



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MARIA AMANDA GUEDES**

**ECOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E  
ADUBAÇÃO SILICATADA**

POMBAL-PB

2022

MARIA AMANDA GUEDES

**ECOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E  
ADUBAÇÃO SILICATADA**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia do centro de ciência e tecnologia agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

**Orientadora:** Profa. DSc. Lauriane A. dos A. Soares

POMBAL - PB

2022

G924e Guedes, Maria Amanda.

Ecofisiologia de quiabeiro cultivado com águas salinas e adubação silicatada / Maria Amanda Guedes. – Pombal, 2022.  
44 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –  
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e  
Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Lauriane A. dos A. Soares.”.

Referências.

1. Quiabeiro. 2. Estresse salino – Atenuador – Adubação silicatada. 3. Cultivo irrigado. 4. Hortaliça. I. Soares, Lauriane A. dos A. II. Título.

CDU 635.648(043)

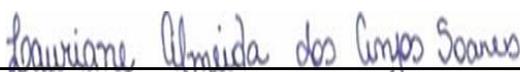
MARIA AMANDA GUEDES

**ECOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO CULTIVADO COM ÁGUAS SALINAS E  
ADUBAÇÃO SILICATADA**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Agronomia do centro de ciência e tecnologia agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 02/03/2022

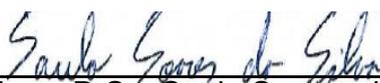
**BANCA EXAMINADORA:**



\_\_\_\_\_  
Orientador - Profa. D.Sc. Lauriane Almeida dos Anjos Soares  
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)



\_\_\_\_\_  
Membro – Profa. D.Sc. Aline Costa Ferreira  
(Universidade Federal de Campina Grande – CCTA – UAGRA)



\_\_\_\_\_  
Membro - D.Sc. Saulo Soares da Silva  
(Universidade Federal de Campina Grande – CTRN - PPGEA)

POMBAL-PB  
2022

*A Deus, meus pais e a meu noivo Geovane*

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por estar presente em todos os momentos em minha vida, me dando força e coragem para realizar meu sonho. Aos meus pais, José Agripino Guedes e Maria Gorete Pereira Guedes, por sempre acreditarem em mim, pelos esforços diários para que eu não desistisse, essa vitória é nossa.

Aos meus irmãos Alexandre, Aline e Aparecida, vocês fazem parte desse sonho, sonhado juntos.

Ao meu noivo Geovane Raionilson, por acreditar em mim e se fazer presente em todos os momentos, por toda paciência e ajuda nos momentos em que eu já nem acreditava que seria capaz.

A minha orientadora Professora Lauriane Almeida dos Anjos Soares, pela paciência, dedicação, compreensão, ajuda, incentivo e apoio desde o início até aqui.

Ao professor Geovani, pelas orientações, conselhos, paciência e pelo tempo dedicado.

Aos amigos que levarei eternamente na minha memória Luciane, Rafael e Vicente, com vocês a graduação foi mais leve e tranquila.

Aos meus primos Lucimar e Ludemário por toda ajuda desde o primeiro período, a vocês a minha eterna gratidão.

A minha amiga Waléria por sempre ter as melhores palavras nos momentos de dificuldade enfrentados.

A toda equipe salinidade, em especial Cristiane que se fez presente durante a condução desse trabalho.

A todos os membros da banca pela contribuição com o trabalho. A todos que fazem parte da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal, (professores, técnicos, amigos e funcionários).

Esse trabalho não é somente uma conquista minha, mas de todos aqueles que comigo caminharam para que eu chegasse até aqui.

**Obrigada!**

*“A gente tem que sonhar, se não as coisas não acontecem”*

*Oscar Niemeyer*

Guedes, M. A. **Ecofisiologia de quiabeiro cultivado com águas salinas e adubação silicatada**. 2022, 45p. Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB.

## RESUMO

Uma das características da região semiárida do nordeste brasileiro são águas e solos salinos, devido à baixa disponibilidade de água doce e alta evapotranspiração que em sua maioria prejudica o cultivo de hortaliças afetando fisiologicamente o desenvolvimento das culturas, uma alternativa para mitigar os efeitos deletérios do estresse salino constitui-se a utilização de adubação silicatada, que aumenta a tolerância e proporciona maior disponibilidade e absorção de nutrientes pela planta. Desta forma, objetivou-se avaliar o crescimento, os pigmentos fotossintéticos e a produção do quiabeiro cv. Valença em função da irrigação com águas salinas e adubação silicatada, investigar os efeitos de níveis salinos e doses de silício na Ecofisiologia do quiabeiro cv. Valença. O experimento foi conduzido sob condições de campo no município de Pombal-PB. Adotou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial  $5 \times 2$ , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1  $\text{dS m}^{-1}$ ) e duas doses de adubação silicatada (100 e 200 g de Silício por planta) com quatro repetições. A salinidade da água acima de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$  inibiu o crescimento em área foliar, altura de plantas, diâmetro de caule e o acúmulo de fitomassas das plantas de quiabeiro cv. Valença. A salinidade da água de até 1,0 e 2,1  $\text{dS m}^{-1}$  aumentou o potencial hídrico no limbo foliar e o diâmetro dos frutos de quiabeiro, respectivamente. A adubação com a dose 100 g por planta de silício, aumentou os teores de clorofila *b*, carotenoides e o extravasamento de eletrólitos em plantas de quiabeiro cv. Valença. A interação entre os níveis de condutividade elétrica da água doses de silício influenciou os teores de clorofila *b* e carotenoides e o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar de plantas de quiabeiro cv. Valença.

**Palavras-chave:** *Abelmoschus esculentus* L., estresse salino, atenuador.

Guedes, M. A. **Ecophysiology of okra cultivated with saline waters and silicate fertilization** . 2022, 45p. Monography (Bachelor in Agronomy) - Federal University of Campina Grande, Pombal – PB

### ABSTRACT

The use of saline water or soils in the cultivation of vegetables can affect the physiological and growth characteristics of plants, limiting their production in places with low availability of fresh water, such as the semi-arid region of Northeast Brazil. An alternative to mitigate the deleterious effects of salt stress is the use of silicate fertilization, which increases tolerance and provides greater availability and absorption of nutrients by the plant. Thus, this work aimed to investigate the effects of saline levels and silicon doses on water relations, growth, photosynthetic pigments and fruit production of okra cv. Valença. The experiment was carried out under field conditions in the municipality of Pombal-PB. The experimental design was randomized blocks, in a 5 × 2 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of water - EC<sub>w</sub> (0.3; 1.0; 1.7; 2.4 and 3.1 dS m<sup>-1</sup>) and two doses of silicate fertilization (100 and 200 g of silicon per plant) with four replications. Water salinity above 0.3 dS m<sup>-1</sup> inhibited the growth in leaf area, plant height, stem diameter and phytomass accumulation of okra plants cv. Valencia. Water salinity up to 1.0 and 2.1 dS m<sup>-1</sup> increased the water potential in the leaf blade and the diameter of okra fruits, respectively. Fertilization with a dose of 100 g per plant of silicon increased the levels of chlorophyll *b*, carotenoids and electrolyte leakage in okra plants cv. Valença. The interaction between the levels of electrical conductivity of water and doses of silicon influenced the levels of chlorophyll *b* and carotenoids and the extravasation of electrolytes in the leaf blade of okra plants cv. Valença.

**Key words:** *Abelmoschus esculentus* L., saline stress, attenuator

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Tabela 1.</b> Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.	<b>22</b>
<b>Tabela 2.</b> Resumo da análise de variância referente ao número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) do quiabeiro cv. Valença cultivado com águas salinas e adubação silicatada, aos 45 dias após o semeio.....	<b>28</b>
<b>Tabela 3.</b> Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> ), carotenoides (Car), extravasamento de eletrólitos (EE) e potencial hídrico ( $\Psi_w$ ), do quiabeiro cv. Valença cultivado com águas salinas e doses de silício, aos 62 dias após o semeio.....	<b>30</b>
<b>Tabela 4.</b> Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST), comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF) do quiabeiro cv. Valença cultivado com águas salinas e doses de silício, aos 70 dias após o semeio.....	<b>35</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Detalhes da realização do desbaste das plantas de quiabeiro, aos 38 dias após a semeadura (A), e visão geral do experimento aos 50 dias após a semeadura (B).....	22
<b>Figura 2.</b> Área foliar (A), altura de plantas (B) e diâmetro de caule (C) das plantas de quiabeiro cv. Valença em função dos níveis de condutividade elétrica da água - CEa, aos 45 dias após o semeio.....	29
<b>Figura 3.</b> Teores de clorofila <i>a</i> - (A) das plantas de quiabeiro cv. Valença em função dos níveis de condutividade elétrica da água – CEa e teores de clorofila <i>b</i> (B) e carotenoides (C) em função da interação entre os níveis de CEa e doses de silício, aos 65 dias após o semeio.....	31
<b>Figura 4.</b> Extravasamento de eletrólitos (A) e potencial hídrico (B) das plantas de quiabeiro cv. Valença sob níveis de CEa, em função da interação entre os níveis salinos da água – CEa e doses de silício, aos 65 dias após o semeio.....	34
<b>Figura 5.</b> Fitomassa seca do caule (A), da raiz (B) e seca total (C) das plantas de quiabeiro cv. Valença sob níveis de condutividade elétrica da água - CEa, aos 70 dias após o semeio.....	36
<b>Figura 6.</b> Diâmetro do fruto das plantas de quiabeiro cv. Valença sob níveis de condutividade elétrica da água - CEa, aos 70 dias após o semeio.....	38

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 GERAL .....	13
2.2. ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
3.1 ASPECTOS GERAIS DO QUIABEIRO.....	14
3.2 ÁGUA SALINA COMO ALTERNATIVA DE CULTIVO IRRIGADO NO SEMIÁRIDO ...	15
3.3 EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS .....	16
3.3.1 ESTRESSE SALINO EM QUIABEIRO .....	17
3.4 ADUBAÇÃO SILICATADA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO .....	18
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	20
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	20
4.3 UNIDADE EXPERIMENTAL.....	20
4.5 PREPARO DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO .....	22
4.6 MANEJO DE IRRIGAÇÃO.....	22
4.7 TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS.....	23
4.8 VARIÁVEIS ANALISADAS .....	23
<b>4.8.1 Crescimento .....</b>	<b>23</b>
<b>4.8.2 Pigmentos fotossintéticos .....</b>	<b>24</b>
<b>4.8.3 Percentual de dano celular e potencial hídrico .....</b>	<b>24</b>
<b>4.8.4 Fitomassas .....</b>	<b>25</b>
<b>4.8.5 Produção de frutos .....</b>	<b>25</b>
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	26
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma hortaliça anual pertencente à família das Malváceas, com uma produção mundial de 8.900,301 toneladas por ano, com uma grande importância para o Brasil cuja produção atingiu 77.157 toneladas (t), no ano 2017, destacando-se as regiões Sudeste e Nordeste cuja produtividade totalizou 43.341 t/ha (IBGE, 2017).

