



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE
TOMATEIRO CEREJA SOB ESTRESSE SALINO E FORMAS
DE FERTILIZAÇÃO**

JOÃO VICTOR QUEIROZ LEITE

Campina Grande, PB
Agosto, 2018

L533c Leite, João Victor Queiroz.
Crescimento, fisiologia e produção de tomateiro cereja sob estresse salino e formas de fertilização / João Victor Queiroz Leite. – Campina Grande, 2018.
55 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento".
Referências.

1. *Lycopersicum esculentum*. 2. Salinidade. 3. Adubação mineral. 4. Esterco bovino. 5. Trocas gasosas. I. Nascimento, Ronaldo do. II. Título.

CDU 635.64:631.413.3+631.8(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA MARIA ANTONIA DE SOUSA CRB 15/398



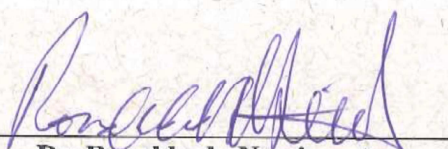
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

JOÃO VICTOR QUEIROZ LEITE

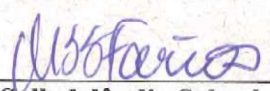
**“CRESCIMENTO, FISILOGIA E PRODUÇÃO DE TOMATEIRO CEREJA
SOB ESTRESSE SALINO E FORMAS DE FERTILIZAÇÃO”**

APROVADO (A): 28 de agosto de 2018

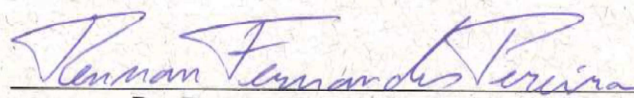
BANCA EXAMINADORA



Dr. Ronaldo do Nascimento
Orientador – UAEEA/CTR/UFCA



Dr. Maria Sallydelândia Sobral de Farias
Examinadora – UAEEA/CTR/UFCA



Dr. Rennan Fernandes Pereira
Examinador – CPF: 084.397.004-90

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que tem iluminado meus caminhos e me dado forças para seguir firme por toda a trajetória. À Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela minha aceitação no mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

A meu orientador, Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento, por ter se apresentado solidário nas horas que precisei de sua ajuda e por ter acreditado em meu potencial.

À coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Profa. Dra. Vera Lúcia, a qual foi fundamental para que conseguisse enfrentar as barreiras encontradas no percurso.

Ao professor Pedro Dantas Fernandes, que me fez crescer não só na vida acadêmica, mas como pessoa.

Aos examinadores, Dr. Rennan Fernandes Pereira e a Profa. Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias, por se disporem a contribuir para a melhoria deste trabalho.

Aos meus pais, João Chaves e Maria do Rosário, minhas irmãs, Camila e Jamille, por todo incentivo, apoio e carinho.

A todos os colegas de turma que me ajudaram durante as disciplinas, em especial a Mariana, James, Adaan, Vitoria, Jailton e Sabrina.

Ao amigo Wanderson de Oliveira, que me ajudou muito na graduação e, mesmo de longe, vem me ajudando até hoje.

A minha namorada Maria Luiza, por todo o incentivo e apoio, não só no mestrado como em todas as decisões de minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Características gerais do tomateiro cereja.....	15
3.2. A salinidade na agricultura.....	16
3.3. Efeitos dos sais nas plantas.....	18
3.4. Adubações mineral e orgânica em tomateiro cereja.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1. Local do estudo.....	23
4.2. Fatores estudados e delineamento estatístico.....	23
4.3. Preparo das mudas de tomate cereja.....	24
4.4. Montagem e condução experimental.....	24
4.5. Águas salinas utilizadas no experimento.....	25
4.6. Variáveis analisadas.....	25
4.7. Análise estatística.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. Crescimento.....	28
5.2. Trocas gasosas.....	37
5.3. Concentrações de pigmentos fotossintetizantes.....	42
5.4. Produção.....	43

6. CONCLUSÕES.....47

7. REFERÊNCIAS.....48

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento.....23
- Tabela 2.** Análise de variância da altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas aos 45 e aos 75 dias após a semeadura (DAS), e das taxas de crescimento relativo (TCR) de AP e DC dos 15 aos 45 e dos 45 aos 75 DAS, de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização.....28
- Tabela 3.** Análise de variância das massas secas da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização.....35
- Tabela 4.** Análise de variância das variáveis assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração foliar de CO₂ (*C_i*), eficiência instantânea do uso da água (*E_iUA - A/E*), eficiência intrínseca do uso da água (*E_{int}UA - A/*gs**) e eficiência instantânea da carboxilação (*E_iC - A/*C_i**) de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização.....37
- Tabela 5.** Análise de variância das concentrações de clorofila a (Clor a), clorofila b (Clor b), carotenoides (carot), clorofila total (Clor total) e da razão clorofila a/clorofila b, em folhas de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização.....43
- Tabela 6.** Análise de variância do número de frutos por planta (NFP) e do peso de frutos por planta (PFP) de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização.....44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Vasos utilizados na pesquisa conectados a recipientes plásticos para coleta de drenagem (A) e visão geral do experimento após o início da condução (B).....24
- Figura 2.** Recipientes contendo os discos foliares após 48 horas de armazenamento (A), transferência da solução para os recipientes (B) e inserção dos mesmos no espectrofotômetro utilizado (C, D).....26
- Figura 3.** Desdobramento dos níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada forma de fertilização do solo, para altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas de tomate cereja, aos 45 (A, C, E) e aos 75 DAS (B, D, F).....30
- Figura 4.** Desdobramento das formas de fertilização do solo dentro de cada nível de salinidade da água de irrigação, para altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas de tomate cereja, aos 45 (A, C, E) e aos 75 DAS (B, D, F).....32
- Figura 5.** Desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização do solo dentro e das formas de fertilização dentro cada nível de salinidade da água, para as taxas de crescimento relativo da altura de planta - TCR AP - (A, B) e do diâmetro do caule - TCR DC - (C, D) de tomate cereja.....34
- Figura 6.** Desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização do solo dentro e das formas de fertilização dentro cada nível de salinidade da água, para as massas secas da parte aérea - MSPA - (A, B), da raiz - MSR - (C, D) e total - MST - (E, F) de plantas de tomate cereja.....36
- Figura 7.** Desdobramento dos níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada forma de fertilização do solo (A) e das formas de fertilização dentro dos níveis de salinidade (B), para a taxa de assimilação de CO₂ (A) e concentração interna de CO₂ em plantas de tomate cereja.....39

Figura 8. Desdobramento dos níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada forma de fertilização do solo (A) e das formas de fertilização dentro dos níveis de salinidade (B), para a eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$), a eficiência intrínseca do uso da água ($EintUA$) e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) de plantas de tomate cereja.....41

Figura 9. Desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização do solo dentro e das formas de fertilização dentro cada nível de salinidade da água, para o número de frutos por planta - NFP - (A, B) e o peso de frutos por planta - PFP - (C, D) de tomate cereja.....45

RESUMO

O tomate cereja, cada vez mais, vem ocupando seu lugar no mercado de hortaliças, devido à crescente demanda por parte dos consumidores e ao maior retorno econômico para o produtor. Na região Nordeste do Brasil, devido à escassa precipitação, é necessário o uso de irrigação na maior parte do ano, porém, grande parte das águas disponíveis para esse fim possuem altos teores de sais. Uma importante técnica que tem sido estudada para mitigação dos efeitos do estresse salino em plantas é a adubação. Dessa forma, o objetivo com este trabalho foi avaliar a interação entre salinidade e formas de fertilização (mineral e orgânica) no crescimento, na fisiologia e na produção de tomateiro cereja. Foram avaliados, em casa de vegetação, dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,9 e 4,0 dS m⁻¹) e três fertilizações (testemunha sem adubação; NPK de acordo com os dados da análise de solo; e com esterco bovino), em delineamento em blocos ao acaso, esquema fatorial 2 x 3, com quatro repetições e duas plantas por parcela. As variáveis analisadas foram as seguintes: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e taxas de crescimento relativo, durante dois períodos do ciclo da cultura; massas secas da parte aérea, das raízes e total; assimilação de CO₂, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiências instantânea e intrínseca do uso de água, eficiência instantânea da carboxilação; concentrações de clorofilas a, b e total, carotenoides, razão clorofilas a/b; número de frutos por planta e peso de frutos por planta. Verificou-se que a água de irrigação com salinidade de 4,0 dS m⁻¹ prejudicou o crescimento, as trocas gasosas e a produção de tomateiro cereja, todavia, as adubações mineral (com NPK) e orgânica (com esterco bovino) atenuaram os efeitos nocivos da salinidade no tomateiro cereja, promovendo melhor crescimento, melhores níveis de trocas gasosas e maior produção.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, salinidade, adubação mineral, esterco bovino, trocas gasosas

ABSTRACT

Cherry tomato is occupying their place in the vegetable market with each passing day, due to the growing consumers demand and the greater economic return to the producer. In the Northeastern region of Brazil, due to the low precipitation, irrigation is necessary for most of the year, however, most of the available waters for this purpose have high levels of salts. An important technique that has been studied for mitigating the effects of saline stress on plants is fertilization. Thus, the objective with this work was to evaluate the interaction between salinity and forms of fertilization (mineral and organic) on cherry tomato growing, physiology and production. Two levels of electrical conductivity of irrigation water (0.9 and 4.0 dS m⁻¹) and three fertilizations (control without fertilization; NPK according to the soil analysis data; and with bovine manure) were evaluated in greenhouse, in a randomized block design and 2 x 3 factorial, with four replications and two plants per plot. The analyzed variables were: plant height, stem diameter, number of leaves and relative growth rates, during two periods of the crop cycle; dry matters of shoot, root and total; CO₂ assimilation rate, transpiration, stomatal conductance, CO₂ internal concentration, instant and intrinsic water use efficiencies, instantaneous efficiency of carboxylation; concentrations of chlorophylls a, b and total, carotenoids, chlorophyll a/b ratio; number of fruits per plant and weight of fruits per plant. Irrigation water with salinity of 4.0 dS m⁻¹ impaired growth, gas exchanges and cherry tomato production; however, mineral (NPK) and organic (with manure) fertilizations attenuated harmful effects of salinity on cherry tomatoes, promoting better growth, better levels of gas exchanges and higher production.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, salinity, mineral fertilization, bovine manure, gas exchanges

1. INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no mundo e a mais consumida no Brasil, principalmente em razão da grande variedade de frutos existentes, com destaque para o tomateiro comum (*Solanum Lycopersicon*), que domina o mercado (Albuquerque Neto e Peil, 2012; Demontiêzo et al., 2016; Albino et al., 2018). Porém, frutos provenientes de outras espécies vêm se destacando cada vez mais, como os tomates do grupo cereja (*Lycopersicon esculentum*), cuja produção tem aumentado a cada ano, devido ao aumento da demanda por parte dos consumidores e ao maior retorno econômico para os produtores (Medeiros et al., 2011).

Pesquisas envolvendo tomate cereja vêm crescendo bastante no Nordeste do Brasil (Medeiros et al., 2011; Pereira, 2014; Santos et al., 2016; Vieira et al., 2016). Nesta região, além de haver limitações na disponibilidade de fontes hídricas, a água disponível para irrigação geralmente é de baixa qualidade, principalmente em pequenas propriedades rurais, devido a concentrações mais altas de sais (Suassuna e Audry, 1993). A salinidade limita o crescimento e a produtividade das culturas por reduzir a disponibilidade de água em razão do efeito osmótico, do efeito tóxico de íons específicos, principalmente Na^+ e Cl^- , e do efeito indireto de natureza nutricional, no qual o excesso de sódio na solução do solo provoca distúrbios na absorção de outros nutrientes, como Ca, Mg e K (Medeiros et al., 2011; Reis et al., 2013; Sá et al., 2013; Hassan et al., 2015; Santos et al., 2016).

Para cultivo em solos afetados por sais ou em áreas que disponham apenas de águas com teores de sais elevados, é importante que sejam utilizadas técnicas de manejo para redução dos efeitos nocivos da salinidade nas plantas, como o uso de correção do solo quando possível, o uso de genótipos tolerantes e o manejo da adubação (Medeiros et al., 2011; Demontiêzo et al., 2016; Santos et al., 2016). Diferentes formas de adubação vêm sendo estudadas em tomate cereja, como o uso de fertilizantes minerais e compostos orgânicos (Medeiros et al., 2011; Santos et al., 2016; Vieira et al., 2016).

A adubação mineral, além de disponibilizar nutrientes essenciais às plantas em momentos específicos, melhorando suas condições nutritivas, pode provocar redução dos efeitos de natureza nutricional da salinidade sobre as plantas, com inibição da absorção de cloreto e sódio, em razão da maior disponibilidade de

nitrogênio, fósforo e potássio (Pereira, 2014; Vieira et al., 2016). Esse fenômeno ainda é pouco elucidado e vem sendo estudado por alguns pesquisadores. Santos et al. (2016) observaram que uma solução nutritiva diminuiu o efeito nocivo dos sais sobre a produção de tomate cereja em sistema hidropônico. Vieira et al. (2016) também constatou o efeito benéfico da adubação sobre o tomate cereja, ao observar que a fertilização nitrogenada atenuou os efeitos deletérios da água com alta salinidade sobre a espécie. Pereira (2014) verificou que a adubação mineral com NPK atenuou os efeitos dos sais sobre as trocas gasosas em tomate cereja.

