

## **PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TOMATE SUBMETIDA A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE IRRIGAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA**

**JOSUÉ FERREIRA SILVA JUNIOR<sup>1</sup>; ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA<sup>2</sup>;  
ANTONIO EVALDO KLAR<sup>3</sup>; ILCA PUERTAS DE FREITAS E SILVA<sup>4</sup> E ADRIANA  
AKI TANAKA<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Campus de Iturama, Av. Rio Paranaíba, 1925, Centro, Iturama-MG. E-mail: josuefsjr@hotmail.com*

<sup>2</sup> *Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, 2977, Fortaleza-CE. E-mail: alexsandro@ufc.br*

<sup>3</sup> *Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Lageado, Botucatu-SP. E-mail: klar@fca.unesp.br*

<sup>4</sup> *Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária de Dourados, Cassilândia –MS, E-mail: ilca\_pfs@yahoo.br*

<sup>5</sup> *Universidade Federal de Mato Grosso, Vice-Reitoria, Campus Universitário de Sinop. Av. Alexandre Ferronato, Setor Industria, Sinop-MT. Email: dritanak@hotmail*

### **1 RESUMO**

O manejo incorreto da irrigação é um dos principais causadores da degradação do solo e da queda no rendimento das culturas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a interação do déficit hídrico e estresse salino no desenvolvimento da cultura do tomate. O experimento foi conduzido em vaso, sob ambiente protegido em um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3 x 3 e doze repetições, sendo os fatores constituídos por três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0; 3 e 5 dS m<sup>-1</sup>) e três potenciais de água no solo (-10; -30 e -60 kPa). As variáveis analisadas foram: altura de plantas, diâmetro do caule, fitomassa verde e fitomassa seca da parte aérea, área foliar, teor relativo de água na folha, número médio de frutos por planta, peso médio dos frutos e porcentagem de frutos com podridão apical. As coletas foram realizadas aos 75, 90, 105 e 120 dias após semeadura (DAS), com exceção da variável teor relativo de água na folha que ocorreu aos 90, 105 e 120 DAS. Os resultados mostraram que o efeito do déficit hídrico influenciou, de forma negativa, as variáveis altura de planta (redução de 16% a 27%), número de frutos, teor relativo de água nas folhas e porcentagem de frutos com podridão apical; e que o estresse salino reduziu, de forma mais acentuada, as variáveis fitomassa verde (redução de 40%), fitomassa seca (redução de 47%), diâmetro do caule, área foliar e peso médio de frutos (redução de 33% a 44%).

**Palavras-chave:** salinidade, déficit hídrico, condutividade elétrica.

**SILVA JUNIOR, J. F.; SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; FREITAS E SILVA, I. P.;  
TANAKA, A. A.  
YIELD AND DEVELOPMENT OF TOMATO CROP USING DIFFERENT WATER  
MANAGEMENTS AND WATER QUALITY**

## 2 ABSTRACT

Incorrect irrigation management is one of the main factors of degradation in soil and low yield of crop. The experiment aimed at investigating the interaction between water deficit and salt stress on tomato's growth. The experiment was conducted in pot under protected environment, on a completely randomized design in a 3 x 3 factorial scheme with 12 repetitions, with three levels of electrical conductivity in irrigation water (0, 3 and 5 dS m<sup>-1</sup>) and three levels of soil water potential (-10, -30 and -60 kPa). The variables analyzed were as follows: plant height, stem diameter, fresh and dry matter of aerial part, leaf area index, relative water content, number of fruits, weight of fruit and percentage of fruits with blossom-end rot. Data collections were performed at 75, 90, 105 and 120 days after sowing (DAS), exception for relative water content that occurred in the three most recent events. Results showed that water deficit influenced negatively the following variables: plant height (reduction of 16% and 27%), number of fruits, relative content of water in the leaves and percentage of fruit with rotting apical and that salt stress reduced, in a more accentuated way, the variables green phytomass (reduction of 40%) and dry matter (reduction of 47%), stem diameter, leaf area index and weight of fruit (reduction of 33% and 44%).

