.153–162, 2010.
- BERTIN, N.; GÉNARD, M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 264–276, 2018.
- CAMARGO, M. S.; GASPAR H. F.; DULCINÉIA E. H.; CELINA M.; ROSSETTO. R. Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 4, p. 937–944, 2010.
- CARVALHO JUNIOR, G. S.; LIMA, M. S. R.; ROCHA, M. S.; BELTRÃO, N. E. M.; NEGREIROS, K. V. Crescimento do pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade e silício. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 39–46, 2014.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação** (Conceitos básicos e práticas). Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 32 p.
- ERQUEIRA, F. B.; FREITAS, G. A.; MACIEL, C. J.; CARNEIRO, J. S. S.; LEITE, R. C. Produção de mudas de tomate cv. santa Cruz em diferentes substratos. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 2, n. 2, p. 39–45, 2015.
- ETIENNE, A.; GÉNARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 6, p. 1451–1469, 2013.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52p. (Boletim técnico, n.180).
- GARG, N.; BHANDARI, P. Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth nutrient status, K⁺/Na⁺ ratio and yield of *Cicer arietinum* L. genotypes under salinity stress. **Plant Growth Regulation**, v.78, p. 371–387, 2016.
- 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.
- HEINE, A. J. M.; MORAES, M. O. B.; PORTO, J. S.; DE SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; SANTOS, B. S. R. Número de haste e espaçamento na produção e qualidade do tomate. **Scientia Plena**, v. 11, n. 9, p. 1–7, 2015.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2018. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/epag_2018_jan.pdf>
- IKEDA, H.; HIRAGA, M.; SHIRASAWA, K.; NISHIYAMA, M.; KANAHAMA, K.; KANAYAMA, Y. Analysis of a tomato introgression line, IL8-3, with increased Brix content. **Scientia Horticulturae**, v. 153, n. 1, p. 103–108, 2013.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações meteorológicas de observação de superfície automática**. 2018. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.
- JAMIL, S.; KHAN, S.A.; AHMAD, R.; ASAD, S.A.; IRSHAD, U.; SHAHZAD, M.; KHAN, N. The effects of different levels of salinity on growth and proline accumulation in three pea varieties. **Minerva Biotechnology**. v.28, p.195–203, 2016.
- KAYA, C.; KIRNAK, H.; HIGGS, D. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. **Journal of Plant Nutrition**. v. 24, p.357–367, 2001.
- MAROUELLI, W. A.; GUIMARAES, T. G.; BRAGA, M. B.; DE CARVALHO E SILVA, W. L. Optimal fractions of phosphorus fertilizer applied in preplanting and in drip fertigation of tomato crop. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v. 50, n. 10, p. 949-957, 2015.
- MEDEIROS, R. M. DE, SILVA, V. M. DE A., MELO, V. DA S., MENEZES, H. E. A. Diagnóstico e tendência da precipitação pluvial em Bom Jesus - Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 11, n. 1, p. 115–121, 2016.
- OSORIO, S., RUAN, Y-L., FERNIE, R. An update on source-to-sink carbon partitioning in tomato. **Frontiers in Plant Science**. v. 5, n. 1, p. 516. 2014.
- PRADO, R. M.; SANTOS, V. H. G.; DE OLIVEIRA GONDIM, A. R.; ALVES, A. U.; FILHO, A. B. C.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 19–30, 2011.
- QADIR, A., KHAN, S.A., AHMAD, R., MASOOD, S., IRSHAD, M., KALEEM, F., KUMAR, S., SHAHZAD, M. Exogenous Ca₂SiO₄ enrichment reduces the leaf apoplastic Na⁺ and increases the growth of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under salt stress. **Scientia Horticulturae**. v. 214, p. 1–8, 2017.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.
- RICARDO, A.; ANDRADE, S. Fertirrigação no cultivo de quatro cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*) irrigado por gotejamento. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 10, n. 1, p. 7–21, 2017.
- RIPOLL, J., URBAN, L., STAUDT, M., LOPEZ-LAURI, F., BIDELE LUC, P.R., BERTIN, N. Water shortage and quality of fleshy fruits-making the most of the unavoidable. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, p. 4097–4117, 2014.
- RODRIGUES, A. J. O.; NUNES, L. R. DE L.; NUNES, A. M. C.; UCHÔA, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 141–148, 2018.
- SANTANA, M. J.; DE, PEREIRA, U. DA C.; BEIRIGO, J. D. C.; SOUZA, S. S.; CAMPOS, T. M.; VIEIRA, T. A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. **Irriga**, v. 16, n. 1, p. 11–20, 2011.
- SANTOS, A. N.; SILVA, Ê. F. DE F. E.; SILVA, G. F. DA.; BARNABÉ, J. M. C.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. DA C. Yield of cherry tomatoes as a function of water salinity and irrigation frequency. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 107-112, 2016.

SANTOS, G. R.; RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A.; JUNIOR, A. F. C.; TSCHOEKE, P. H. Severity of anthracnose in sorghum leaves subjected to increasing levels of silicon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 403-408, 2014.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. D. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Fertilizer salts and fertigation management in tomato cultivation in greenhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1173-1180, 2013.

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. Instituto Agronômico de Campinas - IAC, p. 25, 2014.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DO MINI TOMATE EM FUNÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO COM SILÍCIO EM DIFERENTES NÍVEIS DA SALINIDADE

RESUMO

SILVA, Aldelan Arnaldo. **Efeitos da salinidade sob os parâmetros de crescimento do mini tomate em função da suplementação com silício.** 2018. Cap. 3. p. 40-64. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

O uso da fertirrigação sobretudo em ambiente protegido, pode ocasionar o aumento da condutividade elétrica da solução do solo, chegando a ultrapassar os limites das culturas, principalmente hortaliças, causando a diminuição do rendimento ao longo de cultivos sucessivos. Objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos dos diferentes níveis iniciais da salinidade na solução do substrato no momento do transplante juntamente com o uso de silício em fertirrigação nos parâmetros produtivos e na qualidade dos frutos. Este experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Professora Cinobelina Elvas – CPCE. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 6 x 2, com 4 blocos, sendo o primeiro fator seis níveis iniciais de salinidade ($CE_s1=0,840$; $CE_s2=1,864$; $CE_s3=2,879$; $CE_s4=3,894$; $CE_s5=4,908$; $CE_s6=5,923$ dS m⁻¹) e o segundo fator dois tipos de manejo (M1 = fertirrigação sem silício; M2 = fertirrigação com adição de silício). Analisou-se a os parâmetros morfológicos do mini tomate durante seu crescimento. Com base nos resultados, a aplicação de silício em fertirrigação estimulou a síntese de clorofila em níveis baixos de salinidade. A salinidade inicial do substrato de cultivo foi o que mais interferiu nas variáveis estudadas.

Palavras-Chave: *Solanum lycopersicum*, condutividade elétrica, sais fertilizantes, número de frutos, clorofila.

¹Orientador: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

MINI TOMATO DEVELOPMENT IN THE FUNCTION OF SILICON SUPPLEMENTATION AT DIFFERENT LEVELS OF SALINITY

ABSTRACT

SILVA, Aldelan Arnaldo. **Salinity effects under mini tomato growth parameters in the function of silicon supplementation.** 2018. Chap. 3. p. 40-64. Dissertation (Master in Soils and Plant Nutrition) - Federal University of Piauí, PI¹.

The use of fertirrigation mainly in a protected environment may lead to an increase in the electrical conductivity of the soil solution, reaching beyond the limits of crops, mainly vegetables, causing a decrease in yield over successive crops. The objective of this work was to evaluate the effects of different initial levels of salinity on the solution of the substrate at the time of transplanting together with the use of silicon in fertirrigation in the productive parameters and fruit quality. This experiment was conducted in the experimental area of the Federal University of Piauí - UFPI, Campus Professora Cinobelina Elvas - CPCE. The design was randomized blocks in a 6 x 2 factorial scheme, with four blocks, the first factor being six initial levels of salinity ($CE_s1=0,840$; $CE_s2=1,864$; $CE_s3=2,879$; $CE_s4=3,894$; $CE_s5=4,908$; $CE_s6=5,923$ $dS\ m^{-1}$) and the second factor two types of management (M1 = fertirrigation without silicon, M2 = fertirrigation with addition of silicon). The morphological parameters of the mini tomato during its growth were analyzed. Based on the results, the application of silicon in fertirrigation stimulated the synthesis of chlorophyll at low levels of salinity. The initial salinity of the culture substrate was the one that most interfered in the studied variables.