A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta condições edafoclimáticas favoráveis para a produção da cultura do quiabo (LAW-OGBOMO et al., 2013). No entanto, nesse território as chuvas são irregulares e de baixo índice pluviométrico o que acarreta o aumento de sais no solo e nas águas subterrâneas e superficiais (NOBRE et al., 2013; RIBEIRO et al., 2016; SILVA et al., 2019).

O uso de águas com altos teores de sais na água e/ou no solo contribui para a redução do potencial osmótico, comprometendo a absorção de água pelas plantas, ocasionando um déficit hídrico, podendo, também, apresentar toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos, em razão da acumulação excessiva de certos íons nos tecidos vegetais (MUNNS, 2005).

Entretanto, a tolerância das culturas à salinidade é variável em função da espécie, cultivar e fenologia (SANTOS, 2008). Desta forma, de acordo com MAAS (1984) o quiabeiro é classificado como uma planta sensível a salinidade, sendo a salinidade limiar no extrato de saturação de 1,3 dS m<sup>-1</sup>.

Portanto, uma alternativa para promover o aumento da tolerância da cultura do quiabo aos efeitos negativos da salinidade é a utilização do Silício (Si). As plantas contêm Si em seus tecidos, sendo que essa concentração na parte aérea varia muito de acordo com cada espécie (0,1 a 10% de Si no peso seco), mostrando uma distribuição desuniforme nos vegetais (LIANG et al., 2015).

A inclusão do silício como fertilizante agrícola ainda é uma prática pouco usual, devido ao fato do mesmo não ser considerado um nutriente essencial, porém, seus benefícios têm sido cada vez mais reconhecidos por pesquisadores do mundo todo (LUDWIG et al., 2015).

Embora o Si seja um elemento importante para inibição de estresses bióticos e abióticos existe poucos estudos sobre a cultura do quiabo. Em estudos realizados com a cana de açúcar sob estresse salino Ashraf et al. (2010) observaram que a adição do Si diminuiu a absorção e o transporte do Na<sup>+</sup> para a parte aérea e

aumentou a absorção de  $K^+$ , o que melhorou o crescimento e conseqüentemente a sua produção. Souza et al. (2015) em estudo, observou-se aumento na altura da planta quando o silício foi aplicado ao milho, contudo em estudo realizado por (CESSA et al., 2011) não foi observado aumento no tamanho das plantas de sorgo quando utilizou-se adubação com silício.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar o crescimento, os pigmentos fotossintéticos e a produção do quiabeiro cv. Valença em função da irrigação com águas salinas e adubação silicatada, investigar os efeitos de níveis salinos e doses de silício na Ecofisiologia do quiabeiro cv. Valença

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Avaliar o crescimento das plantas de quiabeiro cv. Valença submetidas a cinco níveis de condutividade elétrica da água e duas doses de adubação silicatada.
- Determinar as alterações nos pigmentos fotossintéticos do quiabeiro cv. Valença em função da irrigação com águas salinas e adubação silicatada.
- Avaliar a fitomassa seca do quiabeiro cv. Valença submetido a salinidade da água e adubação silicatada.
- Identificar a dose de silício mais eficiente quando associada aos distintos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, como forma de melhoria na produção do quiabeiro ao estresse salino;

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ASPECTOS GERAIS DO QUIABEIRO

O quiabeiro é uma planta olerícola de origem africana, pertencente à família Malvaceae, gênero *Abelmoschus* e espécie *Abelmoschus esculentus* (GALATI, 2010; PAES et al., 2012). É considerada uma planta anual, com folhas grandes e limbo profundamente recortados, lobados, pecíolo longo, áreas esverdeadas e avermelhadas; é uma planta arbustiva, de até 3 metros de altura, com porte ereto e caule semilenhoso, ramos laterais podem aparecer devido a práticas de manejo, como o uso de espaçamentos maiores no cultivo, as flores são hermafroditas (MORAES et al., 2018; AGUIAR, 2011).

Sua reprodução é feita por sementes, geralmente é utilizada a semeadura direta, por serem mais fácil devido ao processo de polinização cruzada, os frutos de quiabo são redondos ou pentagonais, tipo cápsula, cada fruto pode conter em média 60 sementes (COSTA et al., 2017).

Classificada como uma importante fonte de carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e vitaminas, sendo fonte de cálcio, ferro, niacina (OLIVEIRA et al., 2014). O quiabo é geralmente consumido cozido, e consumi-lo trás uma série de benefícios, por promover o funcionamento normal do sistema digestivo, fornecendo polissacarídeos de cadeia longa (SANTOS et al., 2013).

O quiabo pode crescer bem em muitos tipos de solo, mas é importante que os mesmos tenham uma boa drenagem, contendo os nutrientes ideais para a cultura, tais como N, P, K, Ca e Mg, o fertilizante orgânico também pode trazer muitos benefícios (FILGUEIRA, 2012). A faixa de temperatura média adequada para o seu cultivo é de 21,1 a 29,4 °C, a temperatura máxima média é de 35 °C e a temperatura mínima média é de 18,3 °C (EZEAKUNNE, 1984; GUILHERME et al., 2011).

No Brasil, de acordo com o censo Agropecuário do IBGE (2017), a região Nordeste é a segunda maior região produtora, com uma produção anual de 32.187 toneladas. Os maiores estados produtores dessa hortaliça são Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia e Sergipe, responsáveis por 68,9% da produção nacional, com 77.157 toneladas, a Paraíba, é responsável por uma produção anual de 448 toneladas, ocupando o 20º lugar.

### 3.2 ÁGUA SALINA COMO ALTERNATIVA DE CULTIVO IRRIGADO NO SEMIÁRIDO

Atualmente, a distribuição dos recursos hídricos é preocupante, não só ao nível da quantidade, mas também ao nível da qualidade da água, por ser um recurso essencial para vida, saúde, produção de alimentos, desenvolvimento econômico e meio ambiente sustentável (ALMEIDA, 2010).

A escassez de água em todo o mundo faz com que o manejo da irrigação ganhe importância, na área agrônômica. Com a crescente demanda por alimentos e a oferta limitadas de áreas agrícolas, faz-se necessário a utilização de solos com problemas de salinidade para a exploração agrícola. Solos salinos geralmente são encontrados em regiões áridas e semiáridas, e apresentam condutividade elétrica (CE) com valores iguais ou superiores a  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  (MUNNS; TESTER, 2008).

A salinização de origem antropogênica está relacionada à má gestão da irrigação em áreas agrícolas, em decorrência principalmente ao uso de água de poços artesianos, onde tem um alto teor médio de sal de  $11,8 \text{ dS m}^{-1}$  na maioria dos casos (QADOS; MOFTAH, 2015).

No Nordeste do Brasil, as áreas comprometidas por sais nos perímetros irrigados constituem transtornos econômicos e sociais para a região semiárida onde os sistemas agrícolas produtivos dependem da irrigação (MEDEIROS et al., 2010). Nesse sentido, a salinidade do solo e da água afeta diretamente o rendimento das lavouras, pois o excesso de sais reduz a quantidade de água disponível para as plantas. No entanto, a resposta das culturas é variável, algumas culturas podem produzir rendimentos viáveis em níveis elevados de salinidade, enquanto outras são sensíveis a níveis relativamente baixos (SANTANA et al., 2010).

O uso de água salina na irrigação sempre foi um desafio para produtores rurais e pesquisadores, que estão constantemente realizando pesquisas para possibilitar o uso da água de baixa qualidade sem afetar a produtividade das culturas (NASCIMENTO et al., 2015). Sendo necessária a adoção de estratégias de manejo do solo e da água, como a liberação de novo material genético adaptado às condições, para reduzir o impacto negativo do sal nas plantas (SÁ et al., 2015).

Medeiros et al. (2006) avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação em relação a germinação do quiabo, concluíram que o aumento do teor de sal inibiu

significativamente a germinação das sementes e o vigor das plântulas, principalmente em concentrações salinas acima de  $4 \text{ dS m}^{-1}$

Segundo Holanda et al. (2010), cerca de 30% das águas avaliadas nos estados nordestinos, principalmente no semiárido, é de má qualidade para irrigação, até mesmo em áreas irrigadas com águas com baixa salinidade podem ocasionar problemas com acúmulo de sais, devido ao manejo ineficiente.

### 3.3 EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS

Como sendo um dos estresses abióticos com maior impacto na produtividade das culturas, a salinidade interfere na absorção de nutrientes e em vários processos fisiológicos e metabólicos, devido às diferentes concentrações e composições iônicas do meio salino, resultando em redução do crescimento das plantas e alterações na qualidade do produto final (BORGES et al., 2014).

O limite em que a cultura consegue suportar a tolerância depende da concentração de sal presente na solução, do tempo de exposição, estágio de desenvolvimento da planta e da variabilidade genética que está trabalhando (AYERS; WESTCOT, 1999). Além de prejudicar as propriedades físicas e químicas do solo, o excesso da salinidade, pode levar a uma redução geral no crescimento das plantas cultivadas e causar prejuízos às atividades agrícolas (CAVALCANTE et al., 2010).

Em geral, a intensidade com que o estresse salino pode afetar o crescimento e a produção das culturas depende de outros fatores, como alta temperatura, baixa umidade atmosférica, forte radiação, espécie e cultivar. Manejo de culturas, irrigação, condições edafoclimáticas e adubação de nutrientes (MEHDI-TOUNSI et al., 2017).

As concentrações elevadas de sais diluídas na solução do solo têm efeito direto nas relações hídricas, considerada um fator negativo para as culturas, diminuindo a capacidade de movimentação dos nutrientes pelas raízes, devido à disponibilidade de água de nutrientes causados pelo efeito osmótico podendo acarretar desequilíbrio nutricional, toxicidade iônica ou ambos (ALVES et al., 2011; NEVES et al., 2009).

### 3.3.1 ESTRESSE SALINO EM QUIABEIRO

De acordo com estudos a cultura do quiabeiro é sensível à salinidade, com salinidade limiar de  $1,3 \text{ dS m}^{-1}$  no extrato de saturação (CAMPOS, 2013). O quiabeiro é considerado mais sensível ao estresse salino no estágio inicial, pois devido à dificuldade de absorver água, a densidade radicular é reduzida, devido a comprometimentos no processo de turgescência da célula radicular e comprimento da raiz (JEYAPRABA et al., 2016).