A adubação orgânica, além de causar melhoras nas características físicas e biológicas do solo, libera nutrientes de forma gradativa, reduzindo processos como lixiviação, fixação e volatilização, e pode atuar também na mitigação da nocividade dos sais, em função de suas cargas elétricas negativas, que se ligam a cátions, principalmente Na^+ , e auxiliam na redução da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (Munns e Tester, 2009; Rajendran et al., 2009). Medeiros et al. (2011) verificaram que o uso de biofertilizantes mitigou a ação dos sais da água de irrigação em tomate cereja até o nível de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Alguns estudos já foram realizados, em tomate cereja, verificando a interação entre salinidade e formas de adubação. Medeiros et al. (2011) estudaram a interação do estresse salino com biofertilizantes líquidos; Pereira (2014) avaliou a interação entre salinidade e adubações com NPK e húmus de minhoca; Vieira et al. (2016) estudaram a interação entre salinidade x adubação nitrogenada. Contudo, não foram encontradas informações na literatura sobre a interação entre salinidade e adubação com esterco bovino, que é o composto orgânico disponível em maior quantidade para os agricultores no Nordeste do Brasil, nem sua comparação com a adubação mineral. Dessa forma, é de fundamental importância a realização de um estudo nesse sentido.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a interação entre fertilizações mineral (NPK) orgânica (esterco bovino), sobre os efeitos nocivos da salinidade da água de irrigação, em tomateiro cereja (*Lycopersicon esculentum*).

2.2. Objetivos específicos

1. Avaliar o crescimento de tomateiro cereja submetido a diferentes níveis de salinidade e formas de fertilização (mineral e orgânica).

2. Avaliar as trocas gasosas e as concentrações de pigmentos fotossintetizantes em plantas de tomate cereja sob a interação entre alta salinidade com adubações mineral e orgânica.

3. Analisar os efeitos da interação entre salinidade e formas de fertilização (mineral e orgânica) sobre a produção do tomateiro cereja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Características gerais do tomateiro cereja

O tomate pertence à ordem Tubiflorae, à família Solanaceae e ao gênero *Solanum*. É uma cultura originária da América do Sul, em território limitado ao norte pelo Equador, ao sul pelo Chile, ao oeste pelo Oceano Pacífico e ao leste pela Cordilheira dos Andes, tendo Bolívia, Chile, Equador e Peru como primeiros centros de distribuição (Currence, 1963; Colariccio, 2002). Contudo, embora as formas ancestrais de tomate sejam originárias dessa área, sua ampla domesticação se deu no México, que é chamado de centro de origem secundário (Warnock, 1988). No início do século XVI, o tomate foi introduzido na Europa pelos Espanhóis, porém, sua aceitação para o uso na alimentação demorou bastante, pois, naquela época, os frutos eram considerados venenosos, devido à cor avermelhada, relacionada, na época, com perigo e morte. Somente em meados do século XVI, passou a ser cultivado e consumido no sul da Europa, e, no final do século XVII, tornou-se popular no norte da Europa e no Ocidente. No final do século XIX, imigrantes europeus introduziram a cultura no Brasil, que, atualmente, está espalhada por todo o mundo, sendo a segunda hortaliça mais produzida no planeta, superada apenas pela batata (Harvey et al., 2002; Filgueira, 2008; Soares et al., 2013).

A primeira denominação científica do tomateiro foi *Lycopersicon*, dada em 1694 por Tournefort. Em 1753, Linnaeus (1753), usando o sistema binomial, reclassificou o tomate como sendo do gênero *Solanum*. Em 1754, Miller reclassificou o gênero como *Lycopersicon* e, em 1768, chamou o tomate cultivado de *L. esculentum* (Peralta et al., 2006). Contudo, através de estudos baseados em técnicas moleculares utilizando-se de DNA mitocondrial, foi observado que os tomates e as espécies do gênero *Solanum*, tais como as batatas, estão muito relacionados filogeneticamente, apoiando desta forma à inclusão das espécies de tomate novamente no gênero *Solanum*, retornando para a nomenclatura inicialmente imposta por Linnaeus (*Solanum lycopersicon* L.), que é a aceita atualmente, gerando muitas divergências entre botânicos (Warnock, 1988; Peralta e Spooner, 2000; Ren et al., 2017; Gautam et al., 2018).

Com relação aos tomateiros do tipo cereja, tem-se encontrado variação quanto à denominação científica na literatura. Alguns estudiosos se referem ao tomateiro cereja como *Lycopersicon pimpinellifolium* (Medeiros et al., 2011; Pereira,

2014), enquanto outros utilizam a denominação *Lycopersicon esculentum* (Lúcio et al., 2016; Santos et al., 2017).

O tomateiro é uma solanácea herbácea, com caule flexível e incapaz de suportar o peso dos frutos e manter a posição vertical, sendo necessário realizar tutoramento para seu cultivo em nível comercial. A forma natural lembra uma moita, com abundante ramificação lateral, sendo profundamente modificada pela poda. A floração e a frutificação ocorrem juntamente com o crescimento vegetativo. As folhas pecioladas são compostas por número ímpar de folíolos. A planta apresenta dois hábitos de crescimento que condiciona o tipo de cultura: o indeterminado e o hábito determinado. As flores agrupam-se em cacho e são hermafroditas. Normalmente a planta é autopolinizada, apresentando baixa incidência de frutos. Os frutos são bagas carnosas e suculentas, que são de um vermelho vivo quando maduros, essa coloração vermelha deve-se ao carotenoide licopeno. O peso dos frutos varia de menos 25 g (tipo cereja) até mais de 300 g (tipo salada). As sementes são pilosas pequenas, o sistema radicular é condicionado pelo tipo de cultura (Filgueira, 2008).

O tomate é a hortaliça mais consumida no Brasil, sendo sua utilização muito variada, em razão do grande número de tipos de frutos existentes. Dentre esses, os tomates do tipo cereja vêm sendo comumente encontrados nos mercados, principalmente nos grandes centros, com preços bastante atrativos aos produtores (Albuquerque Neto e Peil, 2012). De acordo com Guilherme et al. (2014), o tomate cereja é uma das variedades de tomate de maior popularidade em todo o mundo, e a produção e a comercialização dessa cultura têm sido impulsionadas nos últimos anos, pois os frutos de sabor adocicado e tamanho reduzido é um ingrediente bastante desejável na gastronomia moderna. Essa informação sobre o crescimento do consumo de tomate cereja também pode ser encontrada em outros trabalhos (Medeiros et al., 2011; Silva et al., 2011), porém, não foram encontradas informações sobre características econômicas do tomate cereja, com base em dados estatísticos. Acredita-se que os autores afirmam o ocorrido com base no senso comum e na observação do aumento da disponibilidade dos frutos no mercado e no aumento do interesse por parte do consumidor.

3.2. A salinidade na agricultura

A salinidade é um dos fatores abióticos que mais afetam o crescimento e a produtividade das culturas. Este processo está associado ao acúmulo excessivo de

sais muitas vezes decorrente do manejo inadequado do solo e da água, podendo levar ao abandono de áreas, por torná-las inviáveis à exploração agrícola (Cavalcante, 2012).

A irrigação, em muitas situações, é a única maneira de garantir uma produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é caso do semiárido brasileiro, onde há bastante deficiência hídrica, devido à taxa de evapotranspiração ser maior que a de precipitação durante a maior parte do ano (Holanda e Amorim, 1997). Contudo, a irrigação é um dos principais motivos de salinização do solo. Em diversas regiões, as únicas águas disponíveis para irrigação possuem níveis elevados de sais, fazendo com que o produtor seja obrigado a utilizá-las quando a precipitação pluviométrica não é suficiente para suprir a necessidade das culturas (Suassuna e Audry, 1993; Medeiros et al., 2011).

Mesmo com água de boa qualidade, independentemente do sistema ou método de irrigação utilizado, sais são transportados aos solos com essa prática (Medeiros et al., 2011). Quaisquer águas, independentemente de serem oriundas de açudes, barragens, lagoas, rios, poços amazonas, tubular, artesianos ou de aquíferos de alta profundidade, possuem sais. Os cátions que mais ocasionam problemas relacionados à salinidade são cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+) e os ânions são cloreto (Cl^-), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) e boro (Cavalcante, 2012). Porém, os principais problemas de salinidade estão associados a níveis elevados de Na^+ e Cl^- , devido ao Na^+ poder causar problemas de sodificação das terras irrigadas, ocasionando depauperamento físico do solo provocado pela dispersão das argilas, como aumento da resistência à aeração, limitação da infiltração e complicações no manejo; e devido aos dois íons serem extremamente prejudiciais às plantas em quantidades elevadas (Dudley, 1994; Leite et al., 2007).

Solos severamente afetados por sais geralmente são pobres em matéria orgânica e nitrogênio, desta forma, os impactos prováveis como resultados da salinização incluem a perda de produtividade do solo, que também pode influenciar para tornar inviável o manejo da maioria das plantas cultivadas, uma vez que não irão dispor das condições de fertilidade ideais para seu pleno desenvolvimento, muitas vezes podendo ocorrer perdas permanentes de áreas agricultáveis (Medeiros et al., 2011).

3.3. Efeitos dos sais nas plantas

O nível máximo de salinidade média da zona radicular que pode ser tolerado pelas plantas sem afetar negativamente seu desenvolvimento é a salinidade limiar (Maas e Hoffman, 1977). Ayers e Westcot (1999) citam o tomate comum é uma espécie moderadamente sensível a sais e, segundo Silva et al. (2013), ocorre redução de sua produção quando a condutividade elétrica da solução do solo se eleva acima de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$. Porém, pode haver diferença entre a tolerância à salinidade entre espécies. Alguns autores citam que o tomate cereja é mais tolerante a esse fator do que o tomate comum. Campos et al. (2006) verificaram redução da produção comercial e total de tomates comuns, em 11,9 e 11,0%, respectivamente, com aumento unitário da salinidade da água acima de 1 dS m^{-1} . Caro et al. (1991), ao testarem a tolerância à salinidade de variedades diferentes de tomate, constataram maior produção nas plantas do tipo cereja, ao serem irrigadas com níveis mais altos de condutividade elétrica da água de irrigação. Gomes et al. (2011) ao trabalharem com tomate cereja cv. Samambaia, observaram ser de $3,51 \text{ dS m}^{-1}$ a salinidade limiar, portanto, mais tolerante ao estresse salino que os níveis relatados para tomate comum.

Altos níveis de salinidade do solo podem reduzir a área foliar das plantas, causar fechamento estomático e conseqüente redução da fotossíntese, o que irá causar redução do crescimento e possíveis perdas na produção. Os efeitos da salinidade sobre as plantas são três: o efeito osmótico, a toxicidade dos íons e o efeito indireto de natureza nutricional.

Dentre esses, o principal efeito da salinidade sobre as plantas é o osmótico, no qual a água é osmoticamente retida em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração dos sais torna a água cada vez menos disponível para a planta (Larcher, 2000; Hassan et al., 2015; Santos et al., 2016). O aumento da pressão osmótica provocado pela salinidade poderá atingir um nível em que as plantas não mais terão forças de sucção para superá-la e, conseqüentemente, a planta não conseguirá absorver água mesmo de um solo aparentemente úmido e, se o nível de salinidade for extremamente alto, é possível que a planta, ao invés de absorver, poderá até perder a água em suas células (Dias e Blanco, 2010).

Outro efeito da salinidade nas plantas que causa muitos problemas fisiológicos é a toxicidade dos íons. Quando as plantas absorvem os sais do solo,

juntamente com a água, determinados íons podem ser absorvidos em excesso. Após a absorção dos sais pelas plantas, as concentrações de íons prejudiciais se acumulam nas células, ocasionando a toxicidade iônica. Os íons que mais causam esses problemas nos solos salinos são o sódio e o cloreto, com toxicidade mais frequente do cloreto, seguida pelo sódio e pelo do boro (Ayers e Westcot, 1999). A toxicidade de íons nas plantas pode causar necroses, queimaduras nas bordas das folhas, distúrbios na integridade da membrana celular, interferência no balanço de solutos e nutrientes (Grattan e Grieve, 1999; Wahome et al., 2001).

Altas concentrações de Na^+ e Cl^- competem com outros íons nutrientes, como K^+ , Ca^{2+} , N e P, resultando, muitas vezes, em repelência dos minerais necessários para o desenvolvimento das plantas, causando desequilíbrios nutricionais (Grattan e Grieve, 1999; Hassan et al., 2015; Santos et al., 2016). Este é o chamado efeito indireto de natureza nutricional da salinidade, no qual concentrações elevadas de sódio ou outros cátions na solução podem interferir na disponibilidade de outros elementos, afetando, indiretamente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Isto é, o excesso de um íon pode provocar deficiência de outro em virtude da precipitação ou inibição, afetando a planta pela falta do elemento precipitado e não pelo excesso de outro íon (Medeiros et al., 2011; Reis et al., 2013; Sá et al., 2013; Hassan et al., 2015; Santos et al., 2016).

O efeito depreciativo dos sais em tomate cereja tem sido observado por alguns autores. Gomes et al. (2011) submeteram a cultivar 'Samambaia' cultivada em sistema hidropônico, a cinco tratamentos de salinidade, obtidos pelo acréscimo de rejeito da dessalinização da água salobra na solução nutritiva elaborada, que correspondeu a valores de condutividade elétrica da solução de 2,1, 3,55, 4,88, 6,02 e 6,96 dS m^{-1} , e verificaram que o aumento do nível de salinidade reduziu de maneira linear as variáveis peso total de frutos, produção de frutos comerciais, total de frutos comerciais e não comerciais, e as massas secas da haste e da parte aérea. Medeiros et al. (2011), ao irrigarem o tomateiro cereja com águas com cinco níveis de condutividade elétrica (0,5, 1,0, 2,0, 3,0 e 4,0 dS m^{-1}), constataram haver redução de altura de plantas, índice de velocidade de emergência, número de folhas, área de raízes, e massas secas de raízes e parte aérea. Hassan et al. (2015) cultivaram tomateiro cereja em casa de vegetação e submeteram as plantas a irrigação com águas de três níveis de salinidade (150, 300 e 450 mM NaCl), e observaram que a salinidade reduziu altura de plantas, número de folhas, peso

fresco das plantas, conteúdo relativo de água, concentrações de clorofilas e total de açúcares solúveis, bem como, aumentou os teores de prolina e glicina betaína.