Key words: *Solanum lycopersicum*, electrical conductivity, fertilizing salts, number of fruits, chlorophyll.

¹Adviser: Everaldo Moreira da Silva – UFPI/Bom Jesus

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum L*) é uma das principais olerícolas cultivadas em todo o mundo sendo bastante versátil quanto ao meio de cultivo, podendo ser cultivado em solução nutritiva, substrato comercial ou solo desde que se respeite a demanda nutricional da planta em seus diferentes estádios fenológicos (Cunha et al., 2014). Dado seu valor de mercado, esta é uma cultura muito explorada em ambiente protegido onde se desenvolve satisfatoriamente com produtividade superior ao cultivo em campo mesmo sendo oferecido um menor volume para o desenvolvimento radicular (Silva et al., 2013).

O uso da fertirrigação sobretudo em ambiente protegido, pode ocasionar o aumento da condutividade elétrica da solução do solo, chegando a ultrapassar os limites das culturas, principalmente hortaliças, causando a diminuição do rendimento ao longo de cultivos sucessivos (Souza et al., 2008; Oliveira et al., 2011; Nascimento et al., 2015). Há necessidade de se determinar o grau de tolerância das culturas, estudar meios de monitorar e evitar o acúmulo de sais neste tipo de ambiente visando o controle da salinidade do solo (Oliveira et al., 2013).

A fertirrigação é uma técnica que está se tornando cada vez mais adotada na agricultura moderna, principalmente devido à redução de custos com fertilizantes, redução da mão de obra e uniformidade de distribuição de nutrientes em cada cultivo, mas apesar de suas vantagens, esta técnica é muitas vezes utilizada de maneira inadequada, baseando-se apenas em conhecimento empírico adquirido pelos produtores (Fuess et al., 2017).

A determinação da salinidade inicial do solo através do extrato de saturação ou por intermédio de cápsulas porosas pode proporcionar maiores produtividades para as culturas uma vez que se torna possível determinar se estas plantas irão iniciar seu ciclo em situação de estresse ou não. Deste modo, alternativas de manejo que atenuem os efeitos negativos da alta salinidade do solo e que reduzam as aplicações de fertilizantes durante o cultivo, são desejáveis em condições de cultivos sucessivos (Souza et al., 2013).

No Brasil, o tomateiro é a hortaliça mais cultivada em ambiente protegido. É uma cultura promissora e seu cultivo se destaca principalmente nas regiões Sul e Sudeste devido a segurança tanto climática como fitossanitária. Nestas condições de cultivo é usual o acúmulo de sais fertilizantes no solo, sendo o rendimento do tomateiro prejudicado quando se desenvolve em substratos salinos, sendo esta espécie classificada como moderadamente sensível a salinidade (Ayers & Westcot, 1991).

Duas são as possíveis causas do acúmulo de sais no solo, sendo elas mais frequentes em casas de vegetação; a primeira deve-se ao uso excessivo de água de baixa qualidade advinda de poços com altos teores de sólidos solúveis principalmente carbonatos (Gastmans et al., 2016) e a segunda ao uso excessivo de sais fertilizantes com alto índice salino, alguns destes adotados por terem baixo custo de aquisição (Pedrotti et al., 2015).

Mesmo não sendo um elemento essencial a nutrição de plantas, o Si tem apresentado efeitos benéficos em várias culturas, dentre eles o aumento da taxa fotossintética, maior resistência mecânica das células à doenças e pragas, aumento da condutância estomática, diminuição dos efeitos fitotóxicos do NaCl, diminuição dos efeitos da deficiência de zinco. Além de beneficiar os mecanismos relacionados à tolerância aos radicais livres e promover a atividade de enzimas antioxidantes (Al-ghabary et al., 2004).

Apesar da abundância de silício, ele raramente está presente de forma livre no solo e sim na forma de silicatos. É normalmente absorvido pela planta como ácido monossilícico (H_4SiO_4) (Ma & Yamaji, 2006). O mecanismo exato do envolvimento do Si no processo metabólico ou fisiológico das plantas ainda não foi elucidado completamente (Guntzer et al., 2011). No entanto, é bem documentada a influência do Si na melhoria dos efeitos adversos da salinidade e seus prováveis mecanismos de ação em algumas espécies halófitas e glicófitas, incluindo tomate (Haghighi & Pessarakli, 2013), abobrinha de videira (Soylemezoglu et al., 2009; Savvas et al., 2009), soja (Lee et al., 2010) e morango (Wang & Galletta, 1998). Entretanto, ainda há falta de informações disponíveis sobre o papel do Si fornecido via fertirrigação na melhoria dos efeitos da salinidade no cultivo do mini tomate.

Considerando-se as premissas expostas, o objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes níveis de salinidade do substrato de cultivo causados por excesso de fertilizantes e à aplicação de silício, sobre os parâmetros morfológicos do mini tomate cultivado em ambiente protegido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida em duas etapas, seguindo a metodologia adaptada de Silva (2002), sendo a primeira denominada Etapa I, desenvolvida no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Piauí/CPCE, e a segunda, Etapa II, realizada em estufa agrícola localizado na área experimental do mesmo campus no município de Bom Jesus, PI.

2.1. Etapa I

A etapa I consistiu em testes para construção da curva artificial de salinização, visando conduzir o processo de salinização artificial do substrato necessário a realização da segunda etapa no qual diferentes níveis teóricos de condutividade elétrica da solução do solo (CE_s : 1,00 – 9,00 $dS\ m^{-1}$), são implementados por meio da aplicação de soluções salinizantes.

Utilizou-se para construção das curvas de salinização artificial a solução hidropônica (Tabela 1), conforme Furlani et al., (1999) a opção de se utilizar uma solução hidropônica está dentro dos parâmetros de nutrição de plantas em ambiente protegido.

Utilizando se as proporções de nutrientes e a condutividade elétrica da solução hidropônica utilizada, produziram-se soluções com concentrações salinas crescentes e se determinou em função do nível de condutividade elétrica desejada na solução, e a quantidade de sais a adicionar mediante a Eq. 1, calculada mediante teste em laboratório.

Tabela 1. Relação de sais fertilizantes usados como fonte de macronutrientes para o preparo da solução salinizante.

Fertilizante	Quantidade mg L⁻¹	Concentração %
Nitrato de Cálcio	600	36
Nitrato de Potássio	581	34
Fosfato Monoamônico	182	11
Sulfato de Magnésio	320	19
Total	1683	100

Fonte: Adaptada de Furlani (1999).

$$C = 640\ CE_s \quad (1)$$

Em que:

C – concentração de sais fertilizantes, $mg\ L^{-1}$;

CE_s – condutividade elétrica da solução preparada, $dS\ m^{-1}$.

A partir de uma solução padrão com CE teórica de $10,5 \text{ dS m}^{-1}$, equivalente a concentração de 6720 mg L^{-1} de sais. As concentrações foram determinadas para cada nível crescente de salinidade e calculadas mediante a Eq. 2, sendo os volumes de solução compostos pelas proporções de sais e água de abastecimento (Eq. 3) .

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad (2)$$

Em que:

C_1 – concentração de sais na solução a preparar, mg L^{-1} ;

V_1 – 100 mL de solução a preparar;

C_2 – concentração de sais na solução padrão, mg L^{-1} ;

V_2 – volume necessário, em mL, da solução padrão.

$$V_{\text{água}} = 100 - V_2 \quad (3)$$

Em que:

$V_{\text{água}}$ – volume de água a se adicionar para preparo de 100 mL de solução, mL.