Avaliando a cultura do quiabo sob diferentes níveis salinos, Abid et al. (2002) observaram que o uso de água com condutividade superior a  $2,0 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu a produtividade dos frutos, devido aos efeitos adversos do estresse salino sobre a transpiração e fotossíntese das plantas. Modesto et al. (2019) analisando o crescimento, rendimento e o consumo de água da cultura do quiabeiro afetada pela salinidade em condições hidropônicas, estimou-se que a produtividade máxima do quiabeiro para as condições analisadas foi de  $31,36 \text{ t ha}^{-1}$ , para estes autores, a salinidade limiar da solução nutritiva do quiabeiro em hidroponia é de  $5,43 \text{ dSm}^{-1}$

Silva et al. (2006) em estudo analisando diferentes concentrações salina, observou o efeito da salinidade da água de irrigação em relação ao crescimento vegetativo do quiabeiro, e notaram que o acréscimo dos níveis de salinidade da água de irrigação procedeu em queda do rendimento da matéria seca das folhas do quiabeiro.

Avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação na germinação do quiabeiro, Medeiros et al. (2006) concluíram que o aumento da salinidade inibiu significativamente a germinação e o vigor das plântulas, principalmente em concentrações salina acima de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . Nascimento et al. (2013) estudando a qualidade pós-colheita dos frutos de quiabo produzidos sob diferentes lâminas de águas salinas, observaram reduções na qualidade dos frutos durante armazenamento com o aumento dos níveis salinos.

Saleen et al. (2011) estudando duas cultivares de quiabo (Nirali e Posa Sawni) sob estresse salino de 50; 100 e 150 mM de NaCl em condições de casa de vegetação, concluiu que o aumento da salinidade proporcionou um decréscimo significativo na parte aérea e na massa fresca de raiz.

### 3.4 ADUBAÇÃO SILICATADA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO

A utilização do silício (Si) como elemento capaz de reduzir os efeitos negativos do estresse abiótico nas plantas, tem despertado interesse na área da produção vegetal (CANTUÁRIO et al., 2014). É um elemento químico que é considerado não essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, no entanto tem uma variedade de efeitos benéficos, como baixo coeficiente de transpiração, melhor aproveitamento da água; maior teor de clorofila e rigidez estrutural dos tecidos e aumento da resistência mecânica celular onde deixa as folhas mais eretas, aumentando a área fotossintética e a absorção de dióxido de carbono (FERRAZ et al., 2015; COSTA et al., 2016).

O Si é absorvido pelas raízes na forma de ácido monossilícico e passa através do xilema, por meio da transpiração, ou ativamente, usado para transportar proteínas específicas, isso acontece quando as plantas estão sob estresse ou condições de ataque de pragas e doenças (OLIVEIRA et al., 2009). As plantas geralmente contêm Si em seus tecidos, e esta concentração na parte aérea varia por espécie (0,1% a 10% do peso seco de Si), mostrando uma distribuição desigual em vegetais (LIANG et al., 2015).

A redução dos efeitos deletérios do estresse salino sobre as plantas está associada aos mecanismos de atuação do Si, tais como decréscimos nas concentrações de sais nas plantas, devido ao acúmulo de Si nas folhas reduzir a transpiração, diminuição do transporte de  $\text{Na}^+$  nas raízes e aumento do metabolismo antioxidante (SHI et al., 2013).

Assim com o aumento da disponibilidade de Si nas plantas há também um desenvolvimento nas mesmas, já que este elemento pode atuar indiretamente em vários aspectos fisiológicos e bioquímicos aumentando os níveis de clorofila no tecido foliar, alterando a arquitetura e evitando autossombreamento excessivo, retardando a senescência e proteção quando submetidas a qualquer tipo de estresse (ABDALLA, 2011).

Estudos estão sendo desenvolvidos para esclarecer todos os mecanismos pelos quais o Silício contribui para a tolerância das plantas quando submetidas a estresse salino. Um estudo foi realizado para observar o fornecimento do Si para as plantas a partir da liberação do uso do silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) como fertilizante, onde o mesmo é fonte de suprimento desse elemento utilizado na agricultura, com o

objetivo de reduzir os efeitos deletérios do estresse, inclusive biológicos e não biológico (FREITAS, 2011).

Cao et al. (2015) observaram aumento da atividade de enzimas antioxidantes e aumento da eficiência fotoquímica do FSII em folhas de tomateiro sob estresse salino. Ferraz et al. (2015) avaliando o cultivo da mamoneira sob diferentes níveis salinos (0, 2, 4 e 6 dS m<sup>-1</sup>) e fertilização com silício nas concentrações de (0, 100, 200 e 300 mg L<sup>-1</sup>), verificaram que o aumento nas concentrações de Si resultou em incrementos nos teores da clorofila total independentemente do nível salino. Entretanto, os estudos envolvendo a utilização de silício na cultura do quiabo são escassos, sendo de fundamental importância a realização de estudos, no intuito de viabilizar alternativas que contribuam para atenuação dos problemas ocasionados pela salinidade na cultura.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida em condições de campo na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Campus Pombal - PB Brasil, localizada 6°48'16" de latitude S, 37°49'15" de longitude W e altitude média de 144 m. De acordo com a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh semiárido quente, temperatura média anual de 28°C, precipitações pluviométricas em torno de 750 mm ano<sup>-1</sup> e evaporação média anual de 2000 mm (COELHO; SONCIN, 1982).

### 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) e duas doses de adubação silicatada (100 e 200 g de Si por planta) parceladas em oito vezes, dispostos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas experimentais.

### 4.3 UNIDADE EXPERIMENTAL

Utilizou-se nesta pesquisa cv. Valença, pela precocidade do seu ciclo (colheita entre 50-60 dias), frutos com tamanho de 18 x 2 cm e textura suave. O cultivo de quiabeiro foi realizado em vasos, com capacidade de 20L, preenchidos com 23,5 kg de solo. Antes do preenchimento dos vasos, para evitar o entupimento dos drenos, no fundo de cada um dos dois drenos foi colocado tecido geotêxtil Bidim uma camada de 0,3 kg de brita. O solo utilizado no preenchimento dos vasos foi classificado como Neossolo Regolítico de textura franco-arenosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de São Domingos- PB, após destorroado o mesmo foi caracterizado quanto aos atributos físico-químicos (Tabela 1) conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017).

**Tabela 1.** Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

		Características químicas						
pH H <sub>2</sub> O)	M.O.	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
(1:2,5)	g kg <sup>-1</sup>	(mg kg <sup>-1</sup> )	.....cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> .....					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....			.....Características físicas.....					
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Umidade (dag kg <sup>-1</sup> )	
(dS m <sup>-1</sup> )	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	(mmol L <sup>-1</sup> ) <sup>0,5</sup>	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa <sup>1</sup>	1519,5 kPa
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> extraídos com KCl 1 M pH 7,0; Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> extraídos utilizando-se NH<sub>4</sub>OAc 1 M pH 7,0; Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup> extraídos utilizando-se CaOAc 0,5 M pH 7,0; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável

Realizou-se a semeadura colocando-se três sementes de quiabeiro cv. Valença por lisímetro, a dois centímetros de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 38 dias após a semeadura (DAS) foi realizado um desbaste com a finalidade de se deixar apenas uma planta por vaso (Figuras 1A e B). Antes da semeadura, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo, utilizando-se água de abastecimento local de 0,3 dS m<sup>-1</sup>.



**Figura 1.** Detalhes da realização do desbaste das plantas de quiabeiro, aos 38 dias após a semeadura (A), e visão geral do experimento aos 50 dias após a semeadura (B).

#### 4.4 MANEJO NUTRICIONAL

As doses de silício foram fornecidas em cobertura aos 42 DAS, aplicadas semanalmente via fertirrigação, sendo utilizado como fonte o silicato de potássio. Já as adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram feitas conforme recomendação de Novais et al. (1991), sendo aplicado o equivalente a 100 mg de N

kg<sup>-1</sup>; 300 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> e 150 mg de K<sub>2</sub>O por kg de solo, respectivamente. Como fonte de fósforo foi utilizado o monoamônio fosfato, sendo a necessidade de N complementada com a ureia e de potássio com cloreto de potássio. O nitrogênio, fosforo e potássio foram aplicados através de três aplicações a cada quinze dias.

A necessidade de micronutrientes foi suprida através de três aplicações a cada quinze dias de uma solução de Ubyfol [(N (15%); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (15%); K<sub>2</sub>O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%)] contendo 1,0 g L<sup>-1</sup>. As pulverizações foram realizadas nas faces adaxial e abaxial das folhas.

#### 4.5 PREPARO DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO

A água de menor condutividade elétrica (0,3 dS m<sup>-1</sup>) foi obtida do sistema público de abastecimento de Pombal-PB e os demais níveis de CEa foram preparadas a partir da dissolução do cloreto de sódio (NaCl) considerando a relação entre CEa e concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme Eq. 1:

$$C = 10 \times ECw \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

C = concentração de sais a ser aplicado (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>);

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

#### 4.6 MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Antes do transplante elevou-se o teor de umidade do solo ao nível correspondente a capacidade máxima de retenção de água, sendo as irrigações realizadas diariamente com água de baixa condutividade elétrica (0,3 dS m<sup>-1</sup>) até os 24 DAS. Após este período iniciou-se a irrigação com os diferentes níveis salinos, com turno de rega de um dia, cuja lâmina aplicada foi determinada com base no balanço hídrico de forma a repor o consumo médio diário das plantas e uma fração de lixiviação a cada 15 dias, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9 para obter uma fração de lixiviação correspondente a 10%, visando promover a lixiviação do excesso de sais na zona radicular, provenientes da água de irrigação (Eq. 2).

$$V_i = \frac{V_A - V_D}{1 - FL} \quad (2)$$

Em que:

$V_i$  - volume de água a ser usado no evento de irrigação (L);

$V_a$  - volume aplicado no evento de irrigação anterior (L);

$V_d$  - volume drenado (L);

FL - coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de 10%.

#### 4.7 TRATOS CULTURAIS E FITOSSANITÁRIOS

O controle fitossanitário foi realizado por intervenções químicas, com aplicações preventivas de defensivos comerciais, como inseticidas e fungicidas, utilizando-se de pulverizador manual de compressão prévia. Para o controle de plantas invasoras nos lisímetros, foram efetuadas capinas manuais com o objetivo de neutralizar a competição interespecífica por água e nutrientes.

#### 4.8 VARIÁVEIS ANALISADAS

##### 4.8.1 Crescimento

Aos 45 DAS foi avaliado o crescimento do quiabeiro, sendo determinados:

a) Número de folhas (NF)

Na contagem, foram consideradas as folhas maduras com comprimento superior a 3 cm e com coloração característica da cultivar.

b) Área foliar (AF)

Determinada com auxílio de uma régua graduada, sendo o somatório da área foliar da planta mensurado de acordo com a metodologia estabelecida por Fideles Filho et al. (2010), conforme Eq. 3:

$$AF = \sum 0,7254 (x)^{2,08922} \quad (3)$$

Em que:

AF - área foliar por planta (cm<sup>2</sup>); e,

x - comprimento da nervura principal da respectiva folha (cm);

c) Altura das plantas (AP)

Comprimento da parte aérea, em centímetros, do nível do solo (colo da planta) até a gema apical do ramo principal.

d) Diâmetro do caule (DC)

Determinado a 2 cm do solo, com uso de paquímetro digital, com leituras em 'mm'.