Em condições salinas, algumas plantas ativam determinados mecanismos de defesa para minimizar os efeitos deletérios do estresse. Dentre esses mecanismos, destaca-se o ajustamento osmótico, no qual as células acumulam solutos orgânicos como prolina, sorbitol e glicina betaína, para manter o equilíbrio de potencial hídrico e contribuir para a absorção de água e nutrientes, bem como, a continuidade dos processos fisiológicos, ainda que em níveis de atividades menores (Verslues e Bray, 2004; Taiz e Zeiger, 2013; Vieira et al., 2016). Entre os mecanismos morfofisiológicos para defesa ao estresse salino, destacam-se: redução da área foliar e do número de folhas, como forma de diminuir a superfície transpirante, para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração; abscisão de folhas velhas que acumulam quantidades consideráveis de sais; fechamento estomático, para também minimizar perdas de água via transpiração, e manter a taxa fotossintética em níveis consideráveis (Esteves e Suzuki, 2008; Reis et al., 2013; Medeiros et al., 2011; Pereira, 2014). As plantas podem ainda se adaptar a níveis elevados de sais, restringindo a entrada dos íons nas raízes, ou impedindo-os de chegarem às folhas através do xilema, ou sequestrando no vacúolo os íons que chegam às folhas quando a absorção e o transporte dos íons não são impedidos (Costa et al., 2003).

3.4. Adubações mineral e orgânica em tomateiro cereja

A qualidade da água para irrigação está intimamente relacionada a efeitos prejudiciais aos solos e às culturas e, por isso, muitas vezes é necessário o uso de técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas relacionados a sua utilização (Ayers e Westcot, 1999; Medeiros et al., 2011; Demontiêzo et al., 2016; Santos et al., 2016). Diferentes fatores vêm sendo estudados no sentido de diminuir os efeitos deletérios dos sais nas plantas, tais como o uso de genótipos tolerantes, técnicas de preparo do solo e formas de adubação. Em tomateiro cereja, têm sido verificados os efeitos benéficos do uso de diferentes fertilizantes minerais e orgânicos (Medeiros et al., 2011; Santos et al., 2016; Vieira et al., 2016).

O uso de adubação mineral nos sistemas de produção de tomate cereja, para garantir produtividades economicamente viáveis ao produtor, é de grande

importância para a maioria dos solos brasileiros, que são de baixa fertilidade natural (Luz et al., 2010). Com níveis elevados de sais na solução do solo, é possível que o excesso de um determinado íon possa provocar deficiência de outro, alterando, desta forma, os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta. A adubação mineral, com suprimento de nitrogênio, fósforo e potássio surge como ação atenuadora dos efeitos de natureza nutricional da salinidade (Pereira, 2014).

Alguns autores têm publicado dados em que é mostrada uma possível competição entre íons dos adubos minerais contra íons relacionados à alta salinidade, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma absorção maior de cloreto pela planta, por exemplo (Kafkafi, 1984; Pereira et al., 2014; Vieira et al., 2016). Ao submeter o tomateiro cereja à interação entre cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3, 1,5, 2,5, 35,5 e 4,5 dS m⁻¹) com quatro doses de nitrogênio (60, 100, 140 e 180% da recomendação para adubação nitrogenada), Vieira et al. (2016) verificaram que a área foliar e as massas secas de folhas e caule das plantas adubadas com doses mais elevadas de nitrogênio foram menos afetadas pelos altos níveis de sais do que as mesmas variáveis nas plantas que receberam pouco suprimento do nutriente.

Outra prática de fundamental importância nos cultivos de tomate cereja é a adubação com materiais orgânicos. O incremento de substâncias orgânicas causam melhorias nas características físicas e biológicas do solo e liberam os nutrientes de forma gradativa durante o ciclo da cultura, reduzindo processos como lixiviação, fixação e volatilização (Medeiros et al., 2011; Mueller et al., 2013; Pereira et al., 2014). Há evidências de que a adubação orgânica atenua os efeitos nocivos de natureza nutricional da salinidade. Foi relatado que cargas elétricas negativas presentes nos materiais orgânicos se ligam a cátions, principalmente Na⁺, e auxiliam na redução da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (Munns e Tester, 2009; Rajendran et al., 2009). No trabalho de Medeiros et al. (2011), avaliando o crescimento inicial do tomateiro cereja em função de níveis de salinidade da água de irrigação e o uso de biofertilizantes, foi verificado que as variáveis altura de planta, índice de velocidade de emergência, número de folhas, área da raiz, massas secas das raízes e da parte aérea das plantas que receberam adubação com biofertilizantes foram menos prejudicadas pela salinidade do que as plantas relativas aos tratamentos que não receberam os insumos. Isto é, os biofertilizantes

liberam substâncias húmicas e ajudam na proliferação de micro-organismos no solo, bem como, aumentam o grau de disponibilidade de nutrientes às plantas, fazendo com que, além de provocar melhorias ao solo e à nutrição do tomateiro cereja, ainda haja atenuação dos efeitos nocivos da alta salinidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do estudo

Foi conduzido um experimento, em condições de casa de vegetação, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande/PB (07°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m), no período de outubro de 2015 a janeiro de 2016.

4.2. Fatores estudados e delineamento estatístico

Foram estudados dois níveis de salinidade, expressos na condutividade elétrica da água de irrigação - CEa - (S1 - 0,9; e S2 - 4,0 dS m⁻¹) e três formas de fertilização do solo (F1 - sem adubação; F2 - adubação mineral; e F3 - adubação orgânica). Foi utilizado o delineamento estatístico de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 3, com quatro blocos. Cada parcela continha duas plantas experimentais, resultando num total de 48 plantas.

A adubação mineral foi feita com base na recomendação de Cavalcanti (2008), através dos dados da análise de solo (Tabela 1). Na adubação de fundação, foram utilizados 0,81 g de superfosfato simples, 0,27 g de cloreto de potássio e 0,27 g de ureia por parcela. Na adubação de cobertura, após 30 dias, foram aplicados 0,27 g de cloreto de potássio e 0,72 g de ureia por parcela. Na adubação orgânica, foi utilizado 1 kg de esterco bovino curtido (Maia et al., 2013), incorporado ao material de solo durante o enchimento dos vasos.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo utilizado no experimento

Atributos químicos								
pH _{ps}	M. O. g kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺
						(cmol _c kg ⁻¹)		
5,45	6,40	8,00	0,25	0,14	1,55	1,00	0,00	1,86
Atributos físicos								
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (g kg ⁻¹)		Água disponível	Porosidade total	Densidade (kg dm ³)
Areia	Silte	Argila		0,33 atm	15,0 atm	g kg ⁻¹		
840,2	79,3	80,5	A. F.	170,1	20,8	149,3	0,43	1,49

pH_{ps} - pH da pasta de saturação; M.O. - Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; A. F. - Areia Franca

4.3. Preparo das mudas de tomate cereja

As mudas de tomateiro cereja foram preparadas em tubetes de 280 cm³, preenchidos com substrato comercial Plantmax®. Foram utilizadas sementes de tomate cereja Vermelho (*L. pimpinellifolium* Mill.), linhagem 'Blue Line'. As mudas de tomate cereja foram mantidas nos tubetes até os 10 dias após a emergência (DAE) e, em seguida, foram transplantadas para os vasos.

4.4. Montagem e condução experimental

Para a condução das plantas, foram utilizados vasos plásticos com capacidade volumétrica de 11 L, preenchidos com uma camada de 3 cm de brita, coberta com tela de polipropileno e 10 L de solo. O material de solo utilizado foi proveniente de um Neossolo Regolítico Eutrófico, coletado entre 0-40 cm de profundidade, no distrito de São José da Mata (Campina Grande/PB. Cada vaso teve a base conectada a recipientes plásticos, através de mangueiras, para coleta da água de drenagem (Figura 1A).



Figura 1. Vasos utilizados na pesquisa conectados a recipientes plásticos para coleta de drenagem (A) e visão geral do experimento após o início da condução (B)

Inicialmente foi feita a mistura do material de solo com a quantidade de esterco bovino curtido já mencionada e, em seguida, o teor de umidade do solo foi elevado até atingir a capacidade de campo (CC) e foram feitas a adubação mineral com NPK (valores já mencionados) e o transplante das mudas, inserindo-se duas plantas por vaso. Transcorridos 15 dias após o transplante das mudas (DAT), foi

realizado o desbaste, deixando-se uma planta por vaso. Foi feito o tutoramento vertical das plantas, para evitar tombamentos. Na figura 1B, encontra-se uma visão geral do experimento após o início da condução.

4.5. Águas salinas utilizadas no experimento

As águas salinas foram preparadas com a dissolução de cloreto de sódio em água do sistema de abastecimento local. A concentração dos sais (C) foi determinada através da equação de Rhoades et al. (2000):

$$C \text{ (mg L}^{-1}\text{)} = 640 \times \text{CEa (dS m}^{-1}\text{)}$$

em que a CEa representa o valor pré-estabelecido da condutividade elétrica da água (0,9 dS m⁻¹).

As irrigações com águas foram iniciadas no quinto DAT e foram feitas diariamente, de acordo com a necessidade hídrica das plantas. Os volumes de água foram determinados de acordo com o balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de fração de lixiviação de 10%.

4.6. Variáveis analisadas

Com uso de fita métrica graduada em mm e de paquímetro digital, foram avaliados a altura de plantas e o diâmetro do caule de tomateiro cereja, aos 15, 45 e 75 dias após a semeadura (DAS). Com posse desses dados, foram calculadas as taxas de crescimento relativo (TCR) de altura e diâmetro caulinar, de acordo com Floss (2004):

$$TCR = \frac{\ln M2 - \ln M1}{t2 - t1}$$

em que:

M1 é a medida da altura ou diâmetro na época um (t1) e M2 é a medida realizada em intervalos até a época dois (t2); e ln é o logaritmo neperiano de cada medida da altura de planta ou diâmetro do caule.

Utilizando-se de um analisador de gás infravermelho (IRGA), foram avaliadas as trocas gasosas por meio das seguintes variáveis em folhas totalmente expandidas, aos 45 DAS: assimilação de CO₂ (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e concentração interna foliar de CO₂ (Ci). Por meio de relações entre esses dados, foram estimadas a eficiência instantânea do uso de água (A/E), a

eficiência intrínseca do uso de água (A/g_s) e a eficiência instantânea da carboxilação (A/C_i).

Também aos 45 DAS, foram coletadas porções de biomassa foliar para determinação das concentrações dos seguintes pigmentos fototintéticos: clorofila 'a', clorofila 'b', razão clorofila 'a' e clorofila 'b', clorofila total e carotenoides. Para mensuração destas variáveis, foram discos foliares (113 mm^2), que foram acondicionados em recipientes, contendo 10 mL de acetona 80% para dissolução das amostras, os quais foram cobertos para evitar a incidência de luz e armazenados em geladeira durante 48 horas, para posteriores aferições. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Figura 2), nos comprimentos de onda 470, 656 e 663 nm, para as determinações e quantificação dos pigmentos por meio das equações descritas por Wellburn (1994).

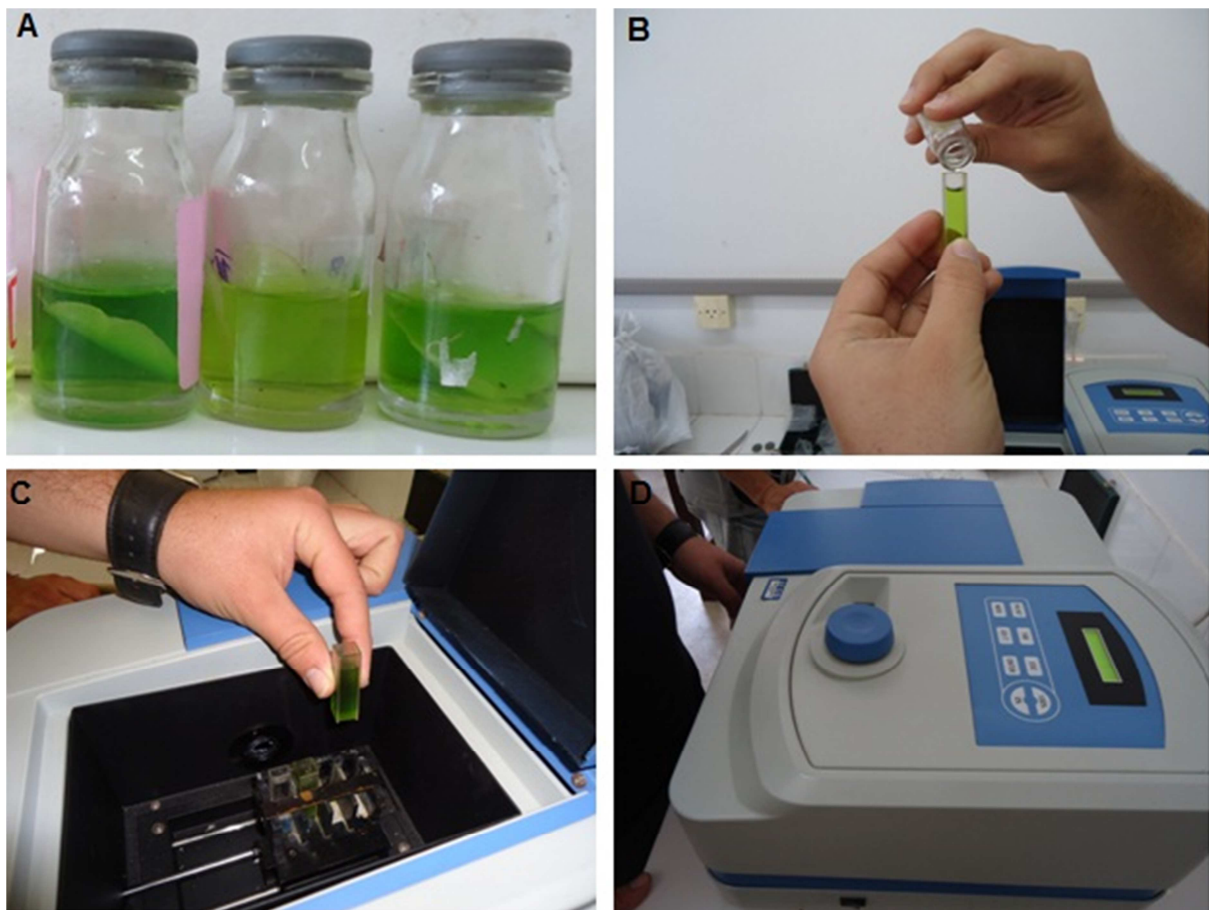


Figura 2. Recipientes contendo os discos foliares após 48 horas de armazenamento (A), transferência da solução para os recipientes (B) e inserção dos mesmos no espectrofotômetro utilizado (C, D)

As variáveis de produção analisadas foram o número de frutos por planta e o peso de frutos por planta. Esta última foi feita com balança analítica $\pm 0,001$.