Utilizou-se 21 soluções com concentrações variando entre 0 até 6720 mg L^{-1} , com intervalos de 320 mg L^{-1} correspondente as salinidades simuladas, variando, teoricamente, de 0 a $10,5 \text{ dS m}^{-1}$ com intervalo de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ com base na Eq. 1. A primeira amostra correspondeu a condutividade elétrica da água sem adição de sais fertilizantes. Determinou-se a partir dessas soluções a condutividade elétrica real das soluções mediante o uso de um condutivímetro portátil TDS&EC B-MAX[®] obtendo-se, assim, a curva de salinização artificial.

Baseando se nesta curva foram estimadas as quantidades de sais fertilizantes necessárias para salinização do substrato de cultivo em nove níveis; posteriormente amostras de substrato foram recolhidas as quais foram peneiradas e secadas ao ar e acondicionadas em recipientes de 500 mL sendo três repetições para cada nível de salinidade. Determinou-se a Capacidade de Retenção de Água (CRA) do substrato utilizando-se amostras de substrato secas ao ar, pesadas e saturadas com água, acondicionadas em recipientes de 500 mL deixando em drenagem livre por 24h, a diferença de peso entre as amostras secas e após a drenagem livre quando saturadas foi chama de CRA.

Em ambas as ocasiões, coletou-se amostras e determinou-se a umidade por gravimetria em laboratório. Com base nessas informações, a quantidade de sais

fertilizante por nível foi aplicada em função da CRA média das amostras de substrato. Novamente as amostras salinizadas foram secas ao ar e levadas ao laboratório para determinação da condutividade elétrica das amostras de substrato salinizado (Eq. 4).

$$C_f = \frac{U_s}{U_{cc}} C_i \quad (4)$$

Em que:

C_f – concentração final de fertilizantes na solução salina, mg L^{-1} ;

C_i – concentração de sais com base na curva de salinização construída na etapa anterior, mg L^{-1} ;

U_s – Umidade da pasta saturada, g g^{-1} ;

U_{cc} – Umidade do solo à máxima capacidade de retenção, g g^{-1} .

2.2. Etapa II

O experimento foi conduzido no Campus Professora Cinobelina Elvas em Bom Jesus – PI, no período de fevereiro a maio de 2018 nas coordenadas geográficas 09°05'32" Sul de latitude e 44°20'32" Leste de longitude sendo que a região possui uma altitude de 277 m e temperatura média de 27,7 °C (Medeiros et al., 2016). Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima é semiúmido e quente do tipo Aw. Comumente, a temperatura durante o dia atinge picos de 44,70 °C nos meses mais quentes do ano (INMET, 2018).

A área experimental consistiu de um telado de 36 m² (Figura 3) com 4 m de largura e 9 m de comprimento (4 x 9), coberto na parte superior por filme plástico transparente de 150 micras de espessura com 34% de sombreamento de forma a não comprometer a qualidade da iluminação que chega ao interior do telado. Nas laterais foram utilizadas telas de sombrite® branco 30% servindo como barreira contra a entrada de insetos praga.

Os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores: seis níveis de salinidade do substrato, utilizando-se a solução proposta por Furlani et al. (1999), sendo respectivamente $CE_{s1} = 0,849$; $CE_{s2} = 1,864$; $CE_{s3} = 2,879$; $CE_{s4} = 3,894$; $CE_{s5} = 4,908$; $CE_{s6} = 5,923 \text{ dS m}^{-1}$ e dois manejos da fertirrigação (M1 – adubos aplicados via fertirrigação seguindo a marcha de absorção de nutrientes pela cultura sem a adição de silicato de potássio e M2 – fertirrigação com a aplicação do silicato de potássio juntamente com a água de irrigação) totalizando 48 unidades experimentais.

As mudas de mini tomate (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) foram produzidas em bandejas de isopor com 128 células preenchidas substrato comercial enriquecido com uma solução nutritiva de 1,02 dS m^{-1} com base nos valores propostos

por Furlani et al. (1999) (Tabela 1). A cultivar utilizada foi a Sweet Heaven, tipo “grape” conhecida popularmente como “Sweet Grape”. As mudas foram transplantadas aos 25 dias após a germinação, com uma planta por vaso. Cada vaso apresentava volume útil de aproximadamente 8L, sendo 1L preenchido com brita nº 1 e o restante do volume com substrato comercial BIOMIX® sendo separado da brita por uma malha fina de polietileno. O espaçamento utilizado foi 0,60 m entre plantas e 1,20 m entre linhas.

O sistema de irrigação por gotejamento foi composto por duas bombas, mangueiras de polietileno de 16 mm de diâmetro nas linhas principais onde foram conectados emissores do tipo autocompensantes com vazão média de 4 L h⁻¹ a 1 Bar, com derivação para dois microtubos de 4 mm de diâmetro com 60 cm de comprimento, sendo estes inseridos respectivamente em duas microestacas presentes em cada vaso.

A uniformidade da irrigação (Eq. 5) foi calculada por meio do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), obtendo-se 98,7% de uniformidade da lâmina de irrigação (Christiansen, 1942).

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right\} \quad (5)$$

Em que:

X_i – vazão de cada gotejador, em L h⁻¹;

\bar{X} – vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹;

n – número de gotejadores observados.

A irrigação foi controlada por meio de um “timer” programado diariamente de acordo com a Eto calculada com base nos dados da estação meteorológica da Universidade Federal do Piauí – UFPI, utilizando-se os coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado conforme Santana et al. (2011). Estes valores foram distribuídos em oito períodos durante o dia concentrando a maior parte da lâmina nos horários mais quentes do dia e a menor parte no início e no final do dia de forma a evitar drenagem excessiva nos vasos.

Dois reservatórios de 90 L cada foram utilizados para armazenamento da solução de irrigação com o auxílio uma bomba Amanco XKm60-1 de 1/2 CV cada, e a um registro de retorno em cada bomba para manutenção da pressão em 1 Bar no sistem. A reposição da água em cada reservatório foi feita manualmente utilizando-se água de abastecimento de forma a monitorar e manter a concentração de silicato de potássio sempre estável em M2. Para avaliação da qualidade da água de abastecimento utilizou se um condutivímetro

portátil obtendo-se 0,022 dS m⁻¹ de condutividade elétrica classificada como C1 por Cordeiro (2001) sem restrições de uso para a agricultura.

O delineamento utilizado foi em fatorial duplo 2 x 6 sendo o primeiro fator referente aos manejos com silício e sem silício na solução de irrigação e o segundo fator corresponde aos seis níveis de salinidade inicial do substrato distribuídos em quatro blocos, totalizando 48 plantas. A salinização do substrato se deu com base na capacidade de retenção de água do substrato (CRA) (Tabela 2) realizada pouco antes do transplântio das mudas, sendo que total de sais nos diferentes níveis (Tabela 3) utilizam a CRA, a curva de salinização artificial feita em laboratório e a proporção de sais (Tabela 1) como base.

Tabela 2. Principais características físicas e químicas, como pH, Condutividade Elétrica (CE), Capacidade de Retenção de Água (CRA) e Densidade global (Dg) do substrato utilizado.

pH	CE (dS m ⁻¹)	CRA (g g ⁻¹)	Dg (kg dm ⁻³)
6,20	0,80	0,50	0,58

Tabela 3. Concentrações de sais na solução para os diferentes níveis de salinidade conforme a equação de regressão da curva de salinização artificial, sendo CE (dS m⁻¹) a condutividade elétrica desejada seguida pela concentração de sais a ser adicionada por volume de água (mg L⁻¹).

CE (dS m ⁻¹)	0,849	1,864	2,879	3,894	4,923	5,923
Sais (mg L ⁻¹)	195	1061	1866	2608	3289	3908

A fonte de silício utilizada foi o silicato de potássio, marca comercial SIFOL[®], contendo 23% de Si e 19% de K₂O, numa proporção de 0,20 mL do produto por litro de água acrescentada ao tanque correspondente a M2 a partir dos 10 DAT (dias após o transplântio). As fertirrigações foram realizadas a cada quatro dias seguindo as recomendações de adubação para o tomate de mesa segundo Trani et al. (2015), adaptada à marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro proposta por Prado et al. (2011). Todos os nutrientes foram fornecidos via fertirrigação desde o transplântio tendo como fontes de macronutrientes o fosfato monoamônico (MAP), nitrato de potássio (KNO₃), nitrato de cálcio (Ca(NO₃)₂), sulfato de magnésio (MgSO₄) e Conmicros[®] como fonte de micronutrientes.