#### 4.8.2 Pigmentos fotossintéticos

Aos 62 DAS, avaliaram-se os pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* (*Cl a*), *b* (*Cl b*) e carotenoides (*CAR*). Os teores de clorofila *a*, *b*, e carotenoides, foram determinados por meio de amostras de 5 discos do limbo da terceira folha madura a partir do ápice, conforme indica a metodologia proposta por (ARNON, 1949). A partir dos extratos, foram mensuradas as concentrações destes compostos nas soluções por meio de um espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das Eqs. 4, 5 e 6:

$$Cl\ a = 12,21\ ABS_{663} - 2,81\ ABS_{646} \dots\dots\dots(4)$$

$$Cl\ b = 20,13\ ABS_{646} - 5,03\ ABS_{663} \dots\dots\dots(5)$$

$$Car = (1000\ ABS_{470} - 1,82\ Cl\ a - 85,02\ Cl\ b)/198 \dots\dots\dots(6)$$

Em que: *Cl a* = Clorofila *a*; *Cl b* = Clorofila *b*; e *Car* = Carotenoides totais. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides nas folhas foram expressos em mg g<sup>-1</sup> de matéria fresca (mg g<sup>-1</sup> MF).

#### 4.8.3 Percentual de dano celular e potencial hídrico

No sentido de avaliar a capacidade de disruptura da membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o extravasamento de eletrólitos na membrana celular aos 65 DAS. Para tanto, foram coletados na 3ª folha do ápice caulinar 10 discos foliares de 113 mm<sup>2</sup> de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos as folhas, os quais foram acondicionados em beckers, com 50 mL de água destilada e fechado hermeticamente com papel alumínio. Os beckers foram mantidos à temperatura de 25°C, por 120 minutos, onde foi procedida a condutividade elétrica inicial (*Ci*). Posteriormente, os beckers foram conduzidos à estufa com ventilação forçada de ar e submetidos à temperatura de

80°C por 150 minutos, seguida pela mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o extravasamento de eletrólitos na membrana celular, foi obtido  $EEF = (C_i/C_f) * 100$  conforme Scotti Campos et al. (2013).

O potencial hídrico da cultura foi determinado aos 65 DAS de modo que a folha, órgão a ser mensurado necessitou-se de um corte e colocado na câmara. A bomba de pressão (tipo Scholander) visando medir a pressão hidrostática negativa (tensão) que existe no xilema de muitas plantas segundo Scholander et al. (1965). Nesse caso é assumido que o potencial  $\Psi_w$  do xilema é igual ao  $\Psi_w$  médio de todos os órgãos. Antes do corte, a coluna de água no xilema está sob tensão, quando a coluna de água é cortada a água é puxada para dentro dos capilares do xilema. Para fazer a medição, a câmara é pressurizada com gás comprimido até que a água retorne para a superfície do corte, deve-se parar a pressurização e anotar a pressão marcada no manômetro. Este valor negativo corresponde ao  $\Psi_w$  do órgão. Fez-se a leitura em uma planta por tratamento, no intervalo entre 6 e 7 horas da manhã.

#### **4.8.4 Fitomassas**

Ao final do ciclo da cultura, aos 70 DAS, coletaram-se as plantas, separando-as em folhas, caules e raízes, para serem acondicionadas as partes em sacos de papel e levados para secagem em estufa de circulação de ar, mantida a 65 °C, até peso constante; posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão de 0,0001 g, obtendo-se a fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC) e de raiz (FSR), cujo somatório resultou na fitomassa seca total (FST).

#### **4.8.5 Produção de frutos**

A colheita dos frutos foi feita manualmente à medida que se mostravam com a coloração verde típica dos frutos maduros. Foram mensurados o comprimento médio do fruto (CMF) e o diâmetro médio do fruto (DMF), o comprimento do fruto foi medido a partir da ponta do fruto até o seu ponto de inserção do pedúnculo e o diâmetro do fruto determinado na porção mediana dos frutos com o auxílio de um paquímetro digital, com leituras em 'mm'.

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo foram realizados análise de regressão para o fator níveis salinos e teste de comparação de médias (Tukey em nível de 0,05 de probabilidade) para as doses de silício e, quando houve interação significativa entre os fatores realizou-se o desdobramento do fator doses de silício (DS) dentro de níveis salinos (NS) utilizando-se do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo dos níveis de condutividade elétrica da água sobre a área foliar (AF), altura de plantas (AP) e diâmetro de caule (DC) das plantas de quiabeiro cv. Valença, aos 45 dias após a semeadura (Tabela 2). As doses de silício e a interação entre os fatores não influenciaram de forma significativa ( $p > 0,05$ ) nenhuma das variáveis mensuradas.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente ao número de folhas (NF), área foliar (AF), altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) do quiabeiro cv. Valença cultivado com águas salinas e adubação silicatada, aos 45 dias após o semeio.

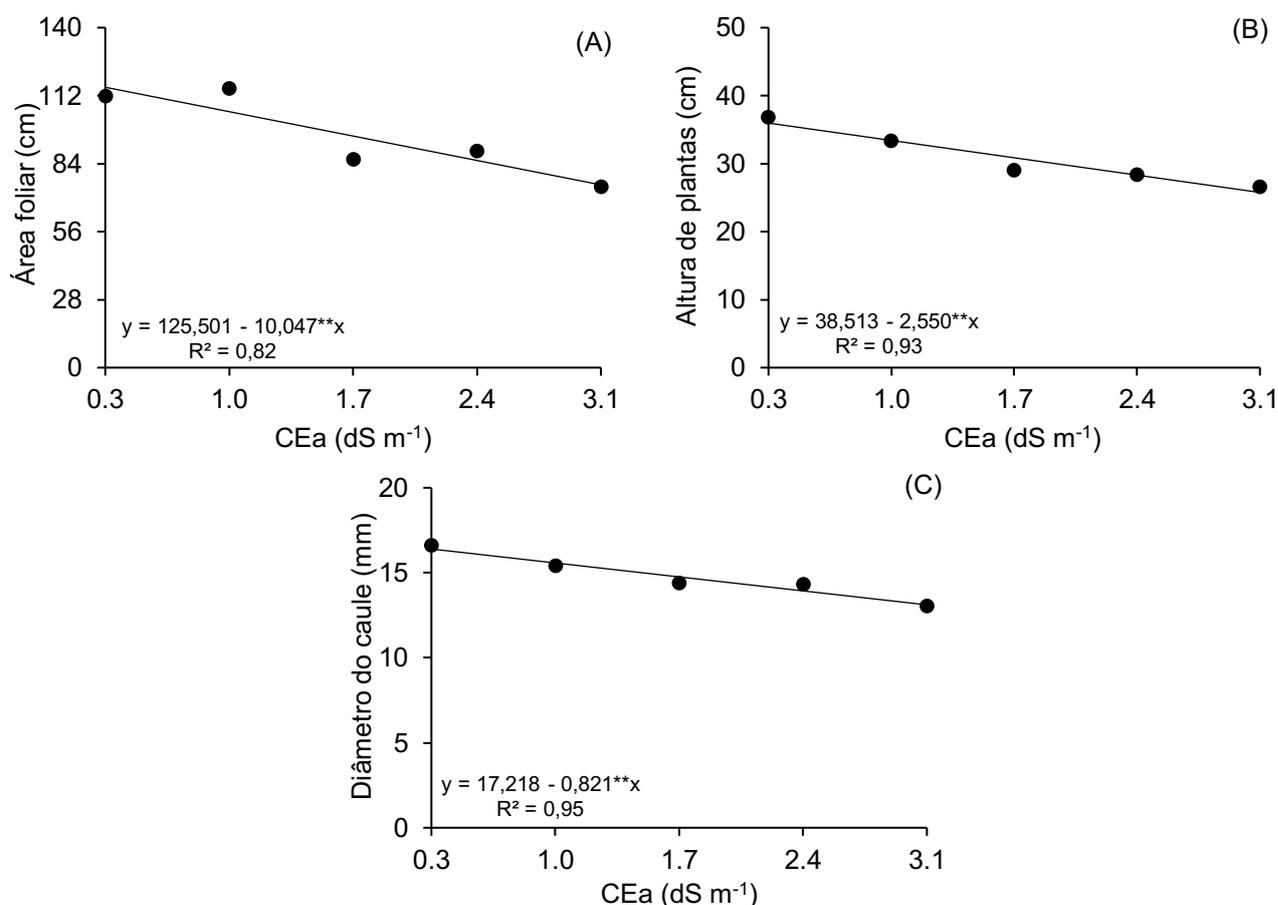
FV	GL	Quadrados médios			
		NF	AF	AP	DC
Níveis salinos (NS)	4	199,850 <sup>ns</sup>	2441,985*	139,694**	14,183**
Regressão linear	1	714,013**	8075,979**	520,200**	53,923**
Regressão quadrática	1	5,580 <sup>ns</sup>	6,322 <sup>ns</sup>	29,009 <sup>ns</sup>	0,380 <sup>ns</sup>
Doses de silício (DS)	1	48,400 <sup>ns</sup>	41,698 <sup>ns</sup>	17,556 <sup>ns</sup>	2,102 <sup>ns</sup>
Interação (NS × DS)	4	54,025 <sup>ns</sup>	1121,108 <sup>ns</sup>	8,306 <sup>ns</sup>	1,573 <sup>ns</sup>
Blocos	3	114,967 <sup>ns</sup>	1427,314 <sup>ns</sup>	25,989 <sup>ns</sup>	6,961 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	28,77	27,59	14,99	11,35

<sup>ns</sup>, \*\*, \*, respectivamente, não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$  de probabilidade.

A área foliar do quiabeiro foi afetada pela salinidade da água e através da equação de regressão (Figura 2A) verifica-se decréscimo linear de 8,0% por incremento unitário da CEa. Ao comparar a área foliar das plantas cultivadas sob CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> em relação as que foram submetidas ao menor nível salino (0,3 dS m<sup>-1</sup>), verifica-se diminuição de 22,96%. A redução do crescimento nas plantas sob salinidade pode ser atribuída ao estresse osmótico, provocado pela redução do potencial hídrico externo, e ao efeito iônico causado pelo acúmulo de íons nos tecidos vegetais (LIMA et al., 2014) e pode estar associada à redução da divisão celular e expansão da superfície foliar (LIMA et al., 2017).