Após a colheita, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes e, em seguida, submetidas à secagem em estufa de circulação de ar-forçado, à temperatura de 65 °C, até o material vegetal atingir peso constante. Após a secagem, as frações das plantas foram pesadas e foram determinados os valores de fitomassa foliar massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST).

4.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$ e $0,05$). Foi aplicado o Teste de Tukey para comparação das médias dos três níveis de adubação. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se do software SISVAR versão 5.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Crescimento

De acordo com os resultados da análise de variância (Tabela 2), verifica-se que os fatores salinidade (S) e fertilização (F), de forma isolada, exerceram efeito significativo sobre a altura das plantas de tomate cereja, aos 45 e aos 75 DAS, bem como sobre suas taxas de crescimento relativo entre 15-45. A interação S x F não foi significativa para nenhuma dessas variáveis, pelo teste F até o nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Análise de variância da altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas aos 45 e aos 75 dias após a semeadura (DAS), e das taxas de crescimento relativo (TCR) de AP e DC dos 15 aos 45 e dos 45 aos 75 DAS, de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização

F. V.	G. L.	Quadrado Médio				
		AP		TCR		NF
		(45 DAS)	(75 DAS)	(15-45 DAS)	(45-75 DAS)	(45 DAS)
Salinidade (S)	1	194,37**	744,82**	0,000104*	0,000017 ^{ns}	155,04**
Fertilização (F)	2	429,30**	1274,34**	0,000104**	0,000017 ^{ns}	47,37**
Interação (S x F)	2	39,25 ^{ns}	23,21 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	0,000017 ^{ns}	7,04 ^{ns}
Bloco	3	23,24	8,75	0,000049	0,000006	1,26
Resíduo	15	12,22	37,26	0,000015	0,000006	1,93
C. V. (%)		6,15	7,81	10,54	21,76	6,58
		DC		TCR		F
		(45 DAS)	(75 DAS)	(15-45 DAS)	(45-75 DAS)	(75 DAS)
Salinidade (S)	1	4,59**	12,90**	0,000004 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	48,16**
Fertilização (F)	2	1,70**	10,55**	0,000004 ^{ns}	0,000104*	151,79**
Interação (S x F)	2	0,40*	0,10 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	0,000004 ^{ns}	11,79 ^{ns}
Bloco	3	0,13	0,09	0,000004	0,000015	13,44
Resíduo	15	0,10	0,38	0,000004	0,000022	4,77
C. V. (%)		4,41	7,28	21,30	86,48	8,52

** , * , ^{ns} = significativo a $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo pelo Teste F, respectivamente; F. V. = fonte de variação; G. L. = grau de liberdade; C. V. = coeficiente de variação

Com relação ao diâmetro do caule (Tabela 2), houve efeito significativo, aos 45 DAS, tanto dos fatores isolados quanto da interação entre os mesmos; enquanto que, aos 75 DAS, só houve significância dos fatores de forma isolada, sem efeito da interação. A TCR do diâmetro do caule só foi afetada pela fertilização no período entre 45-75 DAS. O número de folhas, tanto aos 45 quanto aos 75 DAS, foi afetado pelos fatores de forma isolada, sem efeito da interação (Tabela 2).

A importância do desdobramento da interação mesmo com resultados de significância acima de 5% é tratada no trabalho de Perecin e Cargnelutti Filho (2008). Os autores afirmam que isso pode evitar a perda de informações valiosas dentro do trabalho e sugerem que os pesquisadores sejam mais tolerantes com a taxa de erro por experimento, aceitando nível de significância, por exemplo, de 25%. Havendo significância de algum fator isolado, é recomendado o desdobramento da interação, para captar efeitos importantes da mesma. Portanto, neste trabalho, optou-se por desdobrar os efeitos da interação salinidade x fertilização, mesmo quando o nível de significância foi acima de 5% de probabilidade de erro.

O desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de adubação para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas das plantas de tomate cereja se encontram na Figura 3. Aos 45 DAS (Figura 3A), nas plantas sem adubação, a altura de planta foi reduzida em 19,0% pela água de irrigação com condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹, enquanto que as plantas sob adubações mineral e com esterco bovino não tiveram a altura afetada pela salinidade. Aos 75 DAS (Figura 3B), as alturas das plantas sem adubação e sob adubação mineral foram afetadas negativamente pela salinidade, contudo, as testemunhas tiveram redução da ordem de 21,1%, enquanto que o tomateiro sobre adubação química reduziu em apenas 10,6%; já as plantas sob adubação com esterco bovino não foram afetadas pela salinidade nesse período. Esses dados mostram a importância da adubação, tanto mineral quanto orgânica, não só para corrigir a fertilidade de solo, mas também para mitigar os efeitos nocivos da salinidade sobre o tomateiro cereja (Medeiros et al., 2011; Vieira et al., 2016; Albino et al., 2018). A interação entre salinidade e biofertilização em tomate cereja foi estudada por Medeiros et al. (2011). Esses autores submeteram a cultura a níveis de salinidade da água de irrigação variando entre 0,5 e 4,0 dS m⁻¹ em solos com e sem biofertilizantes, e verificaram haver atenuação da salinidade pela adubação orgânica na altura de planta e em outras variáveis. Vieira et al. (2016) submeteram o tomate

cereja a salinidade da água variando entre 0,3 e 4,5 dS m⁻¹ em interação com doses de nitrogênio, e observaram que a fertilização com esse nutriente reduziu o efeito nocivo dos sais na área foliar e nas matérias secas de folhas e raízes.

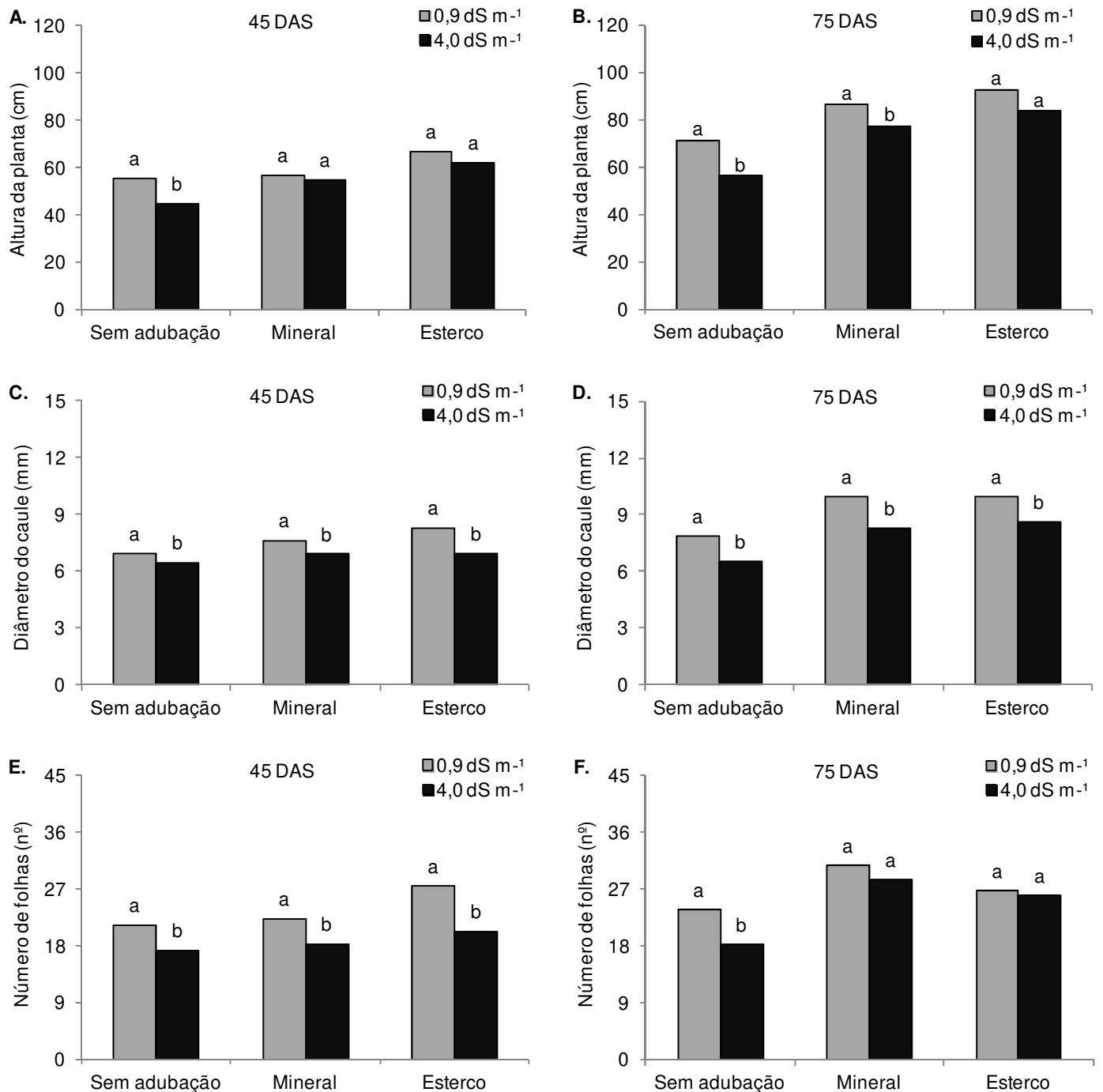


Figura 3. Desdobramento dos níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada forma de fertilização do solo, para altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas de tomate cereja, aos 45 (A, C, E) e aos 75 DAS (B, D, F). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo Teste F

O diâmetro do caule do tomateiro cereja foi reduzido pela salinidade da água nos dois períodos de avaliação (45 e 75 DAS), tanto dentro das testemunhas sem adubação, quanto nas plantas sob as adubações mineral e orgânica (Figuras 3C e D). O número de folhas, aos 45 DAS (Figura 3E), também foi afetado negativamente pela salinidade em todas as formas de fertilização; já aos 75 DAS (Figura 3F), ocorreu efeito semelhante ao ocorrido para a altura das plantas (Figuras 3A e B). Nas plantas sem adubação, o número de folhas foi reduzido em 23,1%, enquanto que, nas plantas sob adubação mineral e adubação orgânica, a variável não foi afetada pela salinidade da água de irrigação (Figura 3F). Na literatura, é comumente encontrado que plantas sob estresse salino possuem mecanismos de tolerância à salinidade relacionados às suas folhas, como redução do número de folhas e da área foliar, para diminuir a superfície transpirante e reduzir as perdas de água pela transpiração, e queda de folhas velhas que acumularam quantidades de sais (Esteves e Suzuki, 2008; Reis et al., 2013; Pereira, 2014). Contudo, a redução da área foliar devido à salinidade também pode ocorrer como consequência negativa desse estresse em vez de ser um mecanismo de adaptação (Dias et al., 2010).

Na Figura 4, encontra-se o desdobramento das formas de fertilização do solo dentro de cada nível de salinidade. Aos 45 DAS, na salinidade da água de 0,9 dS m⁻¹, a altura das plantas sob adubação com esterco bovino superou a AP das plantas sob adubação mineral e o tratamento sem adubação (Figura 4A); enquanto que, nas plantas irrigadas com água de salinidade de 4,0 dS m⁻¹, a AP das testemunhas foi menor do que a AP das plantas sob adubação mineral, e esta foi menor do que nas plantas com adubação orgânica (Figura 4A), expressando o efeito atenuador da fertilização sobre o estresse salino. Aos 75 DAS, as alturas das plantas sob as adubações mineral e orgânica superaram as testemunhas, dentro dos dois níveis de salinidade (0,9 e 4,0 dS m⁻¹), porém não diferiram entre si, de acordo com o Teste de Tukey (Figura 4B).

Quando as plantas receberam irrigação com água de CE = 4,0 dS m⁻¹, o diâmetro do caule não foi influenciado pelas formas de adubação, aos 45 DAS (Figura 4C); mas, aos 75 DAS (Figura 4D), as plantas sob adubação orgânica e química tiveram diâmetros dos caules superiores às testemunhas tanto no tratamento de salinidade mais baixo (0,9 dS m⁻¹), quanto no nível mais elevado (4,0 dS m⁻¹). O número de folhas foi mais elevado nas plantas de tomate cereja que

receberam os tratamentos com ambas as formas de fertilização do que nas testemunhas, tanto aos 45 DAS, quanto aos 75 DAS (Figuras 4E e F).