Para minimizar o aparecimento da podridão apical, a partir dos 60 DAT, foram realizadas pulverizações semanais com nitrato de cálcio a 0,17% levando-se em

consideração o total de nitrato de cálcio fornecido via fertirrigação. No controle de pragas foram utilizados inseticidas de acordo com a pressão da praga no cultivo respeitando o intervalo mínimo entre as pulverizações.

Durante o experimento avaliou-se os parâmetros morfológicos: Comprimento de Plantas (CP), Diâmetro do Caule (DC), Número de Folhas (NF), Índice de Clorofila *a* (ICA), Índice de Clorofila *b* (ICB) (ClorofiLOG FALKER®) e Número de Frutos até a primeira colheita (NFT) aos 70 DAT, nas 48 parcelas.

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de significância com comparação de médias feitas pelo teste de Tukey, para os manejos, e regressão polinomial para os diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato. Os parâmetros avaliados foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk, respectivamente, em seguida os dados foram submetidos ao programa computacional R® versão 3.5.0. (R Core Team, 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinização do substrato ocorreu com base nos resultados obtidos na Etapa I onde a correlação alcançou 0,999 em um modelo quadrático (Figura 1) suficiente para a determinação adequada dos teores de sais acrescidos por volume de água para os níveis de salinidade desejados. Os valores obtidos entre a condutividade elétrica simulada e a obtida nas amostras salinizadas de substrato também podem ser consideradas satisfatórias, dado a correlação obtida ser de 0,980 em um modelo linear (Figura 2).

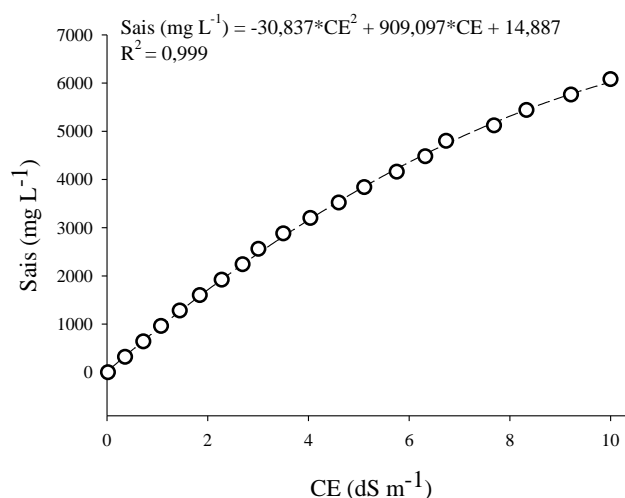


Figura 1. Curva de salinização artificial com níveis de salinidade teóricos e as respectivas concentrações de sais.

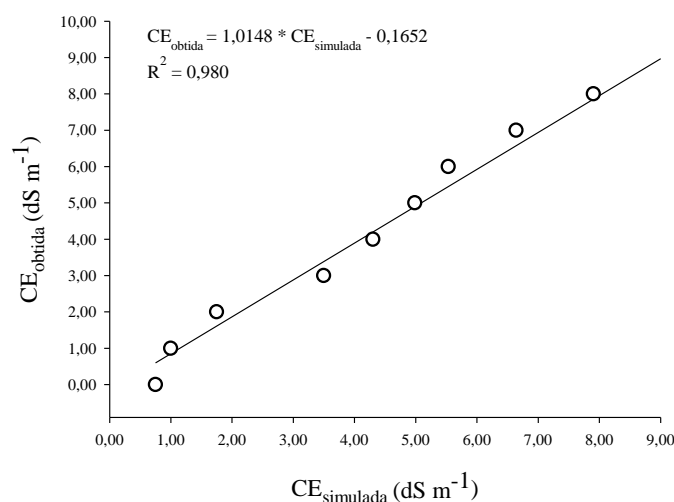


Figura 2. Correlação entre a salinidade do substrato obtida e a simulada.

Segundo a análise de variância (Tabela 4), a salinidade inicial do substrato influenciou significativamente ($p < 0,05$) os valores do variável comprimento de plantas

(CP) até os 28 dias após o transplante (DAT) a partir do qual os tratamentos não mais influenciaram esta variável. O manejo não influenciou significativamente o CP.

De acordo com Cosme (2011), dentre as fases do ciclo de diversas culturas a germinação e o desenvolvimento inicial são as mais sensíveis aos efeitos da salinidade e sua toxicidade. Rodrigues et al. (2018) utilizando água salina em cultivo protegido observaram que a salinidade da água de irrigação reduziu de forma significativa a altura de plantas a partir dos 45 DAT, enquanto que Eloi et al. (2007) encontrou resultados semelhantes a este estudo. Dependendo da fonte salinizante os efeitos podem ser observados em diferentes estágios de desenvolvimento.

A figura 3 apresenta os resultados do comprimento de plantas, sendo possível observar que o efeito da salinidade foi quadrático ($p < 0,05$). Verifica-se que o valor médio para condutividade elétrica nos períodos em questão foi de $4,45 \text{ dS m}^{-1}$ onde a partir deste ponto há redução do crescimento das plantas. Esta redução no comprimento das plantas mostra a sensibilidade do tomateiro e seu comportamento ao estresse salino durante sua fase inicial de crescimento, ou como a falta de nutrientes também pode afetar seu crescimento.

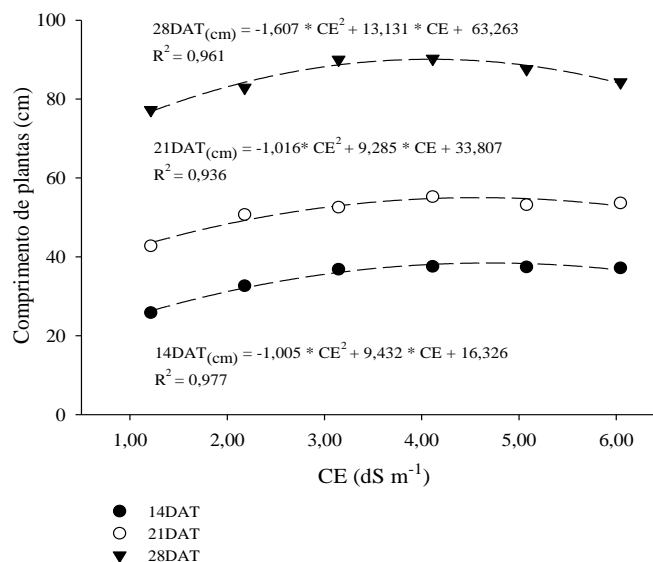


Figura 3. Comprimento de plantas em função dos níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e suas respectivas regressões aos 14, 21 e 28 DAT.

Em relação ao diâmetro do caule (DC) observa-se com base na análise de variância (Tabela 3), um comportamento semelhante ao comprimento de planta em que a $p < 0,05$

houve efeito somente da salinidade sob esta variável, não tendo o manejo com ou sem silício influenciado.

As médias referentes ao diâmetro do caule ajustaram-se a um modelo quadrático (Figura 4), ficando a salinidade limiar em 4,06 dS m⁻¹ a partir da qual há redução desta variável chegando a 12% no nível mais alto. Os resultados obtidos indicam não haver interação alguma entre a salinidade e o manejo adotado.