A altura de plantas do quiabeiro também diminuiu linearmente com o incremento nos níveis de salinidade da água (Figura 2B), cujo decréscimo foi de 5,85% por aumento unitário da CEa. As plantas de quiabeiro irrigadas com CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> tiveram uma redução no crescimento em AP de 7,14 cm (18,91%), em relação as que estavam submetidas a salinidade da água de 0,3 dS m<sup>-1</sup>. A inibição

do crescimento das plantas sob estresse salino é resultado do efeito osmótico da solução salina, bem como o desequilíbrio na absorção e assimilação de nutrientes, e da toxidez iônica ao metabolismo (REZENDE et al., 2018). Em pesquisa desenvolvida por Vieira et al. (2016) com o objetivo de avaliar o crescimento de tomate cultivadas sob irrigação salina (CEa: 0,3 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>) também constataram que houve redução no crescimento em altura de plantas com o de incremento da CEa, aos 54 e 125 dias, respectivamente, após o transplantio.



**Figura 2.** Área foliar (A), altura de plantas (B) e diâmetro de caule (C) das plantas de quiabeiro cv. Valença em função dos níveis de condutividade elétrica da água - CEa, aos 45 dias após o semeio

O diâmetro de caule das plantas de quiabeiro cv. Valença também decresceu de forma linear com o aumento nos níveis salinos da água. De acordo com a equação de regressão (Figura 2C), verifica-se diminuição no DC de 4,77% por incremento unitário da CEa. Ao comparar o crescimento das plantas de quiabeiro cultivadas sob CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> em relação as que estavam submetidas ao menor nível salino da água (0,3 dS m<sup>-1</sup>) constata-se redução no DC de 2,29 mm (13,54%).

Em estudo com a cultura do pimentão, Lima et al. (2016) verificaram que o aumento da CEa de 0,6 para 3,0 dS m<sup>-1</sup> resultou em uma redução de 1,00mm (9,31%) no diâmetro de caule, aos 90 dias após o transplântio. De forma similar, Oliveira et al. (2013) ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de salinidade (0,5; 2,0; 3,5; e 5,0 dS m<sup>-1</sup>) da água de irrigação no diâmetro de plantas de moringa, verificaram perdas significativas (36,49%) devido do aumento da salinidade da água de 0,5 para 5,0 dS m<sup>-1</sup>. Os declínios também foram relatados por Santana et al. (2010) que, ao avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação (0,1; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS m<sup>-1</sup>) no desenvolvimento e produção de pepinos caipira, observaram menores valores de diâmetro de plantas nos maiores níveis de salinidade da água 8,0 dS m<sup>-1</sup>.

Verifica-se efeito significativo da interação entre os fatores (NS × DS) para clorofila *b* e extravasamento de eletrólitos das plantas de quiabeiro cv. Valença (Tabela 3). Os níveis de CEa influenciaram de forma isolada os teores de clorofila *a*, carotenoides e potencial hídrico. As doses de silício afetaram de forma significativa apenas o extravasamento de eletrólitos das plantas de quiabeiro.

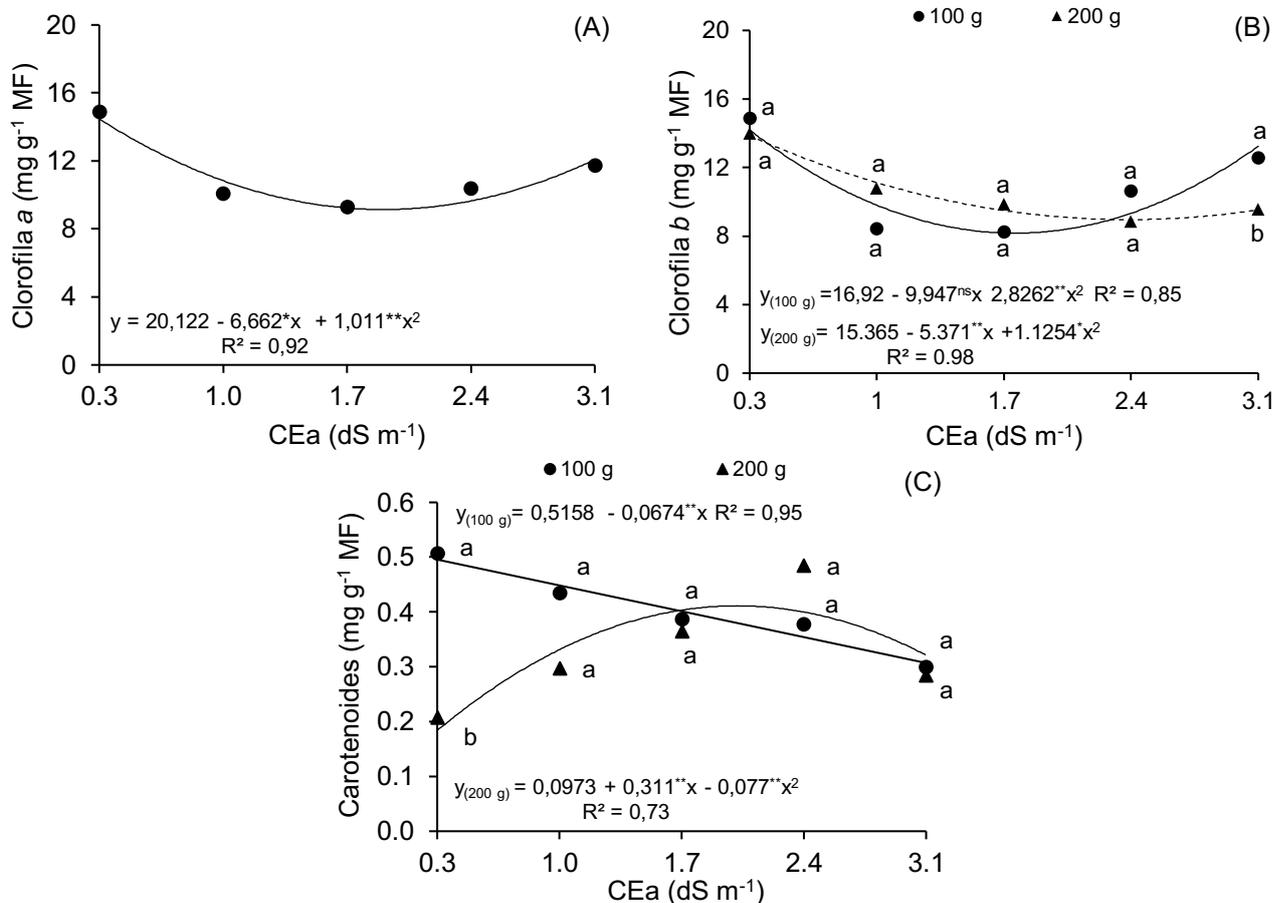
**Tabela 3.** Resumo da análise de variância referente aos teores de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), carotenoides (Car), extravasamento de eletrólitos (EE) e potencial hídrico ( $\Psi_w$ ), do quiabeiro cv. Valença cultivado com águas salinas e doses de silício, aos 62 dias após o semeio

FV	GL	Quadrados médios				
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Car	EE	$\Psi_w$
Níveis salinos (NS)	4	38,684**	37,735**	0,088**	59,626**	0,036**
Regressão linear	1	28,668*	34,716**	0,067 <sup>ns</sup>	177,376**	0,047**
Regressão quadrática	1	114,393**	105,032**	0,009 <sup>ns</sup>	39,026**	0,054**
Doses de silício (DS)	1	1,726 <sup>ns</sup>	1,278 <sup>ns</sup>	0,031 <sup>ns</sup>	269,056**	0,0004 <sup>ns</sup>
Interação (NS × DS)	4	11,182 <sup>ns</sup>	10,427*	0,045 <sup>ns</sup>	48,150**	0,002 <sup>ns</sup>
Blocos	3	20,121**	15,420*	0,011 <sup>ns</sup>	5,739**	0,008 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	18,49	18,14	42,01	12,70	22,11

<sup>ns</sup>, \*\*, \*, respectivamente, não significativo, significativo a  $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$  de probabilidade.

A salinidade da água de irrigação proporcionou um efeito quadrático para a clorofila *a* (Figura 3A) das plantas de quiabeiro, onde o maior valor (14,46 mg g<sup>-1</sup> MF) foi observado nas plantas que receberam CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup> e o menor valor nas que estavam sob irrigação com CEa de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (9,23 mg g<sup>-1</sup> MF). Os menores valores desse pigmento indicam prejuízos no processo fotossintético, pois

a Cl *a* é o pigmento em maior abundância na membrana do tilacóides, sendo responsável pela captação de energia luminosa que será posteriormente utilizada na fotossíntese, portanto essa redução não somente estar relacionada a um estresse oxidativo desencadeado pelo aumento de sais no solo, mas pode também estar relacionado a uma resposta da planta que sob condições de estresse, reduz a produção de clorofilas o que implica em menor captação de energia luminosa, evitando estresses foto-oxidativos (STREIT et al., 2005).



**Figura 3.** Teores de clorofila *a* - (A) das plantas de quiabeiro cv. Valença em função dos níveis de condutividade elétrica da água – CEa e teores de clorofila *b* (B) e carotenoides (C) em função da interação entre os níveis de CEa e doses de silício, aos 65 dias após o semeio

O desdobramento da interação entre fatores salinidade da água de irrigação e doses de silício (CEa × DS) ocasionou um comportamento quadrático nos teores de clorofila *b* nas plantas cultivadas sob doses de 100 e 200 g de Si por planta, cujos maiores valores de Cl *b* foram obtidos nas plantas irrigadas com CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, sendo que a adubação de 100 g de Si por planta proporcionou o maior valor de Cl *b*

(14,19 mg g<sup>-1</sup> MF) comparando-se a adubação de 200 g de Si de (13,85 mg g<sup>-1</sup> MF). Os menores valores encontrados de Cl *b* em plantas de quiabeiro foram constatados quando as plantas foram irrigadas com CEa de 1,7 (8,17 mg g<sup>-1</sup> MF) e adubadas com 100 g de Si por planta e de 2,4 dS m<sup>-1</sup> nas plantas que receberam 200 g de Si (8,95 mg g<sup>-1</sup> MF).

No entanto, quando as plantas de quiabeiro receberam irrigação com água de maior salinidade (3,1 dS m<sup>-1</sup>), verifica-se acréscimo de 38,97% na Cl *b* das plantas que receberam 100 g de Si por planta, em comparação com as que receberam 200 g de Si, sendo assim pode-se inferir que a dose de 100 g de Si é adequada para mitigar os efeitos negativos dos sais em Cl *b* em plantas de quiabeiro (Figura 3B). De acordo com Song et al. (2014) o silício protege os pigmentos fotossintéticos, atuando como antioxidantes e conferindo maior estabilidade aos cloroplastos em condições de estresse salino, proporcionando aclimatação em plantas nessas condições.