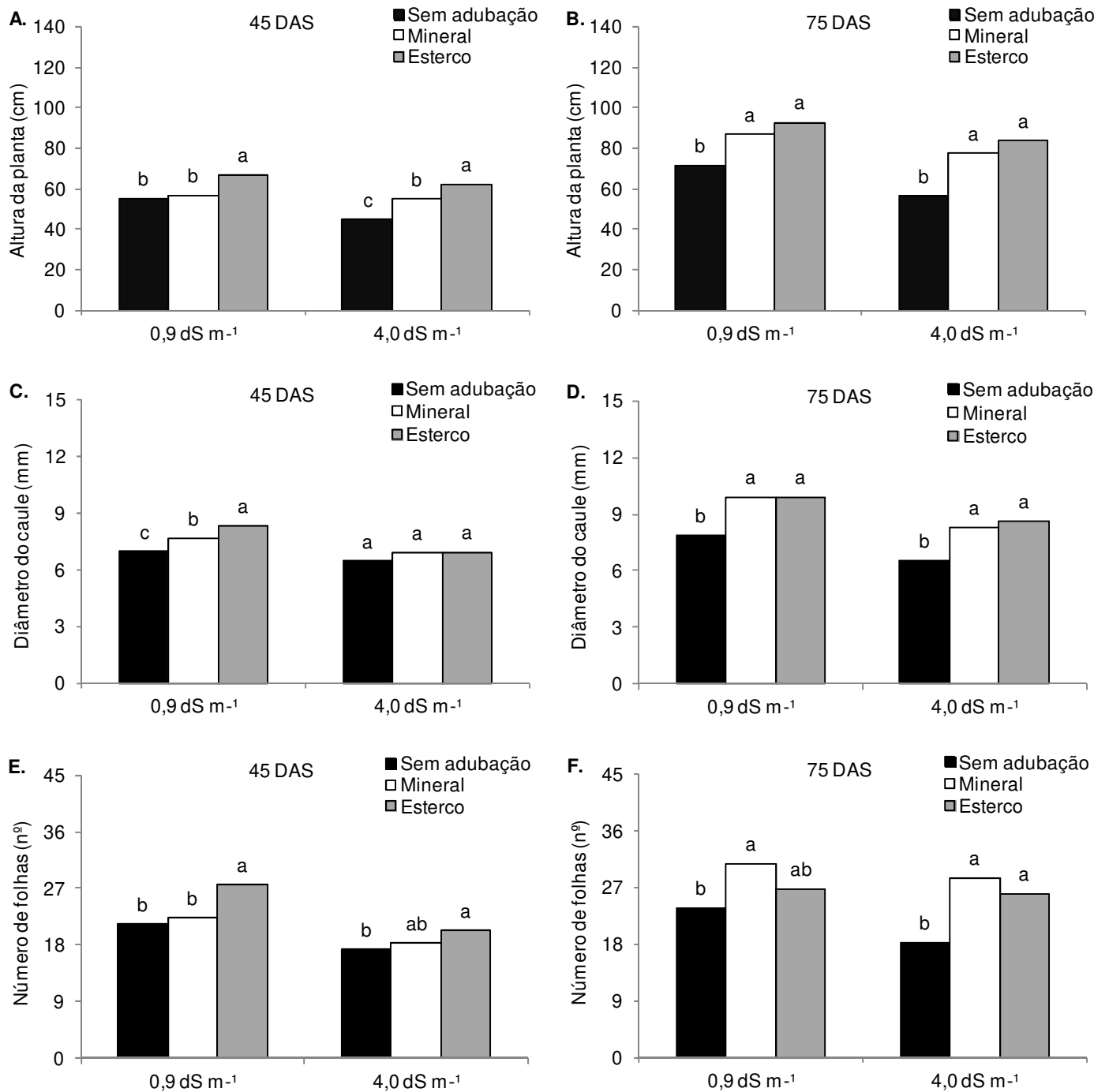


Figura 4. Desdobramento das formas de fertilização do solo dentro de cada nível de salinidade da água de irrigação, para altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas de tomate cereja, aos 45 (A, C, E) e aos 75 DAS (B, D, F). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey

É bastante comum a redução do crescimento de tomateiro cereja em condições de estresse salino, pois o excesso de sais na solução do solo pode ocasionar menor absorção de água em função do efeito osmótico, como também podem ser absorvidos certos íons em demasia, os quais podem causar toxidez ou redução da disponibilidade de outros nutrientes (Medeiros et al., 2011; Reis et al., 2013; Sá et al., 2013; Hassan et al., 2015; Santos et al., 2016). Porém, como verificado neste trabalho, há indícios de que os efeitos nocivos da salinidade possam ser mitigados por alguns fatores, destacando-se adubações mineral e orgânica.

Em condições salinas, o excesso de um íon pode provocar deficiência de outro, podendo haver prejuízos nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta (Taiz e Zeiger, 2013). Kafkafi (1984) afirma que pode haver competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma maior absorção de cloreto pela planta e vice-versa, por exemplo. Portanto, é possível que, no presente trabalho, os íons disponibilizados para o tomateiro cereja através da adubação mineral, além de promoverem melhor nutrição das plantas, tenham repellido quantidades prejudiciais de íons relacionados à alta salinidade. A adubação com esterco, por sua vez, é fundamental à qualidade do solo, devido à liberação gradativa de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, além da melhoria de suas características físicas e biológicas, podendo atuar positivamente na redução do efeito depreciador dos sais (Borchardt et al., 2011; Medeiros et al., 2011; Mueller et al., 2013; Albino et al., 2018).

Para a variável taxa de crescimento relativo de altura de planta, aos 45 DAS, não houve diferença entre os níveis de salinidade nas testemunhas nem nas plantas adubadas (Figura 5A). Porém, no desdobramento das formas de fertilização dentro dos níveis de salinidade (Figura 5B), verificou-se que as plantas sob adubação orgânica foram superiores às plantas sem adubação e às plantas sob adubação mineral. Essa superioridade da adubação orgânica em relação à adubação mineral se deve, possivelmente, ao que foi mencionado no parágrafo anterior, ou seja, enquanto a fertilização química libera os nutrientes no período de aplicação, a orgânica libera-os gradativamente, além de promover melhoras no solo. Com relação à taxa de crescimento do diâmetro caulinar, também se observou que a salinidade não promoveu diferenças significativas dentro das formas de adubação (Figura 5C), aos 75 DAS; mas, tanto dentro da salinidade de 0,9 dS m⁻¹ quanto da

salinidade de 4,0 dS m⁻¹, as plantas que receberam fertilizações mineral e orgânica foram superiores às testemunhas e não diferiram entre si (Figura 5D).

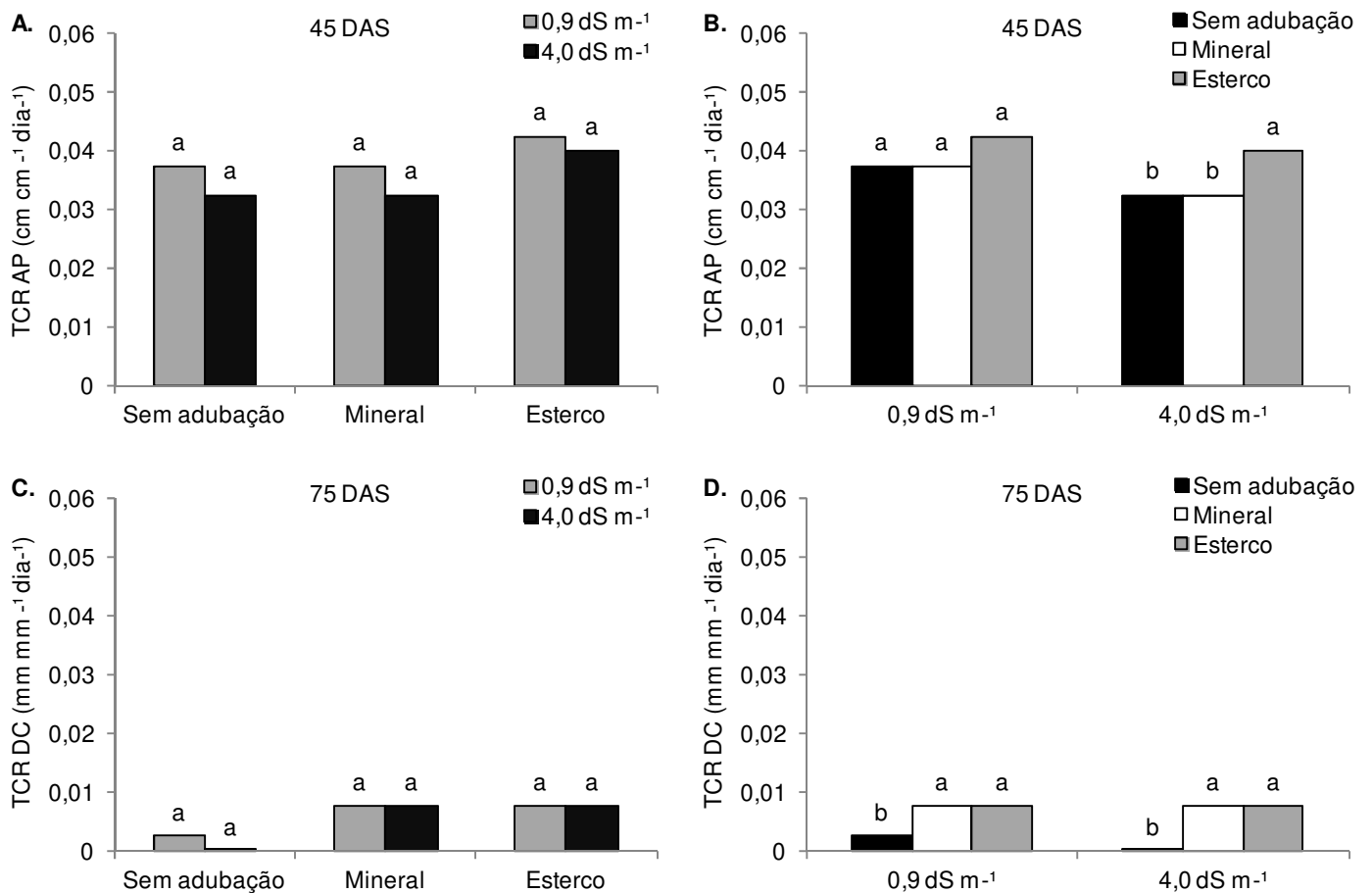


Figura 5. Desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização do solo dentro e das formas de fertilização dentro cada nível de salinidade da água, para as taxas de crescimento relativo da altura de planta - TCR AP - (A, B) e do diâmetro do caule - TCR DC - (C, D) de tomate cereja. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste F (A, C) e pelo Teste de Tukey (B, D)

O resumo da análise de variância das variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca total (MST) se encontram na Tabela 3. Verifica-se que todas estas variáveis foram afetadas de maneira significativa pela salinidade e pela fertilização como fatores isolados, e que houve efeito significativo da interação a 5% apenas para MSPA. Contudo, conforme recomendação de Perecin e Cargnelutti Filho (2008), foi feito o desdobramento da

interação dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização e vice-versa, para evitar a perda de dados valiosos para o avanço no estudo do cultivo de tomate cereja em ambientes salinos.

Tabela 3. Análise de variância das massas secas da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST) de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização

F. V.	G. L.	Quadrado Médio		
		MSPA	MSR	MST
Salinidade (S)	1	1,01**	5,89**	41,52**
Fertilização (F)	2	70,14**	18,82**	161,55**
Interação (S x F)	2	4,10*	0,34 ^{ns}	6,81 ^{ns}
Bloco	3	0,45	0,08	0,92
Resíduo	15	16,13	0,18	2,04
C. V. (%)		10,75	10,51	10,68

** , * , ^{ns} = significativo a $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo pelo Teste F, respectivamente; F. V. = fonte de variação; G. L. = grau de liberdade; C. V. = coeficiente de variação

Quando a salinidade da água de irrigação foi elevada de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ para $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, as testemunhas sem adubação e as plantas sob adubação mineral tiveram redução nas massas secas da parte aérea (Figura 6A), das raízes (Figura 6C) e total (Figura 6E), mas as plantas fertilizadas com esterco não foram afetadas (Figuras 6B, D e F). Nas Figuras 6B, D e F, também se percebe a superioridade dessas variáveis nas plantas adubadas com esterco em relação ao tratamento testemunha e à adubação mineral. Estes, por sua vez, não diferiram entre si, de acordo com o Teste de Tukey (Figura 6B, D e F). O estresse salino pode causar redução na pressão de turgescência devido à diminuição do conteúdo de água, resultando em redução da taxa de divisão e de alongamento celular, o que pode causar menor crescimento e baixa produção de matéria seca no tomateiro cereja (Ayers e Westcot, 1999).