Em um estudo sobre o tomateiro em diferentes concentrações de rejeito de dessalinização Werissimo et al. (2011) encontrou limiar de 3,51 dS m⁻¹ acima do qual há uma redução de até 14% para o diâmetro do caule, valores estes bem próximos ao deste estudo. Genúncio et al. (2006) também constatou redução no diâmetro da haste do tomateiro conforme avança a concentração salina em solução acima do limiar tolerado pela cultura. Isto pode estar relacionado ao fato de que acima deste valor as plantas reduzem o consumo hídrico por mecanismos fisiológicos induzidos pela situação de estresse salino, que sacrificam seu crescimento de forma a reduzir as perdas de água por transpiração e conseqüentemente, diminuem a turgidez de suas células.

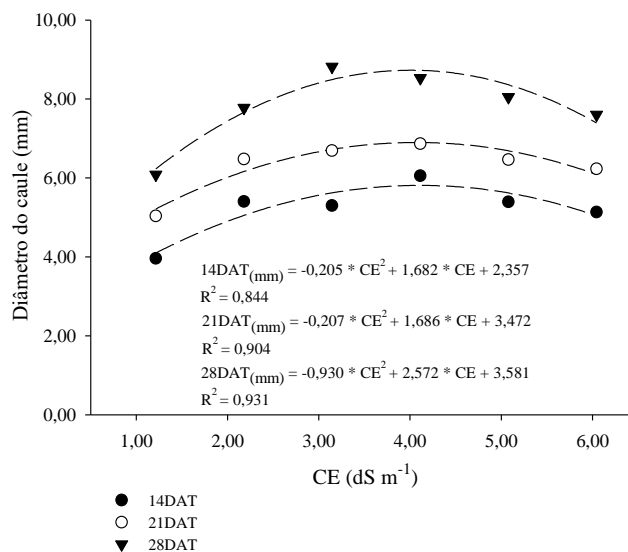


Figura 4. Diâmetro do caule em função dos níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e suas respectivas regressões aos 14, 21 e 28 DAT.

O tomateiro é considerado uma cultura moderadamente sensível a salinidade tendo condutividade elétrica do extrato de saturação limiar de 2,5 dS m⁻¹ (Gheyi et al., 2016) porém isto representa a tolerância do tomate aos efeitos do NaCl e não os efeitos do estresse oriundo do excesso de sais fertilizantes apesar de ambos apresentarem efeitos

semelhantes na redução do crescimento das plantas. Guedes et al. (2015) observou que valores de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ provocam a redução de todas as variáveis de crescimento, Silva et al. (2013) encontrou valores limiares de $4,18 \text{ dS m}^{-1}$ para biomassa da haste do tomateiro sob estresse salino provocado por excesso de sais fertilizantes, podendo, nestas situações, ser considerado como moderadamente tolerante ou mesmo tolerante a salinidade ocasionada pelo excesso de sais fertilizantes.

Durante o ciclo do tomateiro, os tratamentos não ocasionaram nenhuma mudança nos índices de clorofila (Tabela 6 e 7), independentemente do nível de salinidade ou manejo adotado, exceto aos 43 DAT, período anterior ao pico de produção de botões florais, houve interação significativa entre os tratamentos ($p < 0,01$) apenas para os índices de clorofila A (Tabela 6), sendo que o manejo sem a aplicação de silício promoveu o aumento do índice de clorofila *a* nos níveis teóricos de salinidade $3,00$ e $5,00 \text{ dS m}^{-1}$ e reduziu no tratamento com CE teórica de $1,00 \text{ dS m}^{-1}$. Já no manejo com silício, a CE teórica de $1,00 \text{ dS m}^{-1}$ foi quem se beneficiou com a adição de silício em fertirrigação (Figura 5).

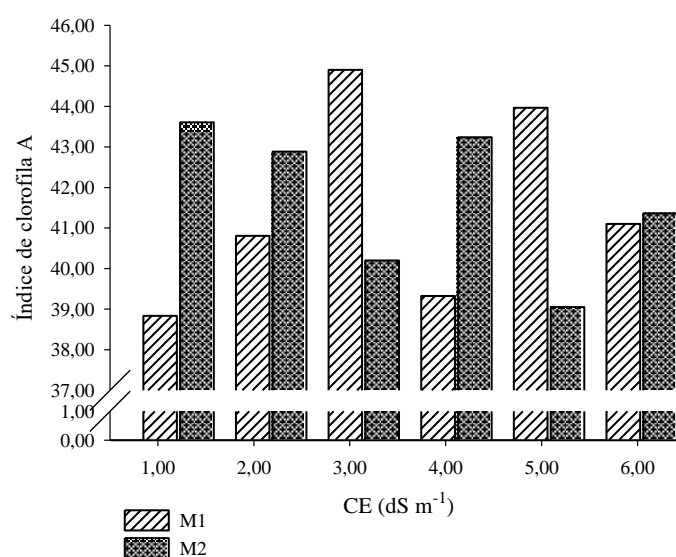


Figura 5. Gráfico de interação entre os fatores manejo e níveis de salinidade para clorofila *a* aos 43 DAT em que, M1 representa o manejo sem silício e M2 o manejo com silício.

Tabela 4. Análise de variância (quadrados médios) do comprimento de plantas (CP) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.

FV	GL	14DAT	21DAT	28DAT	36DAT	43DAT	50DAT	57DAT	64DAT	78DAT	85DAT
Bloco	3	34,227**	72,760*	315,250***	10,910 ^{ns}	325,91 ^{ns}	790,81 ^{ns}	1249,18 ^{ns}	627,86*	590,28 ^{ns}	681,35 ^{ns}
Manejo (M)	1	1,505 ^{ns}	66,977 ^{ns}	4,083 ^{ns}	9,188 ^{ns}	130,02 ^{ns}	1637,89 ^{ns}	1568,42 ^{ns}	341,33 ^{ns}	352,08 ^{ns}	475,02 ^{ns}
Salinidade (S)	5	175,643***	162,210***	164,100**	132,221 ^{ns}	243,32 ^{ns}	1358,90 ^{ns}	915,16 ^{ns}	382,10 ^{ns}	403,90 ^{ns}	408,87 ^{ns}
M x S	5	9,768 ^{ns}	5,327 ^{ns}	85,833 ^{ns}	61,887 ^{ns}	118,82 ^{ns}	487,20 ^{ns}	401,16 ^{ns}	297,98 ^{ns}	224,48 ^{ns}	216,27 ^{ns}
Resíduo	33	11,462	25,562	57,871	135,516	187,52	805,90	933,42	275,21	278,70	318,87
Total	47										
CV (%)		9,79	9,85	8,91	10,11	9,72	17,72	18,2	9,57	9,54	9,91

^{ns} Não significativo pelo teste F;

* Significativo a nível de 0,1 de probabilidade pelo teste F;

** Significativo a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

*** Significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F;

DAT = Dias Após o Transplântio.

Tabela 5. Análise de variância (quadrados médios) do diâmetro do caule (DC) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.

FV	GL	14DAT	21DAT	28DAT	36DAT	43DAT	50DAT	57DAT	64DAT	78DAT	85DAT
Bloco	3	0,7269*	0,1749 ^{ns}	1,9634*	5,8387***	0,92283 ^{ns}	1,0671 ^{ns}	0,34912 ^{ns}	0,49294 ^{ns}	0,79272 ^{ns}	0,50871 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,9048*	1,6763*	0,0083 ^{ns}	0,1541 ^{ns}	1,34670 ^{ns}	1,6060 ^{ns}	0,37808 ^{ns}	0,56550 ^{ns}	0,73755 ^{ns}	0,83213 ^{ns}
Salinidade (S)	5	3,7578***	3,4124***	7,3853***	1,5334 ^{ns}	0,92768 ^{ns}	1,1247 ^{ns}	0,21749 ^{ns}	0,28939 ^{ns}	0,24103 ^{ns}	0,20583 ^{ns}
M x S	5	0,3537 ^{ns}	0,1485 ^{ns}	0,7860 ^{ns}	1,3293 ^{ns}	2,38530 ^{ns}	0,7575 ^{ns}	1,58161 ^{ns}	1,48102 ^{ns}	1,36864 ^{ns}	1,25410 ^{ns}
Resíduo	33	0,2737	0,4469	0,7390	1,2999	0,97969	0,8041	0,80370	0,82251	0,83587	0,72799
Total	47										
CV (%)		10,05	10,62	11,01	11,73	8,87	7,34	6,81	6,81	6,77	6,30

^{ns} Não significativo pelo teste F;

* Significativo a nível de 0,1 de probabilidade pelo teste F;

** Significativo a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

*** Significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F;

DAT = Dias Após o Transplântio.