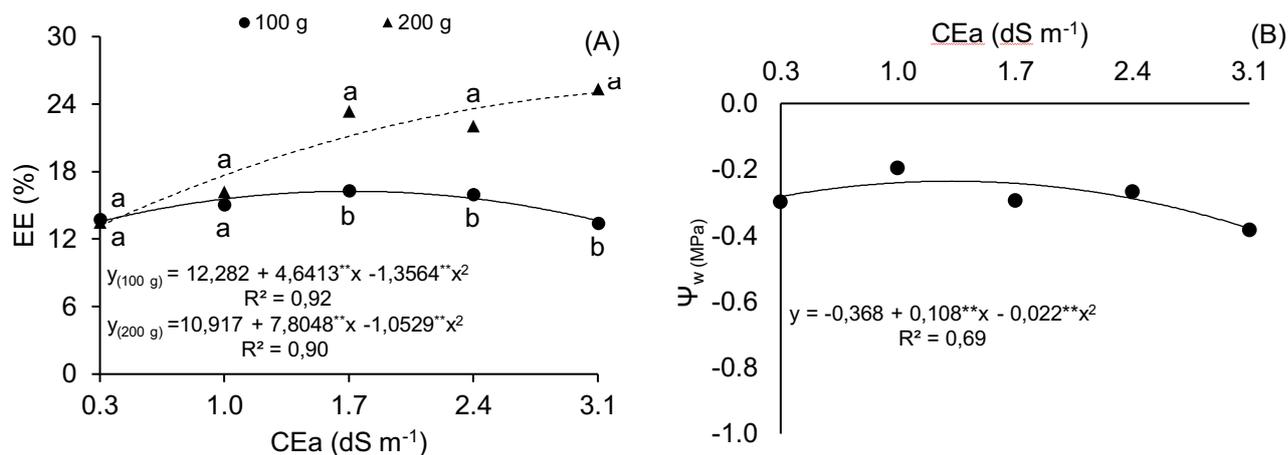
Diniz et al. (2021) em pesquisa avaliando os teores de pigmentos fotossintéticos em plantas de maracujazeiro amarelo sob irrigação com águas salinas (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) e adubação silicatada (0; 25; 50; 75 e 100 g silício por planta) constataram que as doses crescentes de Si estimularam a síntese de clorofila *a* quando as plantas foram irrigadas com CEa de 1,6, 1,0 e 2,5 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Em pesquisa com o algodoeiro, Pinheiro et al. (2019) constataram diminuição na síntese clorofila *b* das plantas com o incremento da salinidade da água de 0,7 dS m<sup>-1</sup> para 6,7 dS m<sup>-1</sup>.

Com relação aos dados de carotenoides totais (Car), verifica-se que houve comportamento linear decrescente com o aumento dos níveis salinos nas plantas que receberam 100 g de Si, com decréscimos de 13,06% por aumento unitário da CEa (Figura 3C). A redução no Car das plantas irrigadas com 3,1 dS m<sup>-1</sup> foi 60,88% em relação às que foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,3 dS m<sup>-1</sup>). Já as plantas que receberam adubação com 200 g de Si, observa-se maiores valores de Car sob irrigação com CEa de 1,7 dS m<sup>-1</sup> onde verificou-se média de 0,40347 mg g<sup>-1</sup> MF, o que representa acréscimo de 0,2198 em relação ao menor valor encontrado sob CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup> (0,1836 mg g<sup>-1</sup> MF). De forma semelhante ao observado com Cl *b*, a adubação com 100 g de Si por planta, proporcionou os maiores valores em relação as que receberam 200 g de Si por planta sob irrigação com água de baixa

salinidade (0,3 dS m<sup>-1</sup>). Para os demais níveis salinos, as adubações com Si não diferiram entre si (Figura 3C).

Sob condições de salinidade, as plantas podem produzir uma quantidade maior de espécies reativas de oxigênio (ERO's) como peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e o oxigênio singlete (<sup>1</sup>O<sup>2</sup>), sendo os carotenoides um composto lipossolúvel que confere fotoproteção às plantas e protege da perda de integridade da membrana resultado da peroxidação lipídica, portanto a redução no teor de CAROT é um indicativo de um estresse oxidativo (WILLADINO; CAMARA, 2010). Estudo com cultivo de quiabeiro irrigado com águas salinas (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) adubação com nitrogênio e potássio (0:40; 70:60; 100:80; 130:100; 160:120% da dose recomendada), Sales (2021) constatou que os carotenoides decresceram linearmente em função do incremento dos níveis salinos, com uma média de 5,49 mg g<sup>-1</sup> quando as plantas foram irrigadas com água de baixa salinidade 0,3 dS m<sup>-1</sup> reduzindo para 4,99 mg g<sup>-1</sup> MF quando as plantas foram irrigadas com água de maior salinidade (3,1 dS m<sup>-1</sup>).

O extravasamento de eletrólitos (Figura 4A) apresentou um comportamento quadrático nas plantas cultivadas sob adubação com 100 e 200 g de Si, sendo os maiores valores encontrados sob irrigação com CEa de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (16,25%) e 3,1 dS m<sup>-1</sup> (24,99%), respectivamente. Em ambas as doses de Si, as plantas apresentaram os menores valores de EE% quando irrigadas com água de baixa salinidade (0,3 dS m<sup>-1</sup>), com médias de 13,55 e 13,16% para as plantas adubadas com 100 e 200 g de Si, respectivamente. Verifica-se maior EE% em plantas de quiabeiro adubadas com 200 g de Si (13,63%) comparada com as que receberam 100 g de Si (24,99%) e irrigadas com CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup>, indicando que a dose de 200 g de Si intensifica os efeitos deletérios dos sais nas plantas, pois o EE% estar relacionado a estabilidade da membrana celular, de forma que valores mais elevados representam dano celular (PEREIRA; CARDOSO, 2012). Resultados semelhantes foram encontrados com a cultura do tomate cultivados com águas de baixa e alta salinidade (4,3 dS m<sup>-1</sup>) e concentrações de ácido salicílico (AS) (0; 0,25; 0,5 e 1,0 mM) onde o EE% foi superior na condição salina comparada a baixa salinidade, no qual essa variável reduziu linearmente 19% em função do aumento das concentrações de AS entre 0 e 1,0 mM, sendo que na concentração de 1,0 mM assemelhou-se a baixa salinidade (MAIA JÚNIOR et al., 2020).



**Figura 4.** Extravasamento de eletrólitos (A) e potencial hídrico (B) das plantas de quiabeiro cv. Valença sob níveis de CEa, em função da interação entre os níveis salinos da água – CEa e doses de silício, aos 65 dias após o semeio.

O potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) das plantas de quiabeiro ajustou-se ao modelo quadrático (Figura 4B), onde a irrigação com CEa de 1,0 dS m<sup>-1</sup> proporcionou maior  $\Psi_w$  (-0,2398 MPa), acréscimo de -0,1386 em relação as plantas irrigadas com CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> (-0,3784 MPa), que foi o menor valor apresentado por esta variável. A redução no  $\Psi_w$  estar intimamente ligada ao fluxo da água no sistema solo-planta-atmosfera afetados negativamente pelo efeito osmótico ocasionado pelo excesso no solo, onde ocorre a retenção de água no solo e conseqüentemente baixa absorção de água pelas raízes das plantas, o que ocasiona um estresse hídrico, podendo levar a planta a um fechamento estomático (OLIVEIRA et al., 2010) fato que aconteceu em estudo realizado com quiabeiro sob níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) e adubação silicatada (100 e 200 g de Si por planta), onde observou-se que plantas cultivadas sob CEa estimada de 1,0, 1,7 e 2,4 dS m<sup>-1</sup>, apresentaram maiores valores de condutância estomática (0,15, 0,12 e 0,12 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) quando adubadas com 200 g de Si (LIMA et al., 2020). Diversos estudos tem mostrado um decréscimo do  $\Psi_w$  em folhas de plantas em decorrência do aumento na disponibilidade de sais na água de irrigação (TÁVORA et al., 2001; SILVA et al., 2013; SILVA et al, 2017).

Verifica-se que não houve efeito significativo das doses de silício e da interação entre os fatores níveis salinos e doses de silício (NS × DS) para as variáveis analisadas. Entretanto, houve efeito significativo dos níveis salinos, de forma isolada, para as variáveis fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e diâmetro dos frutos (DF).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância referente à fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca da raiz (FSR), fitomassa seca total (FST), comprimento do fruto (CF) e diâmetro do fruto (DF) do quiabeiro cv. Valença cultivado com águas salinas e doses de silício, aos 70 dias após o semeio