**Keywords:** salinity, water deficit, electrical conductivity.

## 3 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada corresponda a 20% do total da área cultivada e por cerca de 40% do total de alimentos produzidos (AGUIAR NETTO; BASTOS, 2013). Segundo Testezlaf (2017), é esperado para 2030 que a contribuição desta atividade alcance aproximadamente 50% do total de área cultivada. Para que se atinja esse valor existem duas necessidades: aumentar as áreas irrigadas e a produtividade destas áreas. Assim, é necessário um manejo da irrigação adequado e o uso consciente de águas de qualidade inferior como alternativa referente às águas de boa qualidade (AGUIAR NETTO; BASTOS, 2013).

O conhecimento dos efeitos dos sais na planta, bem como da restrição hídrica, é fundamental quando se pretende adotar práticas de manejos adequados da água e de cultivo visando à produção comercial, portanto conhecer os efeitos adversos em cada cultura se faz necessário. Em termos de importância da cultura olerícola, o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem

papel de destaque na produção agrícola do Brasil, principalmente no Estado de São Paulo com 244,04 mil toneladas produzidas em 2016, considerando apenas a produção de tomate para indústria (IBGE, 2016). É uma cultura sensível a salinidade e exigente em água (MEDEIROS et al., 2012) e ao excesso e déficit hídrico (MAROUELLI et al., 2012), sendo necessário cuidado no manejo da irrigação nesta cultura. Pesquisas como as de Patanè et al. (2011) e Ripoll et al. (2016) demonstram que o déficit hídrico pode ser um fator agravante na queda de produção da cultura do tomateiro. Segundo Chen et al. (2013) a disponibilidade de água pode afetar a cultura de maneira ainda mais severa em certas fases do ciclo fenológico como o florescimento, enquanto o efeito do excesso de sais pode afetar consideravelmente a produção dos frutos (MALHEIROS et al. 2012; MEDEIROS et al. 2012).

Vários distúrbios fisiológicos ocorrem em culturas submetidas ao estresse salino e, ou, déficit hídrico que levam a redução no rendimento produtivo em consequência do menor desenvolvimento

vegetativo (ARAÚJO et al., 2011; GOMES et al., 2011; SOARES et al., 2012; SILVA et al., 2013a). Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento do tomate cultivado sob diferentes teores de água no solo e irrigados com águas salinas.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os meses de junho a setembro de 2011 (01/06/2011 a 29/09/2011), em ambiente protegido do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA/UNESP), no município de Botucatu, Estado de São Paulo - Brasil. As coordenadas geográficas locais de referência são 22°51'03'' S de latitude, 48°25'37'' W de longitude e 786 m de altitude. O clima da região é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado por um inverno frio e seco e verão quente e úmido (CUNHA; MARTINS, 2009).

O solo da área do experimento é classificado em Latossolo vermelho-distroférico (EMBRAPA, 1999), e apresentava as seguintes características na camada de 0 a 20 cm: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,1; Al trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 1,0; Ca + Mg (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 29; P resina (mg dm<sup>-3</sup>) = 6; K (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 0,6; Matéria orgânica = 11 g dm<sup>-3</sup>; V (%) = 53; m (%) = 0,0; Soma de bases = 29,6 (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); CTC<sub>t</sub> = 55 (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); argila = 460 g kg<sup>-1</sup>, silte = 160 g kg<sup>-1</sup> e areia = 380 g kg<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 2001).

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (3 x 3), com 12 repetições. O primeiro fator correspondeu as condutividades elétricas da água de irrigação (0; 3 e 5 dS m<sup>-1</sup>) e o segundo, aos potenciais de água no solo (-10; -30 e -60 kPa), resultando em 9 tratamentos, constituindo assim em 108 parcelas experimentais. A parcela experimental foi

constituída por vaso de polietileno preto preenchida com 13 kg de terra fina seca ao ar e uma planta de tomate para indústria cv. Kátia. Para efeito de coleta de dados, foram consideradas três plantas por tratamento, para cada época de avaliação (75; 90; 105 e 120 dias após semeadura – DAS).