Segundo Tatagiba et al. (2014) os crescentes níveis de salinidade tendem a reduzir os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides no tomateiro o que não ocorreu neste estudo, estudos recentes mostram que o aumento dos teores de clorofila podem estar relacionados a alta demanda por fotoassimilados próximo ao pico de florescimento e consequente alta síntese de pigmentos fotossintéticos além do fato de que estes valores de condutividade elétrica estão dentro do limiar máximo do tomateiro.

Cao et al. (2015) observou que folhas de tomate sob estresse tratadas com silício exógeno diminuíram as perdas de clorofila durante os 12 primeiros dias após o tratamento em até 81%, dado a o estímulo de enzimas antioxidantes provocados pela adição do silício. Neste trabalho, as proporções dos índices de clorofila estudados durante todo o ciclo de cultivo mantiveram-se semelhantes tanto no manejo com silício quanto no manejo sem a aplicação de silício, sendo 43,26 e 43,29 para M1 e M2 respectivamente. Dentro dos níveis de salinidade, as médias finais do índice de clorofila *a* também foram semelhantes, todos os valores ficaram próximos a 43,00.

Tabela 6. Análise de variância (quadrados médios) do Índice de clorofila *a* (ICA) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.

FV	GL	14DAT	21DAT	28DAT	36DAT	43DAT	50DAT	57DAT	64DAT	78DAT	85DAT
Bloco	3	6,2180 ^{**}	6,2911 ^{ns}	11,1046 ^{ns}	1,7992 ^{ns}	10,092 ^{ns}	4,4280 ^{ns}	3,3089 ^{ns}	8,4416 ^{ns}	5,2237 ^{ns}	43,373 ^{***}
Manejo (M)	1	0,3623 ^{ns}	12,7617 ^{ns}	1,6913 ^{ns}	0,4681 ^{ns}	0,663 ^{ns}	2,0875 ^{ns}	3,8533 ^{ns}	2,8519 ^{ns}	0,3816 ^{ns}	15,618 ^{ns}
Salinidade (S)	5	2,2006 ^{ns}	5,9993 ^{ns}	8,2583 ^{ns}	2,7699 ^{ns}	2,168 ^{ns}	5,5363 ^{ns}	4,2897 ^{ns}	7,8841 ^{ns}	3,4646 ^{ns}	8,906 ^{ns}
M x S	5	0,3266 ^{ns}	3,1953 ^{ns}	4,0764 ^{ns}	9,7922 ^{ns}	35,365 ^{***}	4,5540 ^{ns}	6,1571 ^{ns}	18,7640 ^{ns}	10,4174 ^{ns}	19,777 ^{**}
Resíduo	33	2,0953	5,9296	9,0046	14,9597	7,553	12,6132 ^{ns}	4,0440	11,2130	4,6798	6,793
Total	47										
CV (%)		3,43	5,83	6,80	8,64	6,61	8,82	5,33	6,61	4,69	6,01

^{ns} Não significativo pelo teste F;

* Significativo a nível de 0,1 de probabilidade pelo teste F;

** Significativo a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

*** Significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F;

DAT = Dias Após o Transplântio.

Tabela 7. Análise de variância (quadrados médios) do índice de clorofila *b* (ICB) ao longo do ciclo do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.

FV	GL	14DAT	21DAT	28DAT	36DAT	43DAT	50DAT	57DAT	64DAT	78DAT	85DAT
Bloco	3	15,0708 ^{***}	7,8713 [*]	26,1916 ^{ns}	39,113 ^{ns}	17,2029 ^{ns}	6,3052 ^{ns}	11,0777 ^{ns}	14,4409 ^{ns}	121,151 ^{ns}	32,176 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,0169 ^{ns}	3,7019 ^{ns}	11,0400 ^{ns}	0,094 ^{ns}	1,7903 ^{ns}	3,9790 ^{ns}	1,0063 ^{ns}	0,6533 ^{ns}	13,314 ^{ns}	0,456 ^{ns}
Salinidade (S)	5	3,5157 ^{ns}	4,4566 ^{ns}	14,2512 ^{ns}	38,739 ^{ns}	6,1240 ^{ns}	17,0675 ^{ns}	5,9981 ^{ns}	8,9839 ^{ns}	10,523 ^{ns}	12,102 ^{ns}
M x S	5	0,8974 ^{ns}	1,7818 ^{ns}	7,5139 ^{ns}	42,611 ^{ns}	15,0147 ^{ns}	10,8785 ^{ns}	5,4271 ^{ns}	22,9142 ^{ns}	10,255 ^{ns}	13,339 ^{ns}
Resíduo	33	2,1474	3,0652	12,0556	31,466	10,9502	13,2962	8,3639	16,5380	8,449	5,582
Total	47										
CV (%)		10,46	11,94	17,53	23,79	14,62	15,82	11,4	15,06	10,89	10,32

^{ns} Não significativo pelo teste F;

* Significativo a nível de 0,1 de probabilidade pelo teste F;

** Significativo a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

*** Significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F;

DAT = Dias Após o Transplântio.

Aos 85 DAT, já próximo ao final do ciclo da variedade de mini tomate escolhida, houve interação significativa ($p < 0,05$) para o índice de clorofila *a*, onde o manejo sem silício (M1) interagiu com o nível teórico de $1,00 \text{ dS m}^{-1}$ reduzindo os valores desta variável em cerca de 8% se comparado ao manejo com silício (M2), situação semelhante a encontrada aos 43 DAT. O manejo com silício proporcionou valores 12% maiores para a CE teórica de $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ quando comparado ao manejo sem silício, sendo estes resultados significativos a $p < 0,05$.

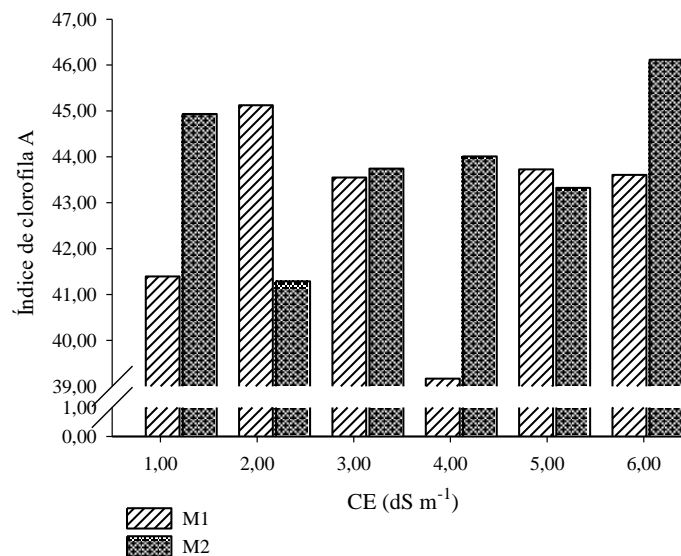


Figura 6. Gráfico de interação entre os fatores manejo e níveis de salinidade para clorofila *a* aos 85 DAT em que, M1 representa o manejo sem silício e M2 o manejo com silício.

O número de folhas aos 14 e 28 DAT (Tabela 8) manifestou os efeitos dos diferentes níveis de salinidade aplicados ($p < 0,05$) sendo seus valores crescentes obedecendo regressão quadrática para ambos os períodos (Tabela 8). Nestas condições, o limiar foi de $4,55 \text{ dS m}^{-1}$ com produção máxima de 8 folhas aos 14 DAT e média de 11 folhas aos 28 DAT a aproximadamente $6,00 \text{ dS m}^{-1}$ como mostra a Figura 7. Os resultados demonstram que as plantas reduzem o número de folhas na presença de altas concentrações de sais. Além da redução na produção de folhas novas, a redução na área foliar total ocorre por causa da aceleração da senescência foliar, que pode causar a morte das folhas (Maia et al., 2017). Sob condições de estresse salino, há alterações morfológicas e anatômicas nas plantas, resultando na perda da transpiração como uma alternativa para manter a absorção da água (Munns & Tester, 2008).