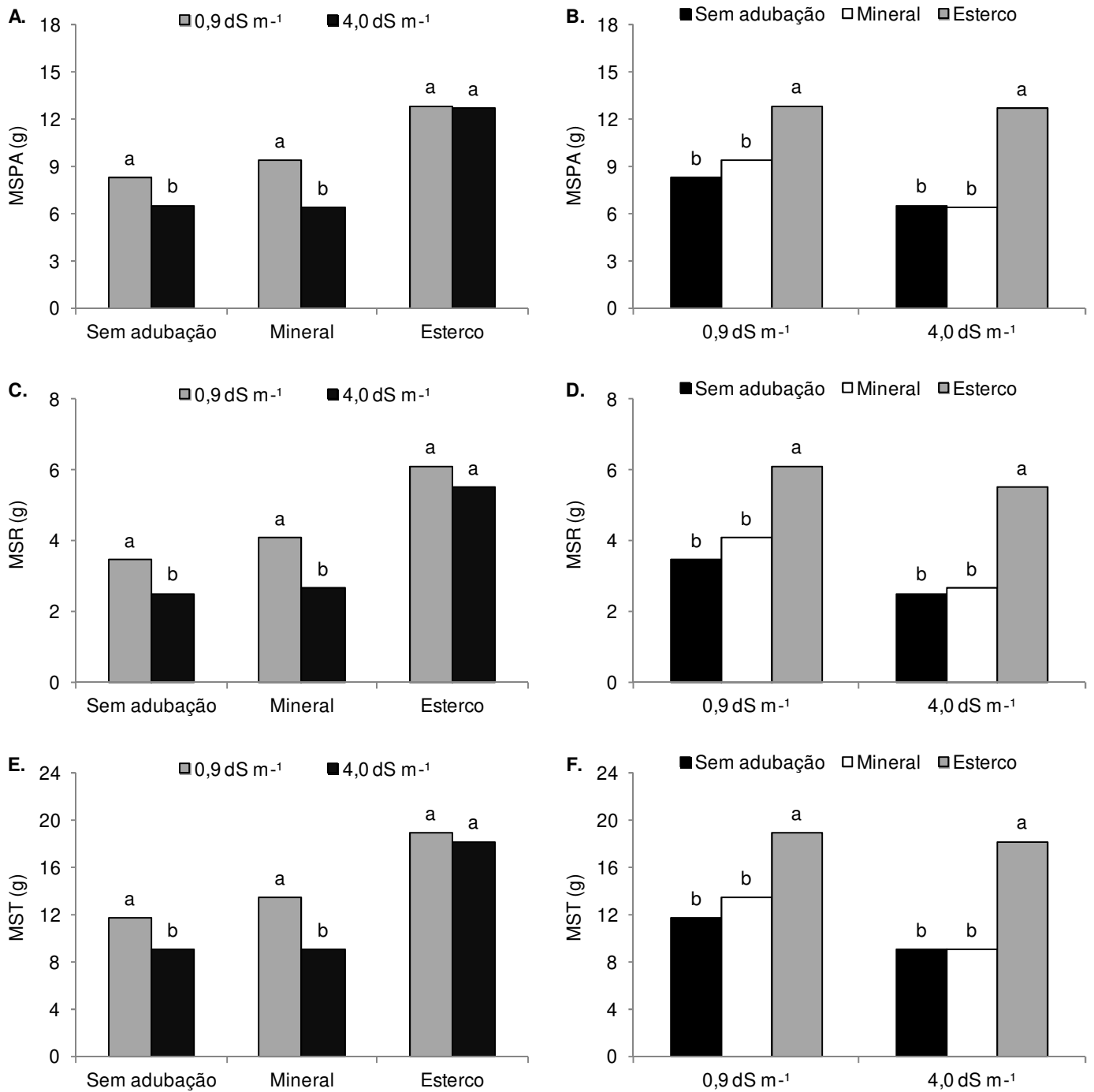


Figura 6. Desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização do solo dentro e das formas de fertilização dentro cada nível de salinidade da água, para as massas secas da parte aérea - MSPA - (A, B), da raiz - MSR - (C, D) e total - MST - (E, F) de plantas de tomate cereja. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste F (A, C, E) e pelo Teste de Tukey (B, D, F)

Freire et al. (2010) avaliaram os efeitos da salinidade sobre genótipos de tomateiro (*L. esculentum*), e verificaram que a massa seca da parte aérea de uma das cultivares reduziu em, aproximadamente, 17% com o aumento da salinidade da água de irrigação de 0,4 dS m⁻¹ para 6,0 dS m⁻¹. Os dados de massa seca apresentados no presente trabalho também corroboram com os demais dados apresentados sobre a ação atenuante de formas de adubação sobre a salinidade em tomateiro cereja e com as informações encontradas na literatura (Medeiros et al., 2011; Vieira et al., 2016).

5.2. Trocas gasosas

A salinidade afetou de maneira significativa todas as variáveis relacionadas às trocas gasosas, com exceção da transpiração (*E*) e da condutância estomática (Tabela 4). As formas de fertilização afetaram apenas a assimilação de CO₂ (*A*), a eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) e a eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*).

Tabela 4. Análise de variância das variáveis assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração foliar de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea do uso da água (*EiUA* - *A/E*), eficiência intrínseca do uso da água (*EintUA* - *A/gs*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiC* - *A/Ci*) de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização

F. V.	G. L.	Quadrado Médio						
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EintUA</i>	<i>EiC</i>
Salinidade (S)	1	48,79**	0,15 ^{ns}	0,017 ^{ns}	5460,16**	5,04**	1106,22**	0,00120**
Fertilização (F)	2	34,62**	0,08 ^{ns}	0,017 ^{ns}	901,62 ^{ns}	5,21**	20,60 ^{ns}	0,00070**
Interação (S x F)	2	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,002 ^{ns}	125,29 ^{ns}	0,31 ^{ns}	36,73 ^{ns}	0,00002 ^{ns}
Bloco	3	6,85	0,02	0,002	449,94	0,78	70,91	0,00014
Resíduo	15	3,07	0,06	0,005	314,71	0,29	15,69	0,00007
C. V. (%)		18,12	10,40	23,86	6,31	13,25	12,09	24,53

** , * , ^{ns} = significativo a p < 0,01, p < 0,05 e não significativo pelo Teste F, respectivamente; F. V. = fonte de variação; G. L. = grau de liberdade; C. V. = coeficiente de variação

Não foi observada significância estatística da interação salinidade x fertilização, até o nível de 5% de probabilidade de erro, pelo Teste F, contudo, optou-

se por realizar o desdobramento da mesma nas variáveis que tiveram significância em pelo menos um fator de forma isolada (Perecin e Cargnelutti Filho, 2008). É compreensível essa diferença em todas as variáveis estudadas, considerando estarem as plantas sob condições de estresse salino por mais 20 dias, tempo para serem ativados genes relacionados aos mecanismos de tolerância ou sensibilidade dos genótipos ao fator de estresse (Yousfi et al., 2016).

Na figura 7A, está contido o desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de adubação, para a taxa de assimilação de CO₂. Verificou-se que nas plantas sob as três formas de adubação (testemunha sem adubação, adubação mineral e adubação orgânica), o aumento da salinidade da água de irrigação provocou redução da assimilação de CO₂, ou seja, houve redução da fotossíntese. O efeito osmótico da salinidade provoca redução no potencial hídrico foliar, com conseqüente redução de absorção de água pelas plantas, o que acarreta em fechamento estomático como forma de evitar a perda de água pela transpiração e conseqüente redução da fotossíntese (Tavora et al., 2001; Freire et al., 2014; Pereira, 2014; Santos et al., 2016). Todavia, este processo também pode ser afetado pelos danos no sistema enzimático de fixação do CO₂, causados pela toxidez iônica sobre o metabolismo (Neves et al., 2009).

Na Figura 7B, percebe-se que, tanto nas plantas irrigadas com água de CE = de 0,9 dS m⁻¹, quanto de CE = 4,0 dS m⁻¹, a assimilação de CO₂ das plantas foi atenuada pelas formas de fertilização, com maiores valores dos tratamentos na seguinte ordem: esterco > adubação mineral > sem adubação. Essa atenuação se dá por conta das cargas elétricas negativas da matéria orgânica, que se ligam a cátions, principalmente Na⁺, baixando a condutividade elétrica da solução do solo (Munns e Tester, 2009; Rajendran et al., 2009).

Em trabalho de Pereira (2014), avaliando plantas de tomate cereja submetidas a níveis de condutividade elétrica da água de irrigação variando entre 0,5 e 4,5 dS m⁻¹ em interação com formas de adubação (sem adubação, adubação química e vermicomposto), também foi verificada mitigação dos efeitos nocivos da salinidade sobre a assimilação de CO₂, pela adubação mineral com NPK. O autor observou que as plantas sem adubação e sob adubação orgânica tiveram a variável reduzida com o aumento da salinidade até o último valor estudado, enquanto que a fotossíntese das plantas sob adubação química foi constante, mesmo quando as plantas foram irrigadas com água com o maior nível de salinidade estudado (4,5 dS

m⁻¹). Para Pereira (2014), a adubação mineral supriu as necessidades nutricionais do tomateiro cereja, fazendo com que houvesse uma redução dos efeitos de natureza nutricional da salinidade sobre as plantas, com inibição da absorção de cloreto e sódio, em razão da maior disponibilidade de nitrogênio, fósforo e potássio, resultando em um efeito atenuante na fotossíntese da cultura.

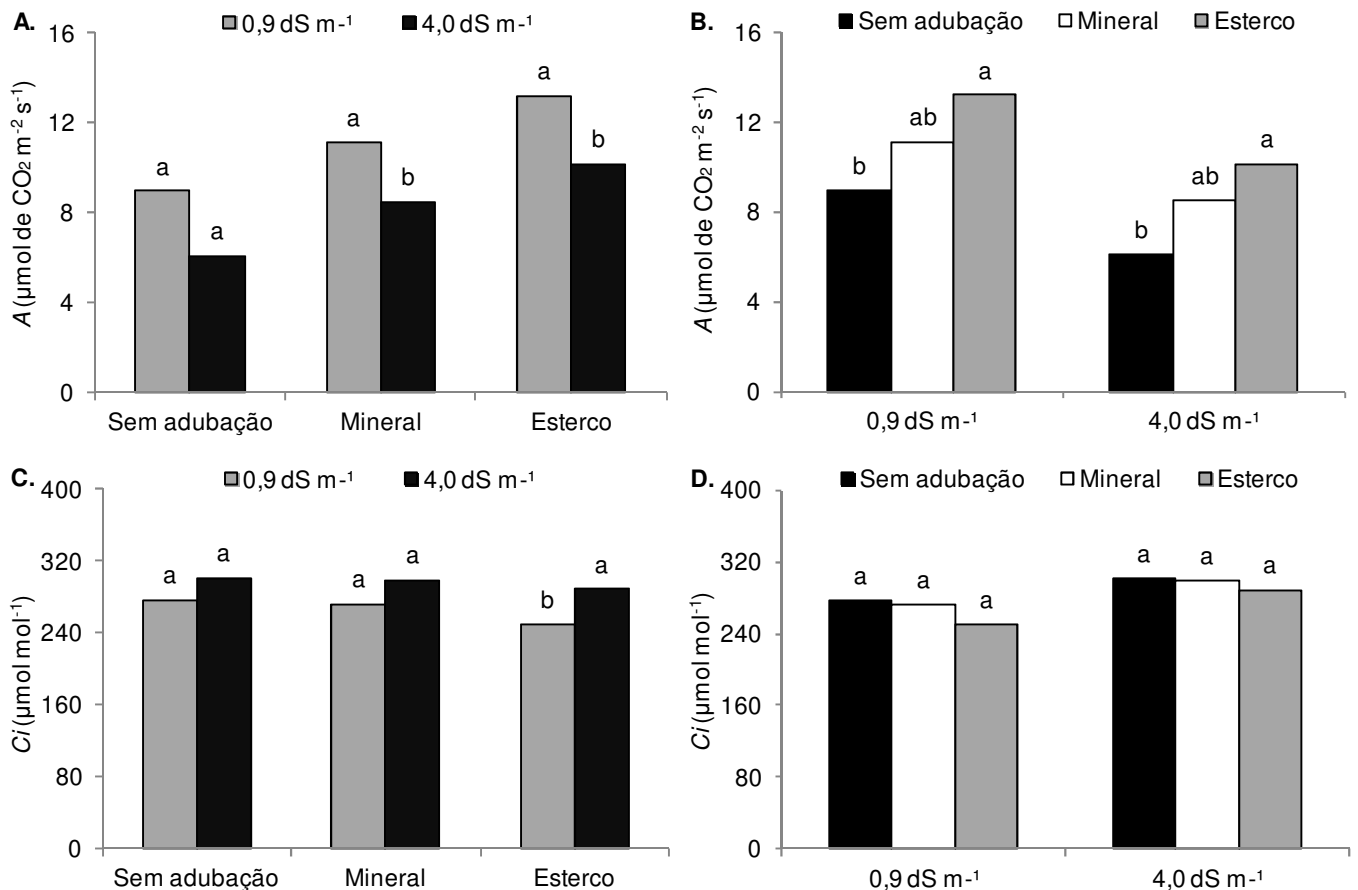


Figura 7. Desdobramento dos níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada forma de fertilização do solo (A) e das formas de fertilização dentro dos níveis de salinidade (B), para a taxa de assimilação de CO₂ (A) e concentração interna de CO₂ em plantas de tomate cereja. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste F e pelo Teste de Tukey.

Na Figura 7C, percebe-se um leve aumento da concentração interna de carbono (*C_i*) nas folhas, embora que, apenas nas plantas adubadas com esterco, houve efeito significativo até 5%, pelo teste F. Isto caracteriza os efeitos negativos do aumento da salinidade no metabolismo de carbono nas plantas, pois, elevação de *C_i* é indicativo de não estar havendo fluxo de CO₂ para a síntese de compostos

orgânicos pelo processo fotossintético, resultando em acúmulo do carbono na câmara subestomática (Larcher, 2000). Com relação às formas de fertilização dentro de cada nível de salinidade, para C_i , verifica-se, na Figura 7D, que não houve significância estatística.