O solo foi previamente peneirado, em peneira com malha de 4 mm, e espalhado sob superfície plástica, no interior do ambiente protegido com a finalidade de reduzir sua umidade a 4%. Foi realizado a correção do solo, com aplicação de calcário dolomítico (PRNT = 84%), em quantidade suficiente para atingir 80% da CTC saturada com Ca + Mg, com base na análise do solo, e seguindo o critério da saturação por base (RAIJ et al., 1996). A adubação mineral de plantio foi realizada, segundo análise do solo e recomendações do boletim técnico 100 (RAIJ et al., 1996), com: 4,1 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vaso<sup>-1</sup>, na forma de superfosfato triplo; 1,5 g de K<sub>2</sub>O vaso<sup>-1</sup>, na forma de cloreto de potássio e 0,3 g vaso<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia. Para adubação de cobertura foram aplicados 1,5 g vaso<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, e 1,2 g vaso<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio, aos 60, 75, 90 e 120 DAS.

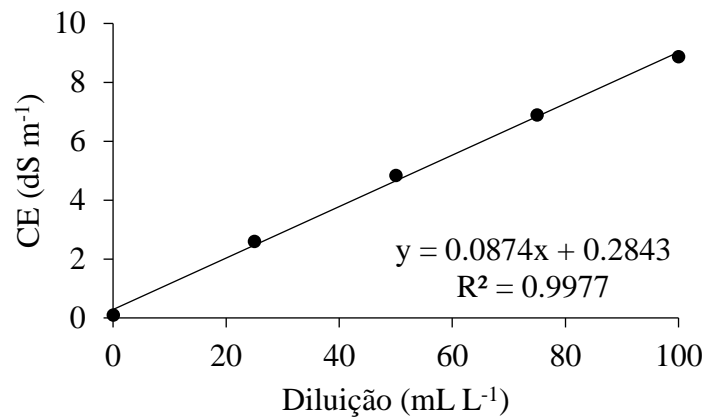
Foram transplantadas três mudas por vaso (16/07/2012), sendo o desbaste realizado 15 dias após transplântio, quando se deixou apenas uma planta por vaso. O espaçamento utilizado foi de 0,8 m entre fileira e 0,6 entre plantas. A partir dos 60 DAS, os vasos foram irrigados até atingirem potencial de água do solo equivalente a -10 kPa, correspondente a umidade média de 28,6% e então deu-se início a diferenciação dos tratamentos.

Os tratamentos salinos foram determinados com base na equação de regressão obtida pela relação entre diferentes diluições na água de abastecimento, de solução 2 M de NaCl e a condutividade elétrica (CE), expressa em dS m<sup>-1</sup> (Figura 1). As condutividades utilizadas foram de 3 e 5 dS m<sup>-1</sup>, obtidas

com a diluição de 10,5 e 17,6 mL de solução 2M de NaCl em 1 L de água de abastecimento. Tanques com capacidade de 20L foram utilizados para armazenar as águas com diferentes condutividades,

facilitando o processo de irrigação. A água de abastecimento utilizada para o tratamento sem adição de sal, continha uma CE de 0,09 dS m<sup>-1</sup>.

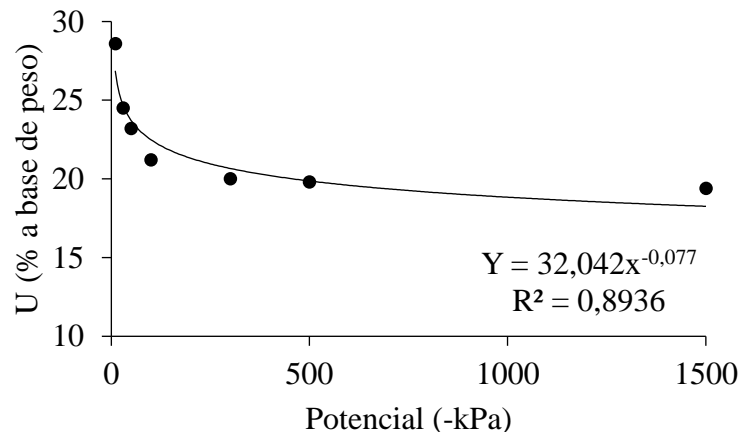
**Figura 1.** Curva de resposta para CE da água de irrigação em função da diluição de diferentes diluições de solução 2M de NaCl na água de abastecimento.



Amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Água-Solo-Planta, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural (FCA/UNESP), para

obtenção da curva de retenção de água no solo utilizando-se dos métodos da mesa de tensão e da Câmara de Richards, Figura 2.

**Figura 2.** Curva de retenção de água de um latossolo vermelho-distroférrico.



As irrigações, realizadas com base no peso dos vasos, foram definidas pela quantidade de água necessária para elevar a

umidade do solo, em déficit hídrico (-30 ou -60 kPa), a 28,6%. Para isso utilizou-se a equação:

$$U\% = (PU - PS)/PS \cdot 100 \quad (1)$$

Em que,

U% - corresponde a umidade do solo, em %;

PU - indica a massa do solo úmida, em g;

PS - indica a massa do solo seca em estufa, em g.

Para atender essa condição, o peso final do vaso foi de 16,1 kg. O tratamento sem estresse hídrico (-10 kPa) foi mantido em irrigação constante, via capilaridade. O monitoramento dos potenciais de água no solo foi realizado por leituras diárias, de 27 tensiômetros instalados no experimento, sendo três tensiômetros por tratamento, as leituras de tensão eram obtidas por meio de tensiômetros de pulso.

Durante o experimento as variáveis analisadas foram: altura de plantas, da região basal a gema apical das planas, medida com auxílio de fita métrica, em cm; diâmetro do caule, determinado com paquímetro, em cm; fitomassa verde (FV) e fitomassa seca (FS) da parte aérea, aferido em balança com precisão de 0,1 mg, e resultado expresso em g. Sendo a fitomassa seca determinada em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingir peso constante; área foliar (AF), segundo metodologia proposta por Benincasa (2003), em cm<sup>2</sup>; teor relativo de água na folha (TRA), conforme Silva et al. (2013a), em %; número médio de frutos por planta (NF); massa média dos frutos (MMF), em g; e porcentagem de frutos que apresentaram podridão apical (FPA). As avaliações ocorreram aos 75, 90, 105 e 120 DAS, exceto para a variável TRA, realizada aos 90, 105 e 120 DAS.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), e as