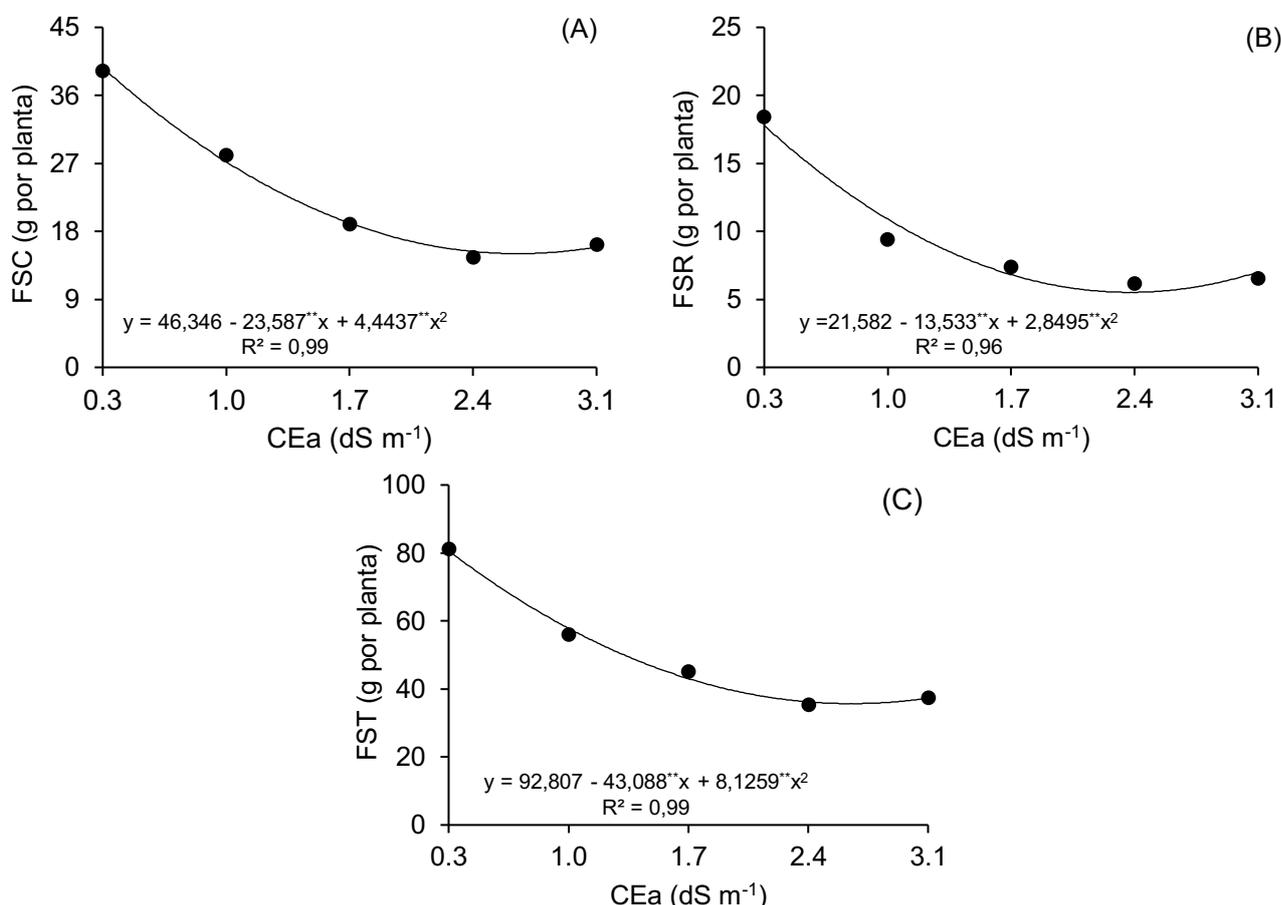
FV	GL	Quadrados médios					
		FSF	FSC	FSR	FST	CF	DF
Níveis salinos (NS)	4	111,032 <sup>ns</sup>	840,412 <sup>**</sup>	206,587 <sup>**</sup>	2803,802 <sup>**</sup>	1,989 <sup>ns</sup>	3,952 <sup>*</sup>
Regressão linear	1	385,793 <sup>**</sup>	2817,582 <sup>**</sup>	579,318 <sup>**</sup>	9368,605 <sup>**</sup>	7,128 <sup>ns</sup>	6,017 <sup>*</sup>
Regressão quadrática	1	18,647 <sup>ns</sup>	531,005 <sup>**</sup>	218,346 <sup>**</sup>	1775,638 <sup>**</sup>	0,282 <sup>ns</sup>	9,641 <sup>*</sup>
Doses de silício (DS)	1	0,169 <sup>ns</sup>	2,125 <sup>ns</sup>	2,637 <sup>ns</sup>	0,060 <sup>ns</sup>	0,352 <sup>ns</sup>	0,522 <sup>ns</sup>
Interação (NS xDS)	4	28,938 <sup>ns</sup>	31,024 <sup>ns</sup>	8,987 <sup>ns</sup>	153,827 <sup>ns</sup>	4,975 <sup>ns</sup>	1,164 <sup>ns</sup>
Blocos	3	123,109 <sup>ns</sup>	271,503 <sup>ns</sup>	80,553 <sup>**</sup>	1288,221 <sup>**</sup>	3,126 <sup>ns</sup>	0,978 <sup>ns</sup>
CV (%)	-	37,27	30,64	22,00	26,12	14,88	7,23

<sup>ns</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>, respectivamente, não significativo, significativo a  $p \leq 0,01$  e  $p \leq 0,05$  de probabilidade.

A fitomassa seca do caule do quiabeiro (Figura 5A) foi influenciada de forma quadrática pelo aumento da salinidade da água. Observa-se que o valor máximo para fitomassa seca do caule ( $50,99 \text{ g planta}^{-1}$ ) foi obtido para as plantas cultivadas sob a menor CEa ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ), o qual decresceu acentuadamente a medida em que se incrementou os níveis de salinidade, alcançando valor mínimo de  $18,52 \text{ g planta}^{-1}$  para a maior concentração salina ( $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ ). Essa redução de  $32,47 \text{ g planta}^{-1}$  ( $175,38\%$ ), pode ser explicada pela diminuição do potencial osmótico da solução do solo, que reduz a disponibilidade de água para o vegetal e conseqüentemente a expansão dos tecidos do caule da planta (SCHOSSLER, 2012).

Analisando a fitomassa seca de raízes (Figura 5B) das plantas de quiabeiro, verificou-se decréscimo à medida que se aumentou a salinidade da água de irrigação, cuja redução foi de  $270,16\%$ . Ao comparar em termos relativos, constata-se que as plantas cultivadas sob salinidade da água de  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$  tiveram um declínio na FSR de  $17,70 \text{ g por planta}$  em relação as cultivadas sob o menor nível salino ( $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ). A diminuição na fitomassa seca das raízes pode estar relacionada a restrição ao alongamento das raízes, destacando-se como mecanismo de tolerância do próprio genótipo, reduzindo absorção de água e conseqüentemente dos sais, a fim de amenizar a toxicidade (MOURA et al., 2017). Para SÁ et al. (2013) a redução no acúmulo de fitomassas em função do estresse ocasionado pela salinidade da água pode ser uma resposta de tolerância da planta, com o propósito de reduzir a absorção dos íons tóxicos, possibilitando uma homeostase iônica no

metabolismo vegetal. Lima et al. (2007) estudando cinco níveis de salinidade (0,5; 2,13; 2,94; 3,5 e 5,0dS m<sup>-1</sup>) na matéria seca das raízes do feijão caupi constataram redução da matéria seca das raízes com aumento da salinidade.

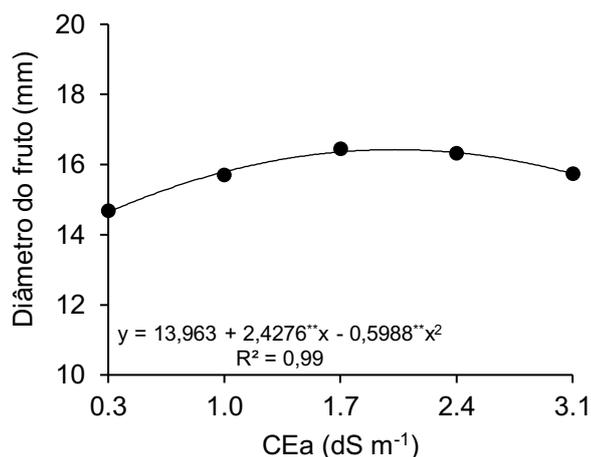


**Figura 5.** Fitomassa seca do caule (A), da raiz (B) e seca total (C) das plantas de quiabeiro cv. Valença sob níveis de condutividade elétrica da água - CEa, aos 70 dias após o semeio.

Para a fitomassa seca total do quiabeiro (Figura 5C) verifica-se diminuição na regressão quadrática com o aumento dos níveis de salinidades da água, ocorrendo redução de 141,14%, ou seja, declínio na FST de (59,28 g planta<sup>-1</sup>) nas plantas cultivadas sob o maior nível salino (3,1 dS m<sup>-1</sup>) em relação as que receberam o menor nível salino (0,3 dS m<sup>-1</sup>). A diminuição na fitomassa seca total sob condições de estresse salino, pode estar associado ao fato da tentativa de ajustamento osmótico da planta, ocorrendo um desprendimento de energia para a acumulação de açúcares, ácidos orgânicos e íons no vacúolo, energia essa que seria utilizada para acúmulo de fitomassa na planta (SANTOS et al., 2012).

O diâmetro dos frutos de quiabeiro aumentou de forma quadrática pelos níveis salinos da água de irrigação (Figura 6). As plantas cultivadas sob irrigação

com CEa estimada de 2,1 dS m<sup>-1</sup> obtiveram o valor máximo de 16,42 cm. Ao comparar as plantas sob CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> em relação as que foram cultivadas sob o menor nível salino de 0,3 dS m<sup>-1</sup>, observa-se incremento de 1,10 cm. Dessa forma, pode-se inferir que os distintos níveis salinos da água de até 3,1 dS m<sup>-1</sup> não interfere de forma negativa sobre o crescimento dos frutos do quiabeiro.



**Figura 6.** Diâmetro do fruto das plantas de quiabeiro cv. Valença sob níveis de condutividade elétrica da água - CEa, aos 70 dias após o semeio.

## 6. CONCLUSÕES

A salinidade da água acima de 0,3 dS m<sup>-1</sup> inibiu o crescimento em área foliar, altura de plantas, diâmetro de caule e o acúmulo de fitomassas das plantas de quiabeiro cv. Valença.

A salinidade da água de até 1,0 e 2,1 dS m<sup>-1</sup> aumenta o potencial hídrico no limbo foliar e o diâmetro dos frutos de quiabeiro, respectivamente.

A adubação com na dose 100 g por planta de silício, aumenta os teores de clorofila *b*, carotenoides e o extravasamento de eletrólitos em plantas de quiabeiro cv. Valença.

A interação entre os níveis de condutividade elétrica da água doses de silício influencia positivamente nos teores de clorofila *b* e carotenoides e o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar de plantas de quiabeiro cv. Valença.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. M. Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. *Agriculture and Biology Journal of North America*, v.2, n.2, p.207-220, 2011.
- ABID, M.; MALIK, S. A.; BILAL, K.; WAJID, R. A. A. Response of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to EC and SAR of Irrigation Water. *International Journal of Agriculture and Biology*, v.3, n.4, p.311-314, 2002.
- AGUIAR, F. M. Resistência de acessos de quiabeiro à murcha-de-fusário. 53f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 227 p. (versão online).
- ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Efeito do  $Ca^{2+}$  externo no conteúdo de  $Na^+$  e  $K^+$  em cajueiros expostos a salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.6, n.4, p.602-608, 2011.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- ASHRAF, M; RAHMAUTULLAH, M; AFZAL, R; AHMED, F; MUJEEB, A; SARWAR L. Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salttolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant and Soil*, v.326, n.2, p.326-381, 2010.
- BORGES, C. T.; DEUNER, C.; RIGO, G. A.; OLIVEIRA, S.; MORAES, D. M. O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula? *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.19, p.1049-1057, 2014.
- CAMPOS, M. S. Balanço de água e sais no solo cultivado com quiabeiro irrigado sob diferentes lâminas de água salobra. 74f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.
- CANTUÁRIO, F. S.; LUZ, J. M. Q.; PEREIRA, A. I. A.; SALOMÃO, L. C.; REBOUÇAS, T. N. H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.2, p.215–219, 2014.
- CAO, L. B; M. A.; 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.14, p.53-62, 2015.
- CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.32, n.1, p.251-261, 2010.

CESSA, R. M.; NOVELINO, J. O.; VITORINO, A. C. T.; MAUAD, M. Absorção de fósforo e crescimento do sorgo em função da aplicação de silício e fósforo em Latossolo Vermelho distroférico. *Revista de Ciências Agrárias*, v.34, n.1, p.135-142, 2011.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Moderna, 368 p., 1982.

COSTA, K. D. da S. Melhoramento do quiabeiro quanto à precocidade, produção e qualidade: uma revisão de literatura. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Universidade do Vale do Paraíba. 2017. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2017/anais/arquivos/0214\\_0069\\_02.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0214_0069_02.pdf)  
Acesso em 12 de Jan 2022.