A eficiência instantânea no uso de água ($EiUA$) se trata da relação entre a fotossíntese e a transpiração da planta, isto é, essa variável relaciona a quantidade de carbono que a planta fixa, por cada unidade de água que perde (Ferraz et al., 2012). Neste trabalho, a eficiência instantânea do uso da água foi reduzida pela salinidade de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ apenas nas plantas de tomate cereja que não receberam nenhuma forma de adubação (Figura 8A). As formas de fertilização mineral e orgânica foram suficientes para atenuar os efeitos da alta salinidade nessa variável (Figura 8A), isto é, não houve diferença significativa na $EiUA$ nas plantas adubadas com e NPK e com esterco bovino, mesmo quando a salinidade da água de irrigação foi elevada de $0,9$ para $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Este fato também pode ser observado na Figura 8B, ao se constatar que, na salinidade de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, os valores de $EiUA$ das plantas sob adubações mineral e orgânica foram, respectivamente, mais elevados em 61,5% e 76,1% em relação às testemunhas.

A $EiUA$ e a eficiência intrínseca do uso de água ($EintUA$) têm sido apontadas como importantes medidas da capacidade das espécies de se estabelecerem sobre ambientes com limitação de recursos hídricos (Ferreira et al., 2012). A $EintUA$, por sua vez, diz respeito à relação entre a assimilação de CO_2 e a condutância estomática da planta. Verificou-se que o aumento da salinidade provocou decréscimos da $EintUA$ em todas as formas de adubação (Figura 8C). No desdobramento das formas de fertilização dentro dos níveis de salinidade, verificou-se que as plantas sob adubação mineral e orgânica tiveram suas $EintUAs$ mais elevadas do que as plantas sem adubação, quando irrigadas com água de condutividade elétrica = $0,9 \text{ dS m}^{-1}$; contudo, nas plantas sob maior salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), não houve significância estatística das formas de adubação para a variável mencionada (Figura 8D).

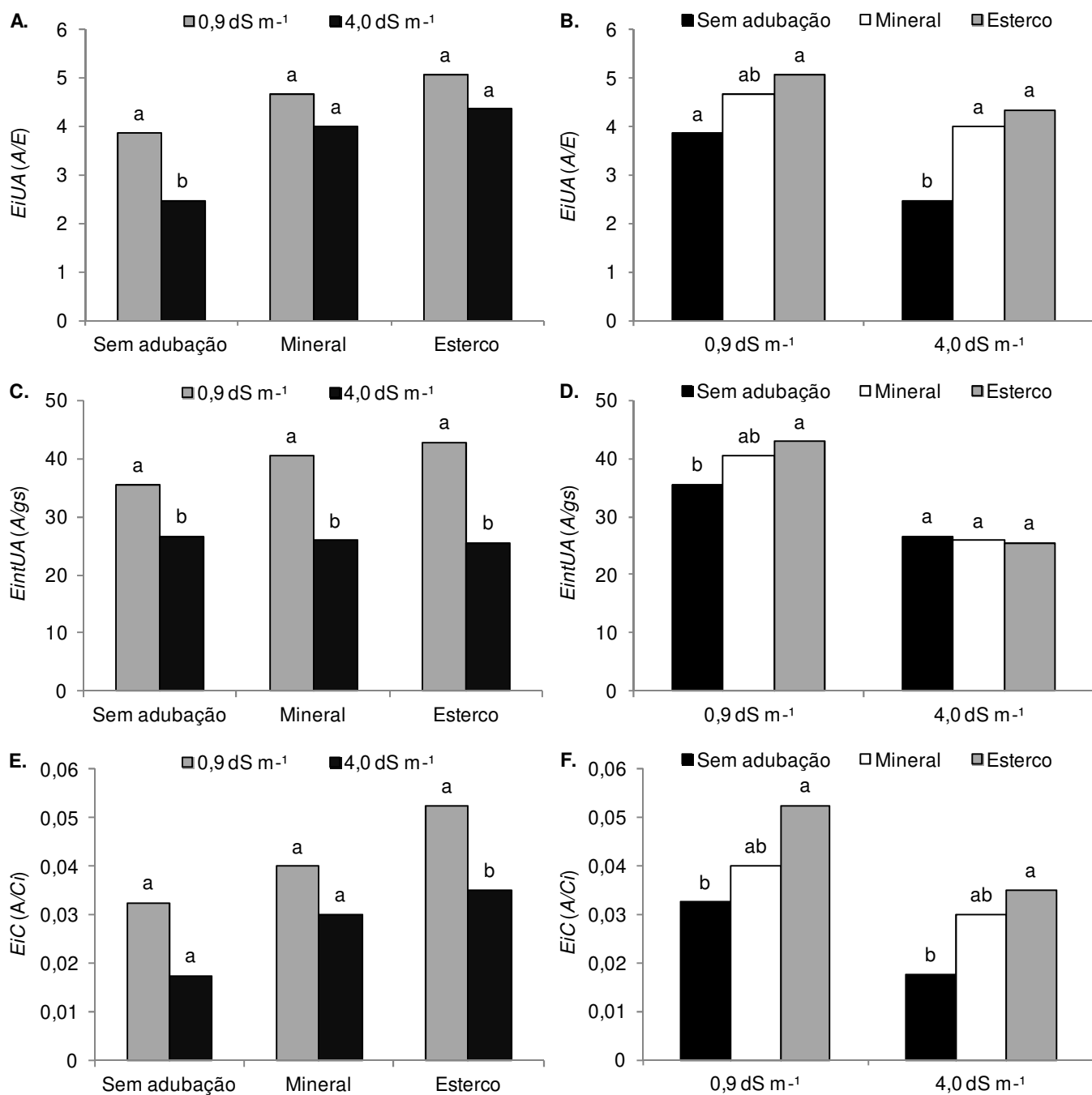


Figura 8. Desdobramento dos níveis de salinidade da água de irrigação dentro de cada forma de fertilização do solo (A) e das formas de fertilização dentro dos níveis de salinidade (B), para a eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$), a eficiência intrínseca do uso da água ($EintUA$) e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) de plantas de tomate cereja. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste F e pelo Teste de Tukey.

Outra característica importante é eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*), que é a relação entre a concentração de CO₂ e a assimilação de CO₂ (Machado et al., 2005). Verificou-se que essa variável reduziu com o aumento da salinidade nas plantas sem adubação e com adubação com esterco bovino (Figura 8E). Como também verificado por Ferraz et al. (2012), atribui-se o aumento da eficiência instantânea da carboxilação, neste trabalho, aos incrementos registrados na concentração interna de CO₂ e às reduções ocorridas na taxa de assimilação de CO₂, em função do aumento da salinidade da água. Porém, nas plantas sob adubação mineral, não houve diferença significativa entre os dois níveis de salinidade para a *EiC*, o que pode ser explicado pela aplicação complementar de ureia e cloreto de potássio, em cobertura, suprimindo as necessidades nutricionais das plantas (Cavalcanti, 2008). Na Figura 8F, também é possível notar a ação atenuante das fertilizações com NPK e esterco bovino na eficiência instantânea da carboxilação das plantas sob o nível de salinidade mais elevado (4,0 dS m⁻¹).

5.3. Concentrações de pigmentos fotossintetizantes

Não houve significância estatística dos fatores salinidade da água de irrigação e formas de fertilização do solo, de forma isolada, nem da interação entre os mesmos, sobre as variáveis relacionadas às concentrações de pigmentos fotossintetizantes nas plantas de tomate cereja (Tabela 5). Esses resultados se devem à grande variabilidade genética existente entre espécies de tomate. Mesmo sendo o tomateiro moderadamente sensível à salinidade, com reduções da produção quando a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ultrapassa 2,5 dS m⁻¹ (Ayers e Westcot, 1999; Silva et al., 2013), a tolerância à salinidade pode variar de acordo com o material genético utilizado, além de fatores como tipo e concentração de sais, tempo de exposição, estágio fenológico, fatores edafoclimáticos e a interação entre os mesmos (Ashraf e Harris, 2004).

De acordo com a espécie ou cultivar utilizada, as concentrações de pigmentos fotossintéticos podem ser afetadas ou não. Taffouo et al. (2010), em Camarões, submetem seis cultivares de tomateiro cereja a cinco níveis de salinidade da água (0, 50, 100 e 200 mM NaCl), e observaram que a concentração de clorofila total na cultivar 'Lindo' não foi afetada de maneira significativa até o nível de 100 mM NaCl e a mesma variável na cultivar 'Ninja' não foi alterada até 50 mM NaCl, enquanto que os demais genótipos tiveram a clorofila total reduzida a partir do

nível de 50 mM NaCl. Na Espanha, Hassan et al. (2015) submeteram a variedade 'Cerasiforme' a quatro níveis de salinidade da água (0, 150, 300 e 450 mM NaCl), e verificaram que a clorofila total só foi reduzida quando as plantas foram submetidas às salinidades de 300 e 450 mM NaCl após duas semanas ou períodos mais longos de exposição aos sais. Portanto, é possível que a não diferenciação entre os teores de pigmentos fotossintetizantes observada no presente trabalho se deva às características genéticas do genótipo utilizado (tomate cereja Vermelho, linhagem 'Blue Line').

Tabela 5. Análise de variância das concentrações de clorofila a (Clor a), clorofila b (Clor b), carotenoides (carot), clorofila total (Clor total) e da razão clorofila a/clorofila b, em folhas de plantas de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização

F. V.	G. L.	Quadrado Médio				
		Clor a	Clor b	Carot	Clor total	Razão a/b
Salinidade (S)	1	0,0240 ^{ns}	0,0130 ^{ns}	0,0737 ^{ns}	0,0726 ^{ns}	0,0048 ^{ns}
Fertilização (F)	2	0,0111 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0128 ^{ns}	0,0211 ^{ns}
Interação (S x F)	2	0,0140 ^{ns}	0,0308 ^{ns}	0,0722 ^{ns}	0,0865 ^{ns}	0,0259 ^{ns}
Bloco	3	0,0075	0,0335	0,0880	0,0728	0,0478
Resíduo	15	0,0064	0,0237	0,0401	0,0395	0,0789
C. V. (%)		6,20	18,76	13,01	9,41	17,40

^{ns} = não significativo pelo Teste F, respectivamente; F. V. = fonte de variação; G. L. = grau de liberdade; C. V. = coeficiente de variação

5.4. Produção

Na Tabela 6, está contido o resumo das análises de variância das variáveis relacionadas à produção do tomateiro cereja em função de níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,9 e 4,0 dS m⁻¹) e de formas de fertilização do solo (testemunha sem adubação, adubação mineral com NPK e adubação com esterco bovino). O número de frutos por planta (NFP) e o peso de frutos por planta (PFP) foram afetados de maneira significativa tanto pelo fator salinidade, quanto pelo fator fertilização, de forma isolada. A interação salinidade x fertilização não foi significativa até o nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F, porém, foi realizado o desdobramento da salinidade dentro da fertilização e vice-versa, para melhor

compreensão dos dados obtidos, conforme recomendação de Perecin e Cargnelutti Filho (2008).

Tabela 6. Análise de variância do número de frutos por planta (NFP) e do peso de frutos por planta (PFP) de tomate cereja em função de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e formas de fertilização

F. V.	G. L.	Quadrado Médio	
		NFP	PFP
Salinidade (S)	1	1617,04**	36511,80**
Fertilização (F)	2	2459,29**	100414,30**
Interação (S x F)	2	444,79 ^{ns}	7135,11 ^{ns}
Bloco	3	250,81	2316,49
Resíduo	15	165,95	2262,58
C. V. (%)		36,08	24,29

** , * , ^{ns} = significativo a $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo pelo Teste F, respectivamente; F. V. = fonte de variação; G. L. = grau de liberdade; C. V. = coeficiente de variação

O número de frutos por planta não foi reduzido com o aumento da salinidade até $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ nas plantas que receberam adubação mineral, enquanto que, nas plantas que receberam adubação orgânica, a redução da variável foi de 54,4%, em relação às plantas sob irrigação com água de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 9A). Essa superioridade das plantas sob adubação mineral se deve, possivelmente, a segunda adubação com NPK (cobertura), realizada aos 30 dias após a adubação de fundação, de acordo com recomendação de Cavalcanti (2008). Mesmo assim, pode-se observar a superioridade das adubações mineral e orgânica em relação à testemunha sem adubação quando as plantas foram irrigadas com água de nível mais elevado de salinidade (Figura 9B). Nas plantas irrigadas com água de salinidade = $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, os valores de número de frutos por planta nos tomateiros que receberam adubação mineral e adubação orgânica, foram superiores em 236,0% e 124,0%, respectivamente, em relação às plantas que não foram adubadas (Figura 9B).

O peso de frutos por planta foi reduzido pelo aumento da salinidade tanto nas plantas que receberam adubação mineral, quanto nas plantas que receberam adubação orgânica (Figura 9C). Contudo, para essa variável (peso de frutos por planta), também é possível notar a ação mitigadora das adubações contra a alta salinidade (Figura 9D). Quando a irrigação foi feita com águas de condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹, os tomateiros adubados com NPK e com esterco bovino tiveram produções médias de 219,0 g e 192,4 g de tomates cereja por planta, superando em 271,5% e 226,4%, respectivamente, a produção média por planta no tomateiro que não recebeu adubação (58,9 g de tomate) - Figura 9D.