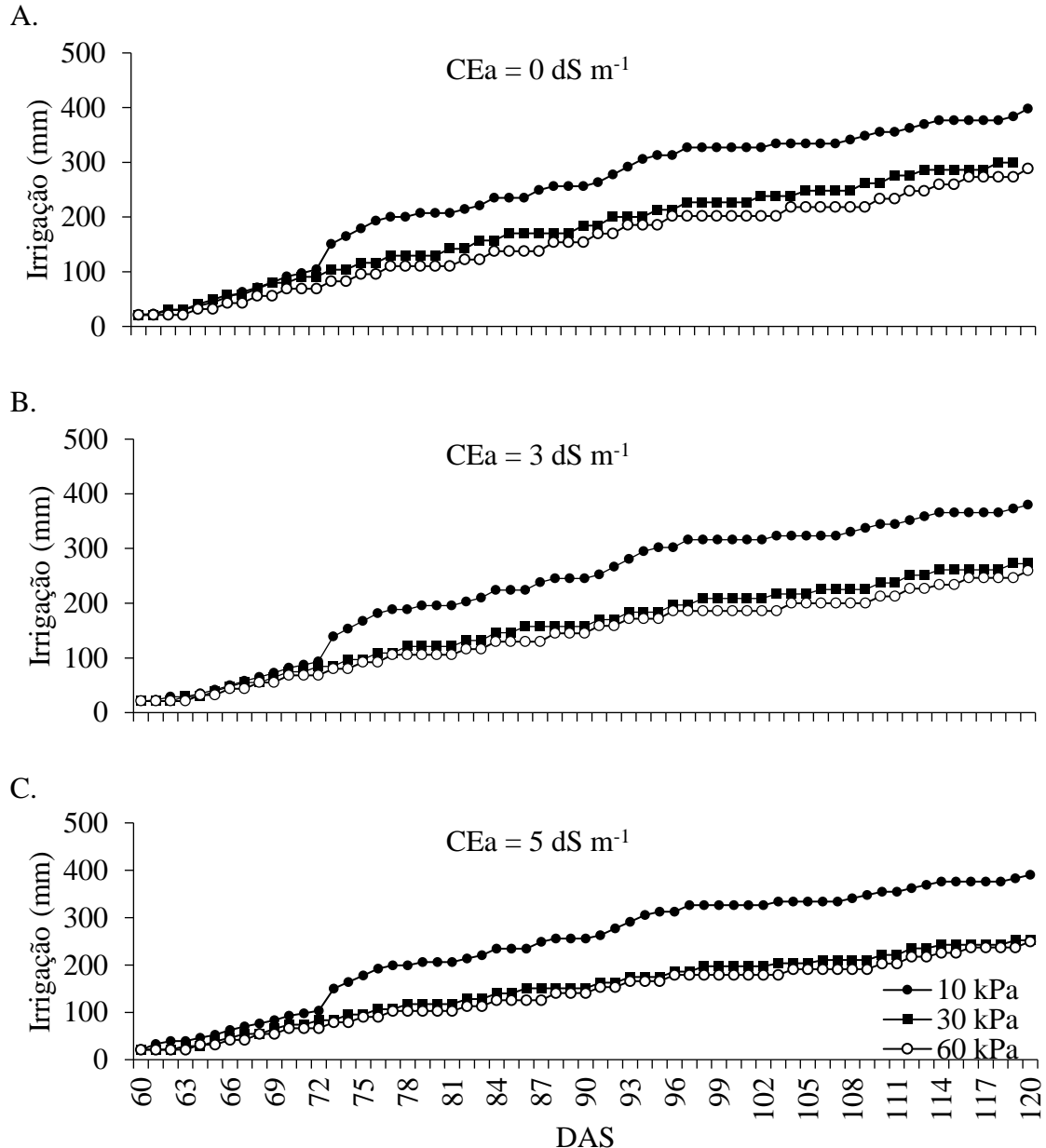
médias ao teste de Tukey, a ( $p < 0,05$ ). Os procedimentos estatísticos foram conduzidos utilizando-se o PROC GLM do software Statistical Analysis System (SAS, 2009).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação total necessária para a cultura do tomate, nas condições do experimento, foi superior a 370 mm para os tratamentos submetidos a tensão de 10 kPa (Figura 3A, 3B e 3C), demonstrando assim que a salinidade da água não promoveu redução do consumo de água pela cultura. Possivelmente a umidade próxima a capacidade de campo, pode ter reduzido o efeito da salinidade no solo.

Para os tratamentos com déficit hídrico moderado (30 kPa) a lâmina aplicada foi de 299 mm (0 dS m<sup>-1</sup>); 272 mm (3 dS m<sup>-1</sup>) e 252 mm (5 dS m<sup>-1</sup>) enquanto com déficit hídrico elevado (60 kPa) os valores foram de 288 mm (0 dS m<sup>-1</sup>), 259 mm (3 dS m<sup>-1</sup>) e 249 mm (5 dS m<sup>-1</sup>). As reduções nas lâminas de irrigação aplicadas em função da água de irrigação podem ser explicadas pela elevação do potencial osmótico, devido à elevação da condutividade elétrica no solo, havendo um baixo consumo hídrico das plantas em comparação aos tratamentos com umidade próxima a capacidade de campo (PATANË et al., 2011).