COSTA, B. N. S.; COSTA, I. J. S.; DIAS, G. M. G.; ASSIS, F. A.; PIO, L. A. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Morpho-anatomical and physiological alterations of passion fruit fertilized with silicone. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.53, n.2, p.163-171, 2016.

DINIZ, G. L.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R. Irrigation with saline water and silicate fertilization in the cultivation of 'gigante amarelo' passion fruit. *Revista Caatinga*, v.34, n.1, p.199-207, 2021.

EZEAKUNNE, C. O. Large scale fruit and vegetable production in Nigeria. Short Communication. Zaria: Department of Agronomy, Ahmadu Bello University, 1984.

FERRAZ, R. L. S.; MAGALHÃES, I. D.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; NETO, J. F. B.; ROCHA, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.9, p.841-848, 2015.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.7, p.736-741, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. Viçosa, Mg: UFV, 2012. 421 p.

FREITAS, L. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. *Revista Ceres*, v.58, n.2, p. 262-267. 2011.

GALATI, V. C. Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro 'Santa Cruz 47'. 26f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

GUILHERME, S. R.; WOBETO, C.; OLIVEIRA, D. C. S.; ZANUZO, M. R.; ZAMBIAZZI, E. V. Análise física do quiabo cultivado na região de Sinop/MT em

diferentes áreas de produção. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 51. Anais... Viçosa: ABH, 2011.p.5296-5303.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FRRREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F (ed). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, 2010. p. 43-61.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia. Censo agropecuário 2017: resultados preliminares. 2017. Disponível em: ><https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954><. Acesso em 07 de Dez. 2021.

JEYAPRABA, J.; MAHENDRAN, S.; SUJIRTHA, N. Growth physiology and membrane permeability of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings as affected by salinity. *International Journal of Plant & Soil Science*, v.9, n.5, p.1-5, 2016.

LAW-OGBOMO, K. E.; OSAIGBOVO, A. U.; EWANSIHA, S. U. Responses of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) to various periods of weed interference in a humid tropical environment. *International Journal of Agriculture and Rural Development*, v.16, n.1, p.136-871, 2013.

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BÉLANGER, R. Silicon in Agriculture. In: *Silicon Uptake and Transport in Plants: Physiological and Molecular Aspects*. Springer Science, p.69-82, 2015.

LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D.; FURTADO, G. de F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. *Irriga*, v.22, n.4, p.757-774, 2017.

LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. O. da. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Engenharia Agrícola*, v.34, n.5, p.854-866, 2014.

LIMA, G. S. de; SANTOS, J. B. dos; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. *Comunicata Scientiae*, v.7, n.4, p.513-522, 2016.

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A.A. ; NOBRE, R. G. ; SÁ, F. V. S. ; PAIIVA, E. P. Emergence, morpho-physiology and flowering of colored-fiber cotton (*Gossypium hirsutum* L.) submitted to different nitrogen levels and saline water stress irrigation. *Australian journal of crop science*, v. 11, n. 7, p. 897-905, 2017

LIMA, G. S.; Souza, C. M. A.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, L. F.; Guedes, M. A. Gas exchanges, growth and production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.41, n.5, (suplemento 1), p.1937-1950, 2020.

LUDWIG, F.,MAYER, R.H.,SCHMITZ, J.A.K. 2015. Silício via foliar na produção e qualidade da cenoura. *Revista Cultivando o Saber*, 8, 373-383.

MAAS, E. V. Crop tolerance. *California Agriculture*, v.38, p.20-21, 1984.

MAIA JÚNIOR, S. O.; ANDRADE, J. R.; NASCIMENTO, R.; LIMA, R. F.; VASCONCELOS, G. N. Indução de tolerância ao estresse salino em sementes de tomateiro condicionadas com ácido salicílico. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v.13, n.1, 2020.

MEDEIROS, A. D.; MELO, J. K. H.; NUNES, T. A.; BARRETO, N. D. S.; RIBEIRO, M. C. C.; OLIVEIRA, L. C. F. Efeito da salinidade na germinação de sementes de quiabo. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 46., 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: ABH, 2006. 1 CD-ROM.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F. (editores). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal. cap. 16, p.279-302. 2010.

MEHDI-TOUNSI, H.; CHELLI-CHAABOUNI, A.; MAHJOUR-BOUJNAHC, D.; BOUKHRIS, M. Long-term field response of pistachio to irrigation water salinity. *Agricultural Water Management*, v.185, p.1-12, 2017.

MODESTO, F. J. N.; SANTOS, M. A. C. dos; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. dos. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido á salinidade em condições hidropônicas. *Irriga*, v.24, n.1, p.86-97, 2019.

MORAES, E. R. de; REIS, A. C. dos; SILVA, N. E. P. da; FERREIRA, M; MENEZES, F. G. de. Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.5, n.1, p.60-65, 2018.

MOURA, R. S.; GHEYI, H. R.; FILHO, C. A.; JESUS, O. N.; LIMA, L. K.; CRUZ, C. S. Formation of seedlings os species from the genus *Passiflora* under saline stress. *Bioscience Journal*, v.33, n.5, p.1197-1207, 2017.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. 2002. *Plant, Cell and Environment*, v.25, n.2, p.239–250.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, v.167, p. 645–663, 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, n.1, p.651-681, 2008.

NASCIMENTO, I. B. do; FERREIRA, L. E.; MEDEIROS, J. F. de; AROUCHA, E. M. M.; SOUSA, C. M. G. de; SILVA, N. K. C.; IZIDIO, N. S. de C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido a diferentes lâminas de água salina. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, v.9, n.2, p.88-93, 2013.

NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da

água de irrigação em dois tipos de solos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.11, n.1, p.37-43, 2015.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARAES, F. V. A.; FILHO, E. G.; FEITOSA, D. R. C. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão-de-corda irrigado com água salina em diferentes estádios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, (Suplemento), p.873-88, 2009.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoeira sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.1, p.76-85, 2013.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. (ed). *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: EmbrapaSEA. p. 189-253. 1991.

OLIVEIRA, A. P. de; SILVA, O. P. R. da; SILVA, J. A.; SILVA, D. F. da; FERREIRA, D. T. A. de; PINHEIRO, S. M. G. Produtividade do quiabeiro adubado com esterco bovino e NPK. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.10, p.989-993, 2014.

OLIVEIRA, A.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.11, p., 2010.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; SILVA, O. M. dos P.; MAIA, P. DE M. E.; CÂNDIDO, W. dos S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. *Revista Árvore*, v.37, n.1, p.79- 87, 2013.

OLIVEIRA, L.A. Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio. 157p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2009.

PAES, H. M. F.; ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Ciência Agronômica, Fortaleza*, v.43, n.2, p.256-261, 2012.

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 of Botany*, v.42, n.3, p.1675-1684, 2010.

PEREIRA, R. J., Cardoso, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.3, n.4, p.146-152, 2012.

PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S.; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. NK combinations do not alleviate the effects of salt stress on gas exchange, photosynthetic pigments and growth of cotton ('*Gossypium hirsutum*'L.). *Australian Journal of Crop Science*, v.13, n.8, p.1353-1361, 2019.

QADOS, A. M. S. A.; MOFTAH, A. E. Influence of Silicon and Nano Silicon on Germination, Growth and Yield of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Under Salt Stress Conditions. American Journal of Experimental Agriculture, v.6, n.5, p.509-524, 2015.

REZENDE, R. A. L. S.; RODRIGUES, F. A.; SOARES, J. D. R.; SILVEIRA, H. R. de O.; PASQUAL, M.; DIAS, G. de M. G. Salt stress and exogenous silicon influence physiological and anatomical features of in vitro-grown cape gooseberry. Ciência Rural, v.48, n.1, e20170176, 2018.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, Cap.2. p. 9-15, 2016.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S. Department of Agriculture, 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.10, p.1047-1054, 2013.

SALEEM, A.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. A. Salt (NaCl)-Induced Modulation in some Key Physio-Biochemical Attributes in Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). Journal Agronomy & Crop Science, v.197, n.3, p.202-213. 2011.

SALES, G. N. B. Ecofisiologia e qualidade de frutos de quiabeiro cultivado com águas salinas e adubação nitrogênio-potássio. 87f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2020.

SALES, J. R. da S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G. S.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C. de.; SOUSA, G. G. de. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.25, n.7, p.466-471, 2021.

SANTOS, I. F. d. Determinação e avaliação quimiométrica da composição mineral do *Abelmoschus esculentus* L. comercializados na cidade de Salvador. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SANTOS, L. A. A.; LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, F. H. F. Fisiologia e acúmulo de fitomassa pela mamoneira submetida a estresse salino e adubação 60 nitrogenada. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.8, n.1, p.247-256, 2013.

SANTOS, F. X. Evapotranspiração de cultura e influência de diferentes lâminas e freqüências de irrigação no crescimento e produtividade da cultura da cenoura. 81f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Sap pressure in vascular plants. Science, v.148, p.339346, 1965.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. Enciclopédia biosfera, v.8, n.15, p. 1563-1578, 2012.

SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. Emirates Journal of Food and Agriculture, v. 25, p.1002-1013, 2013.

SHI, Y.; WANG, Y.; FLOWERS, T.J.; GONG, H. Silicon decreases chloride transport in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions. Journal of Plant Physiology, v.170, p. 847-853, 2013.

SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. de P.; VELOSO, L. L. de S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, v.49, n.1, e55671, 2019.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. Revista Agro@ambiente On-line, v.10, n.4, p.317-325, 2017.

Silva, A. R. A.; Bezerra, F. M. L.; Lacerda, C. F.; Sousa, C. H. C.; Chagas, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresse hídrico e salino. Revista Agro@ambiente On-line, v. 10, p. 317-325, 2016.

SILVA, A. O. D.; KLAR, A. E.; SILVA, Ê. F. D. F.; TANAKA, A. A.; JUNIOR, J. F. S. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.11, p.1143-1151, 2013.

SILVA, A. P.; SANTOS, C. J. O.; SANTOS, J. B.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação. Revista Irriga Botucatu, v.6, n.2, p.48-53, 2001.

SONG, A.; LI, P.; FAN, F.; LI, Z.; LIANG, Y. The Effect of Silicon on Photosynthesis and Expression of Its Relevant Genes in Rice (*Oryza sativa* L.) under High-Zinc Stress. PLoS ONE, v.9, n.11, e113782, 2014.

SOUZA, J. P. F.; MARTINS, G. L. M.; PEREIRA, A. C.; BINOTTI, F. F. S.; MARUYAMA, W. I. Efeito de Silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. Revista de Agricultura Neotropical, v.2, n.3, p.13-17, 2015.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. D.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. Ciência Rural, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. Revista Brasileira de fruticultura, v.23, n.2, p.441-446, 2001.

VIEIRA, I. G. S.; NOBRE, R. G.; DIAS, A. S.; PINHEIRO, F. W. A. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.20, n.1, p.55-61, 2016.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. Enciclopédia Biosfera, v.6, n.11, p., 2010.