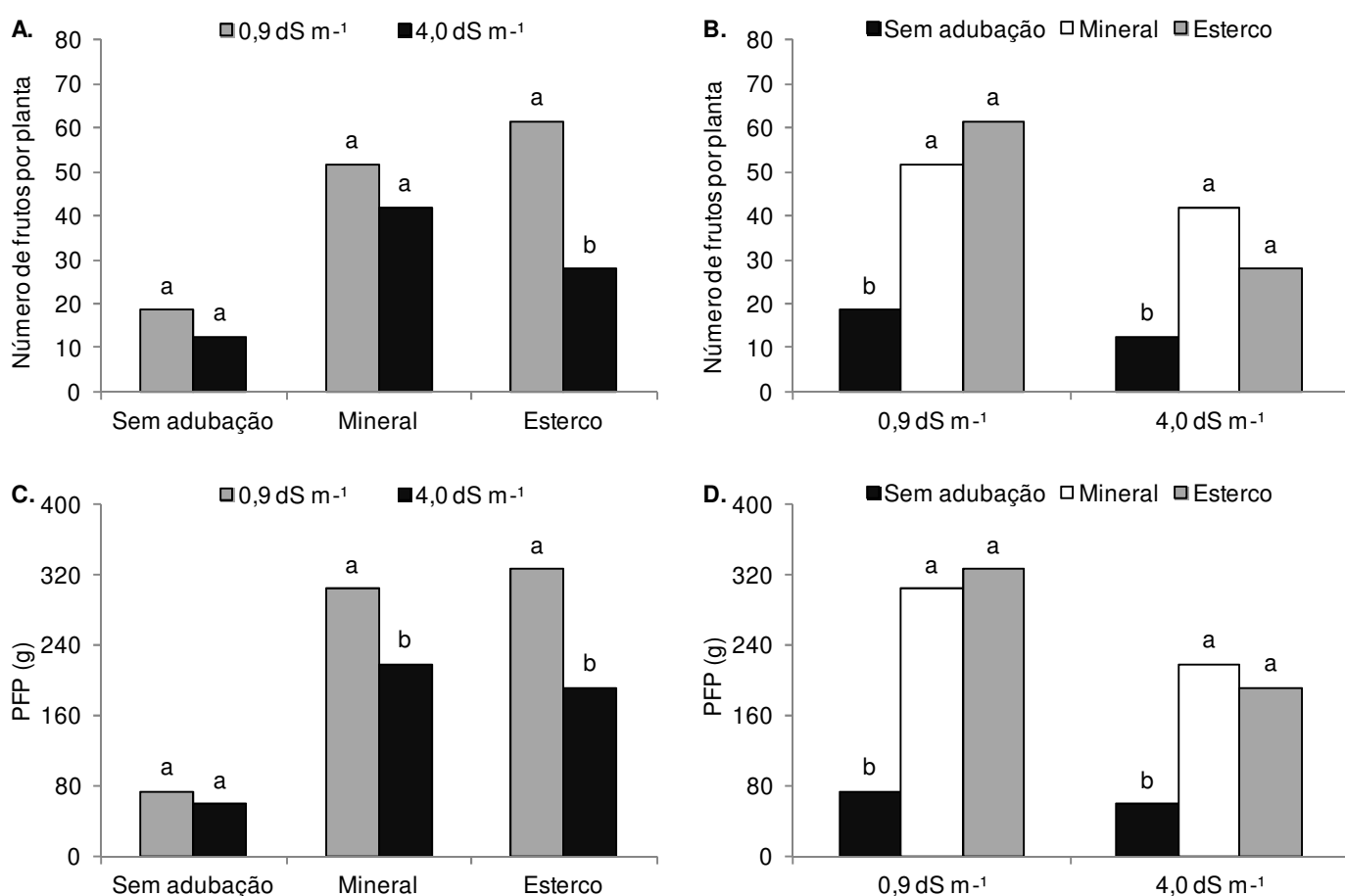


Figura 9. Desdobramento dos níveis de salinidade dentro de cada forma de fertilização do solo dentro e das formas de fertilização dentro cada nível de salinidade da água, para o número de frutos por planta - NFP - (A, B) e o peso de frutos por planta - PFP - (C, D) de tomate cereja. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste F (A, C) e pelo Teste de Tukey (B, D)

Nas Figuras 9B e D, também é possível perceber a importância das adubações mineral e orgânica para a produção de tomateiro, mesmo quando a água para irrigação é de boa qualidade. Nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, os valores de número de frutos produzidos pelos tomateiros que receberam adubações mineral e orgânica superaram em 179,7% e 232,4%, respectivamente, os valores mensurados nas plantas que não receberam qualquer forma de adubação (Figura 9B). Da mesma forma para peso de frutos, as plantas que foram irrigadas com água de salinidade = $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, quando adubadas com NPK e esterco bovino, superaram, respectivamente, em 311,6% e 341,2%, o peso de frutos das plantas que não foram adubadas (Figura 9D).

Os dados de produção apresentados em conjunto com os de crescimento e fisiológicos expressam a importância de diferentes formas de adubação para melhorar a nutrição das plantas e para promover produções satisfatórias e economicamente viáveis (Medeiros et al., 2011; Vieira et al., 2016; Albino et al., 2018). No que diz respeito à atenuação dos efeitos negativos do estresse salino, os dados obtidos neste estudo são compatíveis com muitos disponíveis na literatura sobre esse fenômeno (Medeiros et al., 2011; Santos et al., 2016). No trabalho de Santos et al. (2016), o tomate cereja foi submetido a soluções com cinco níveis de condutividade elétrica (1,5, 3,0, 4,5, 6,0 e $7,5 \text{ dS m}^{-1}$) em sistema hidropônico, e foi verificado que o aumento da salinidade reduziu a produção de frutos, todavia, uma solução nutritiva aplicada aos 60 dias após o transplante das mudas promoveu menor perda da produtividade, reduzindo os efeitos nocivos dos sais à espécie.

6. CONCLUSÕES

1. A água de irrigação com condutividade elétrica de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ prejudica o crescimento, as trocas gasosas e a produção de tomateiro cereja.

2. As adubações mineral e orgânica são de fundamental importância para promover o crescimento e incrementar a produção do tomateiro cereja.

3. As adubações mineral (com NPK) e orgânica (com esterco bovino) atenuam os efeitos da salinidade em tomateiro cereja, promovendo melhor crescimento, melhores níveis de trocas gasosas e maior produção.

4. Conforme dados obtidos na presente pesquisa e outros da literatura, recomenda-se que os demais pesquisadores realizem o desdobramento da interação entre fatores, em experimentos fatoriais, para não serem perdidas informações importantes.

5. Recomenda-se realização de novos estudos, avaliando os efeitos que a junção entre adubação mineral com adubação orgânica exerce sobre a salinidade.

6. Recomenda-se a adubação química com nitrogênio, fósforo e potássio, com base na recomendação de Cavalcanti (2008), para cultivo de tomate cereja.

7. REFERÊNCIAS

ALBINO, V. S.; PEIXOTO, J. R.; CAETANO JUNIOR, V.; VILELA, M. S. Rootstock performance for cherry tomato production under organic, greenhouse production system. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 130-135, 2018.

ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; PEIL, R. M. N. Produtividade biológica de genótipos de tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 613-619, 2012.

ASHRAF, M., HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n.1, p. 3-16, 2004.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BORCHARTT, L.; SILVA, I. F.; SANTANA, E. O.; SOUZA, C.; FERREIRA, L. E. Adubação orgânica da batata com esterco bovino no município de Esperança - PB. **Horticultura Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 482-487, 2011.

CAMPOS, C. A. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BLANCO, F. F.; BELÉM, C. G.; CAMPOS, S. A. F. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 146-152, 2006.

CARO, M.; CRUZ, V.; CUARTERO, J.; ESTAN, M. T.; BOLARIN, M. C. Salinity tolerance of normal-fruited and cherry tomato cultivars. **Plant and Soil**, v. 136, n. 2, p. 249-255, 1991.

CAVALCANTE, L. F. Água para agricultura. In: CAVALCANTE, L. F. (Org.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade**. Areia: UFPB, 2012. p. 1-15.

CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 2. ed. rev. Recife: IPA, 2008.

COLARICCIO, A.; EIRAS, M.; CHAVES, A. L. R.; HARAKAVA, R.; ARAUJO, J.; CHAGAS, C. M. Caracterização do *Tomato Chlorotic Spot virus* isolado de jiló no Vale da Paraíba Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 285-291, 2002.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 289-297, 2003.

CURRENCE, T. M. Tomato breeding. I. Species, origin and botanical characters. **Handbuch der pflanzenzüchtung**, v. 2, p. 351-369, 1963.

DEMONTIÊZO, F. L. L.; ARAGÃO, M. F.; VALNIR JUNIOR, M.; MOREIRA, F. J. C.; PAIVA, P. V. V.; LIMA, S. C. R. V. Emergência e crescimento inicial de tomate 'Santa Clara' em função da salinidade e condições de preparo das sementes. **Irriga**, ed. esp., p. 81-92, 2016.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.

DIAS, N. S.; LIRA, R. B.; BRITO, R. F.; SOUSA NETO, O. N.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, A. M. Produção de milho rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 755-761, 2010.

DUDLEY, L. M. Salinity in the soil environment. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plants and crops stress**. Nova York: Marcel Dekker, 1994. p. 13-30.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S. M.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-amazônia em área degradada e submetidas à adubação. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, 2004.

FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina Ciências Agrárias**, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014.

GAUTAM, N.; KUMAR, M.; KUMAR, D. KUMAR, S.; VIKRAM, A.; DOGRA, R. K.; SHARMA, S. Combining ability and gene action studies for important quality traits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, p. 1992-1996, 2018.

GOMES, J. W. S.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; BLANCO, F. F.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento e produção de tomate cereja em sistema hidropônico com rejeito de dessalinização. **Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 4, p. 850-856, 2011.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plant grown in saline environments. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plants and crops stress**. Nova York: Marcel Dekker, 1994. p. 203-226.

GUILHERME, D. O.; PINHO, L.; CAVALCANTI, T. F. M.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, A. C. Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 181-186, 2014.

HARVEY, M.; QUILLEY, S.; BEYNON, H. **Exploring the tomato**: transformations of nature, society and economy. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

HASSAN, M. A.; FUERTES, M. M.; SÁNCHEZ, F. J. R.; VICENTE, O.; BOSCAIU, M. Effects of salt and water stress on plant growth and on accumulation of osmolytes and antioxidant compounds in cherry tomato. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 43, n. 1, p. 1-11, 2015.

KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I.; SHALHEVET, J. (Eds.). **Soil salinity under irrigation**: processes and management. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 319-338.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, v.12, n. 2, p.168-176, 2007.

LÚCIO, A. D.; SARI, B. G.; RODRIGUES, M.; BEVILAQUA, L. M.; VOSS, H. M. G.; COPETTI, D.; FAÉ, M. Modelos não-lineares para a estimativa da produção de tomate do tipo cereja. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 233-241, 2016.

LUZ, J. M. Q.; BITTAR, C. A.; QUEIROZ, A. A.; CARREON, R. Produtividade de tomate 'Débora Pto' sob adubação organomineral via foliar e gotejamento. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 489-494, 2010.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - Current Assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. 1, p. 115-134, 1977.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MAIA, J. T. L. S.; CLEMENTE, J. M.; SOUZA, N. H.; SILVA, J. O.; MARTINEZ, H. E. P. Adubação orgânica em tomateiros do grupo cereja. **Biotemas**, v. 26, n. 1, p. 37-44, 2013.

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. S.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A. BECKER, W. F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 86-92, 2013.

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

PERALTA, I. E.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **TGC Report**, v. 56, p. 6-12, 2006.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. Classification of wild tomatoes: a review. **Kurtziana**, v. 28, n. 1, p. 45-54, 2000.

PERECIN, D.; CARGNELUTTI FILHO, A. Efeitos por comparações e por experimento em interações de experimentos fatoriais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 68-72, 2008.

PEREIRA, R. F. **Morfofisiologia e produção de tomateiro cereja submetido à salinidade hídrica e adubação mineral e orgânica**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade federal de Campina Grande, 2014.

RAJENDRAN, K. C.; TESTER, M.; ROY, S. J. Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. **Plant Cell and Environment**, v. 32, n. 3, p. 237-249, 2009.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; S. JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013.

REN, Z.; LIU, R. GU, W.; DONG, X. The *Solanum lycopersicum* auxin response factor SIARF2 participates in regulating lateral root formation and flower organ senescence. **Plant Science**, v. 256, p. 103-111, 2017.

RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB. 117. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

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 de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1047-1054, 2013.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BARNABÉ, J. M. C.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. 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, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. R. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da

solução nutritiva com água salobra. **Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 4, p. 576-585, 2017.

SILVA, A. C.; COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerante ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 33-40, 2011.

SILVA, P. F.; LIMA, C. J. G. S.; BARROS, A. C.; SILVA, E. M.; DUARTE, S. N. Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1173-1180, 2013.

SOARES, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; LOPES, W. A. R.; DOMBROSKI, J. L. D.; LUCENA, R. R. M. Crescimento do tomateiro cultivado em solo coberto com polipropileno preto. **Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 4, p. 790-797, 2013.

SUASSUNA, J.; AUDRY, P. **Statistics of salinity of irrigation waters in the Semi-arid Northeast Brazil**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1993.

TAFFOUO, V. D.; NOUCK, A. H.; DIBONG, S. D.; AMOUGOU, A. Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 33, p. 5366-5372, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAVORA, 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.

VERSLUES, P. E.; BRAY, E. A. LWR1 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology**, v. 136, n. 1, p. 2831-2842, 2004.

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.

WAHOME, P. K.; JESCH, H. H.; GRITTNER, I. Mechanism of salt stresstolerance in two rose rootstocks: *Rose chinensis* "major" and *R. rubiginosa*. **Scientia Horticulturae**, v. 87, n. 3, p. 207-216, 2001.

WARNOCK, S.J. A review of taxonomy and phylogeny of genus *Lycopersicon*. **HortScience**, v. 23, n. 4, p. 669-673, 1988.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total Carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution, **Journal Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1994.

YOUSFI, S.; MÁRQUEZ, A. J.; BETTI, M.; ARAUS, J. L.; SERRET, M. D. Gene expression and physiological responses to salinity and water stress of contrasting durum wheat genotypes. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 48-66, 2016.