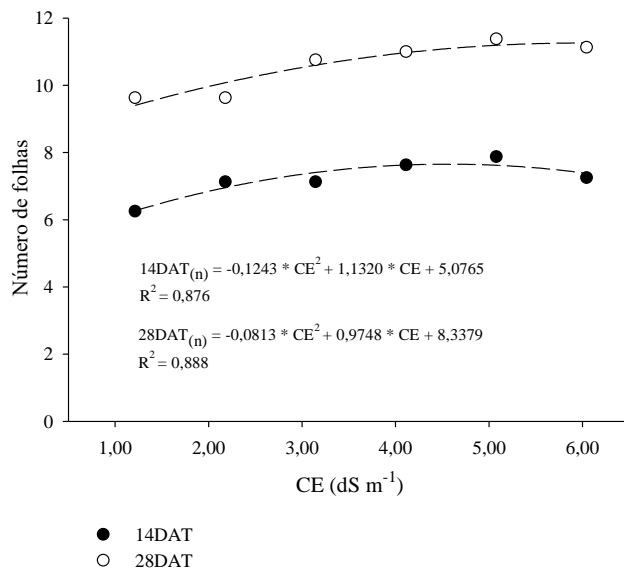


Figura 7. Regressões para o número de folhas aos 14 e 28 DAT em plantas de mini tomate submetidas a estresse salino causado por excesso de sais.

Para esta variedade de mini tomate e nas condições de condução do experimento, o número médio de frutos por planta foi significativamente afetado pelos níveis de salinidade ($p < 0,05$) adequando-se ao modelo de regressão quadrática onde os maiores níveis de salinidade corresponderam a um maior número de frutos por planta apenas aos 36 DAT, a partir do qual não houve mais efeito dos tratamentos. O limiar encontrado foi de $5,12 \text{ dS m}^{-1}$ com produção média de 10 frutos por planta.

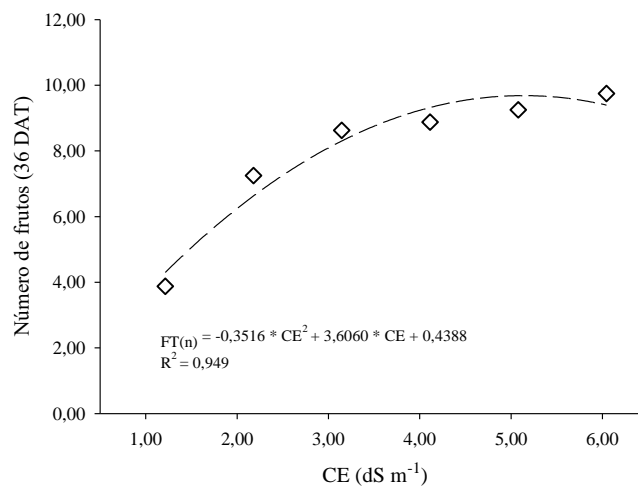


Figura 8. Número médio de frutos por planta aos 36 DAT nos diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo.

Tabela 8. Análise de variância (quadrados médios) do Número de folhas (NFL) até a poda apical (55 DAT) do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.

FV	GL	14DAT	21DAT	28DAT	36DAT	43DAT	50DAT
Bloco	3	1,6944**	0,4097 ^{ns}	5,5000***	9,6875***	6,0833 ^{ns}	1,4167 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,0833 ^{ns}	0,5208 ^{ns}	1,3333 ^{ns}	6,0208*	3,0000 ^{ns}	3,0000 ^{ns}
Salinidade (S)	5	2,4833***	1,9375*	4,7333***	3,5375 ^{ns}	1,6833 ^{ns}	1,1833 ^{ns}
M x S	5	0,9833 ^{ns}	2,0708*	1,3333 ^{ns}	2,2708 ^{ns}	2,4000 ^{ns}	2,5000 ^{ns}
Resíduo	33	0,5277	0,8945	1,1970	1,9451	3,7652	4,1288
Total	47						
CV (%)		10,08	12,11	10,34	11,33	12,16	11,01

^{ns} Não significativo pelo teste F;

* Significativo a nível de 0,1 de probabilidade pelo teste F;

** Significativo a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

*** Significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F;

DAT = Dias Após o Transplântio.

Tabela 9. Análise de variância (quadrados médios) do número de frutos (NFT) até a primeira colheita do mini tomate submetido a diferentes níveis iniciais de salinidade do substrato de cultivo e manejo com silício.

FV	GL	36DAT	43DAT	50DAT	57DAT	64DAT
Bloco	3	0,32314 ^{ns}	3,8519**	2,3438 ^{ns}	2,7457 ^{ns}	6,1828 ^{ns}
Manejo (M)	1	0,57761 ^{ns}	0,5428 ^{ns}	0,0107 ^{ns}	0,0894 ^{ns}	2,1099 ^{ns}
Salinidade (S)	5	1,66212***	1,5364 ^{ns}	1,3865 ^{ns}	1,6346 ^{ns}	4,8875 ^{ns}
M x S	5	0,22610 ^{ns}	1,0986 ^{ns}	2,1075 ^{ns}	2,5113 ^{ns}	1,3634 ^{ns}
Resíduo	33	0,39049	1,0529	1,0202	1,9206	3,0312
Total	47					
CV (%)		22,91	19,67	17,07	14,84	14,90

^{ns} Não significativo pelo teste F;

* Significativo a nível de 0,1 de probabilidade pelo teste F;

** Significativo a nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F;

*** Significativo a nível de 0,01 de probabilidade pelo teste F;

DAT = Dias Após o Transplântio.

Nos tratamentos que corresponderam aos maiores níveis de salinidade do substrato de cultivo os efeitos foram suaves sobre o número de frutos por planta (figura 8) comparados com os das demais variáveis estudadas sugerindo que nos tratamentos com maiores salinidades houve abortamento das flores femininas, porém, o nível mais alto de salinidade ainda correspondeu a um valor acima do tratamento com menor nível em cerca de 150% a partir do qual a produção decresce acima da salinidade limiar.

O mini tomate ainda possui genes de espécies rústicas o que lhe confere certa tolerância a níveis elevados de salinidade se comparado a outras variedades (Gupta et al.,

2014). Estudos de Medeiros et al. (2012) afirmam que o tomateiro, quando cultivado sob salinidade elevada, reduz o número de frutos produzidos por planta.

De acordo com Cosme et al. (2011) a produção de frutos foi a variável mais afetada pela salinidade da solução nutritiva haja vista que a redução atingiu 33,0% entre o nível de maior salinidade (10,10 dS m⁻¹) com o menor nível (7,10 dS m⁻¹) e uma diferença de 51,4 % entre a média dos tratamentos e a testemunha evidenciando que a produção dos frutos do tomateiro é reduzida com a exposição das plantas à salinidade, o que ocasiona diminuição da produtividade do tomateiro.

No que se observa, os níveis mais elevados de salinidade em 28 DAT com incremento máximo de folhas nos níveis mais elevados de salinidade e produção máxima de frutos ao 36 DAT também nos níveis mais elevados e os índices de clorofila não diferindo significativamente entre si, o silício nestas ocasiões não promoveu efeito mitigador algum da salinidade inicial do solo, indicando também que o limite máximo de salinidade inicial do substrato de cultivo é muito superior a 2,5 dS m⁻¹ para esta variedade ser considerada moderadamente sensível a salinidade, visto que na maioria das vezes a salinidade limiar ficou acima de 4,00 dS m⁻¹.

Os efeitos da aplicação do silício só puderam ser notados a partir dos 48 DAT (Figura 5) e apenas na variável clorofila *a*, onde atuou como bioestimulante na síntese de clorofila nos níveis mais baixos de salinidade e no limiar da cultura. Este período é o que antecede o pico da produção média de flores no mini tomate.

4. CONCLUSÃO

Os efeitos dos diferentes níveis da salinidade no substrato de cultivo manifestaram-se principalmente no início do ciclo do mini tomate, indo até meados do início da frutificação, tendo a salinidade influenciado a maioria das variáveis estudadas. O nível de salinidade limiar do mini tomate ficou próximo a $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ classificando a cultura como mediantemente tolerante ou mesmo tolerante a salinidade.

A aplicação de silício pouco influenciou as variáveis estudadas, tendo seu efeito sido observado principalmente nas interações com a salinidade sobre os índices de clorofila *a*, não sendo observado efeito mitigador no mini tomate sob os altos valores de condutividade elétrica inicial do substrato de cultivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. 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. 01, p. 2101–2115, 2004.
- AYERS, R.S. Quality of irrigation water. **Journal of Irrigation Drainage**. v. 103, n. 01, p. 135-54, 1977.
- CAO, B. L.; MA, Q.; ZHAO, Q.; WANG, L.; XU, K. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. **Scientia Horticulturae** v. 194, n. 01, p. 53–62, 2015.
- CHRISTIANSEN, J. E. Irrigation by Sprinkling. Berkeley: **California Agricultural Station**. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação (Conceitos básicos e práticas)**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 32 p.
- COSME, C. R., DIAS, N. DA S., OLIVEIRA, A. M. DE, OLIVEIRA, E. M. M., SOUSA NETO, O. N. DE. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 499–504, 2011.
- COSME, C. R.; DIAS, N. DA S.; OLIVEIRA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M.; SOUSA NETO, O. N. Produção de tomate hidropônico utilizando rejeito da dessalinização na solução nutritiva aplicados em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 01, p. 499-504, 2011.
- CUNHA, A. H. N.; SANDRI, D.; VIEIRA, J. A.; CORTEZ, T. B.; OLIVEIRA, T. H. Sweet grape mini tomato grown in culture substrates and effluent with nutrient complementation. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 01, p. 707–715, 2014.
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 01 83–89, 2007.
- FUESS, L. T.; RODRIGUES, I. J.; GARCIA, M. L. Fertirrigation with sugarcane vinasse: Foreseeing potential impacts on soil and water resources through vinasse characterization. **Journal Environmental Science and Health**, v. 1, n. 01, p. 1063-1072, 2017.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim técnico, n.180).
- GASTMANS, D.; HUTCHEON, I.; ANTÔNIO, A.; KIANG, H Geochemical evolution of groundwater in a basaltic aquifer based on chemical and stable isotopic data : Case study from the Northeastern portion of Serra Geral Aquifer , São Paulo state (Brazil). **Journal Hydrology**, v. 535, n. 01, p. 598–611, 2016.
- GENÚNCIO, G. C.; MAJEROWICZ, N.; ZONTA, E.; SANTOS, A. M.; GRACIA, D.; AHMED, C. R. M.; SILVA, M. G. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 01, p. 175–179, 2006.

- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; FILHO, E. G.; **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicado**. 2 ed. Fortaleza. 2016. 504p.
- GUEDES, R. A. A., OLIVEIRA, F. DE A. DE, ALVES, R. D. C., MEDEIROS, A. S. DE, GOMES, L. P., COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 913–919, 2015.
- GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J. D. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy of Sustainable Devpment**, v. 32, n. 01, p. 201–213, 2011.
- GUPTA, B.; HUANG, B.; GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, n. 01, p. 1–18, 2014.
- 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, n. 01 p. 111–117, 2013.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações meteorológicas de observação de superfície automática**. 2018. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>
- LEE, S. K.; SOHN, E. Y.; HAMAYUN, M.; YOON, J. Y.; LEE, I. J. Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 01, p. 333–340, 2010.
- MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends Plant Science**, v. 11, n. 01, p. 1–6, 2006.
- MAIA, S. S.; P DA SILVA, R. C.; DE DE OLIVEIRA, F. A.; DOS P DA SILVA, O. M.; DA SILVA, A. C.; DOS CANDIDO, W. S. Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 01, p. 44–49, 2017.
- MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.51-55, 2012.
- MEDEIROS, R. M. DE, SILVA, V. M. DE A., MELO, V. DA S., MENEZES, H. E. A. Diagnóstico e tendência da precipitação pluvial em Bom Jesus - Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 115–121, 2016.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, n.01, p.651-681, 2008.
- NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F. DE; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. DE C.; SILVA, J. L. DE A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 01, p. 37-43, 2015.
- OLIVEIRA, F. DE A. DE; CARRILHO, M. J. S. DE O.; MEDEIROS, J. F. DE; MARACAJÁ, P. B.; OLIVEIRA, M. K. T. DE. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 08, p. 771-777, 2011.
- OLIVEIRA, F. DE A. DE; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F. DE; DIAS, N. DA S.; SILVA, R. C. P. DA; LIMA, C. J. G. DE S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no

cultivo de pimentão em ambiente protegido **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2013

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. DO N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. DOS. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão Educacional e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 01, p. 1308–1324, 2015.

PRADO, R. M.; SANTOS, V. H. G.; DE OLIVEIRA GONDIM, A. R.; ALVES, A. U.; FILHO, A. B. C.; CORREIA, M. A. R. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em tomateiro cultivar Raísa cultivado em sistema hidropônico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 19–30, 2011.

RODRIGUES, A. J. O.; NUNES, L. R. DE L.; NUNES, A. M. C.; UCHÔA, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 141–148, 2018.

SANTANA, M. J.; DE, PEREIRA, U. DA C.; BEIRIGO, J. D. C.; SOUZA, S. S.; CAMPOS, T. M.; VIEIRA, T. A. Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. **Irriga**, v. 16, n. 1, p. 11–20, 2011.

SAVVAS, D.; GIOTIS, D.; CHATZIEUSTRATIOU, E.; BAKEA, M.; PATAKIOUTAS, G. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. **Environmental and Experimental Botany**, v. 65, n. 01, p. 11–17, 2009.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2002. 136p. Tese Doutorado.

SILVA, J. M. DA, FERREIRA, R. S.; MELO, A. S. DE; SUASSUNA, J. F.; DUTRA, A. F.; GOMES, J. P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 01, p. 40–46, 2013.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. D. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido Fertilizer salts and fertigation management in tomato cultivation in greenhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 01, p. 1173–1180, 2013.

SOUZA, E. R. DE; MELO, H. F. DE; ALMEIDA, B. G. DE; MELO, D. V.; M. DE. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 01, p. 510–517, 2013.

SOUZA, E. R. DE; MONTENEGRO, A. A. A.; FREIRE, M. B. G. D. S. Evolução e variabilidade espacial da salinidade em Neossolo Flúvico cultivado com cenoura sob irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 06, p. 584–592, 2008.

SOYLEMEZOGLU, G.; DEMIR, K.; INAL, A.; GUNES, A. Effect of silicon on antioxidant and stomatal response of two grapevine (*Vitis vinifera* L.) rootstocks grown in boron toxic, saline and boron toxic-saline soil. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 01, p. 240–246, 2009.

TATAGIBA, S.D., ADOLFO, G., KLING, B., JULIANE, K., NASCIMENTO, T., PELOSO, F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a

crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, n.01, p. 138–149, 2014.

TRANI, P. E. **Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido**. Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, p. 25, 2014.

TRANI, P. E.; KARIYA, E. A.; HANAI, S.M.; ANBO, R. H.; BASSETO JÚNIOR, O. B.; PURQUERIO, L. F. V.; TRANI, A.L. **Calagem e adubação do tomate de mesa** Campinas: Instituto Agrônomo, 35 p. online. (Série Tecnologia Apta. Boletim Técnico IAC, 215), 2015.

WANG, S. Y.; GALLETTA, G. J. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **Journal Plant of Nutrition**, v. 21, n. 01, p. 157–167, 1998.

WERISSIMO, J.; DIAS, S.; OLIVEIRA, A.M. DE; FAVARO, F. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidroponico com rejeito de dessalinização. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 42, n. 01, p. 850–856, 2011.