**Figura 3.** Irrigação da cultura do tomate nos diferentes tratamentos de déficit hídrico estudados para a condutividades elétricas da água de irrigação de  $0 \text{ dS m}^{-1}$  (A),  $3 \text{ dS m}^{-1}$  (B) e  $5 \text{ dS m}^{-1}$  (C).



Não houve interação entre os efeitos de salinidade e déficit hídrico para a variável altura de planta, entretanto na primeira (75 DAS) e última (120 DAS) avaliações o efeito principal do déficit hídrico mostrou-se significativo. Esse efeito limitou o crescimento das plantas de tomate e promoveu reduções significativas de 18 e

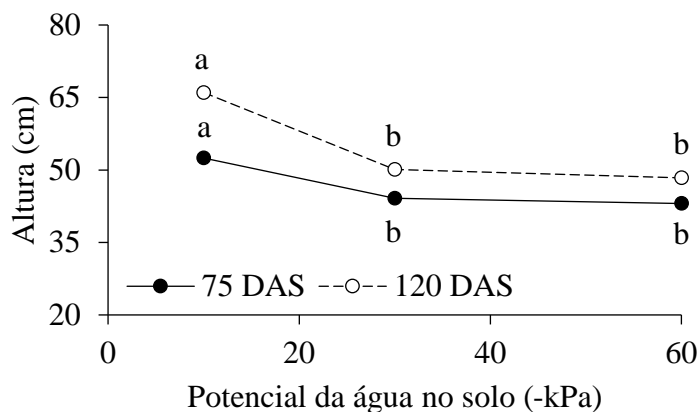
16% para os tratamentos -30 e -60 kPa, respectivamente, quando comparados ao tratamento -10 kPa, aos 75 DAS. Sendo essas diferenças ainda maiores (24 e 27%) aos 120 DAS (Figura 4).

A redução no crescimento das plantas de tomate cv. Kátia, como efeito do déficit hídrico, pode ser explicada pela

perda de turgescência das plantas, pois este afeta vários processos fisiológicos desde a

turgência das plantas a sua respiração (RIPOLL et al., 2016).

**Figura 4.** Efeito do déficit hídrico na altura de plantas de tomate cv. Kátia avaliadas aos 75 e 120 dias após semeadura (DAS).

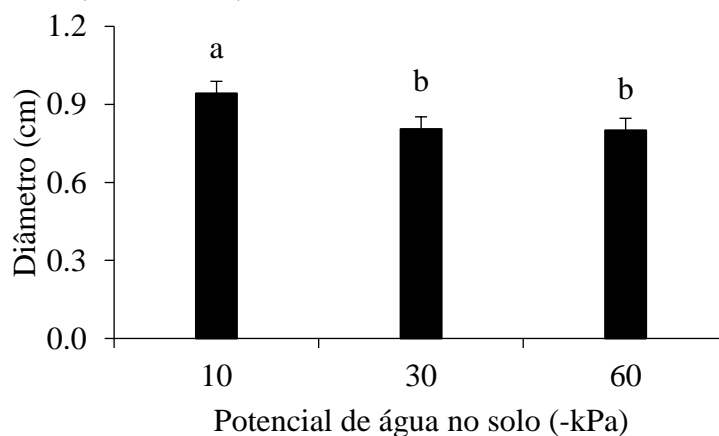


Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 12,73% e 12,85% respectivamente para os 75 DAS e 120 DAS).

Aos 75 DAS, não houve diferença significativa dos efeitos principais ou combinado para o déficit hídrico e estresse salino. Ao comparar os tratamentos -30 e -60 kPa e -30 e -10 kPa, aos 90 DAS, ocorreram reduções no diâmetro do caule de

12,07 e 18,11%, respectivamente (Figura 5). Os resultados corroboram aos obtidos de Simbomana et al. (2013), no qual observaram maiores valores de diâmetro do caule para tratamentos com umidade próximas a capacidade de campo.

**Figura 5.** Efeito da irrigação no diâmetro do caule de plantas de tomate aos 90 dias após semeadura (CV = 12,59).



Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

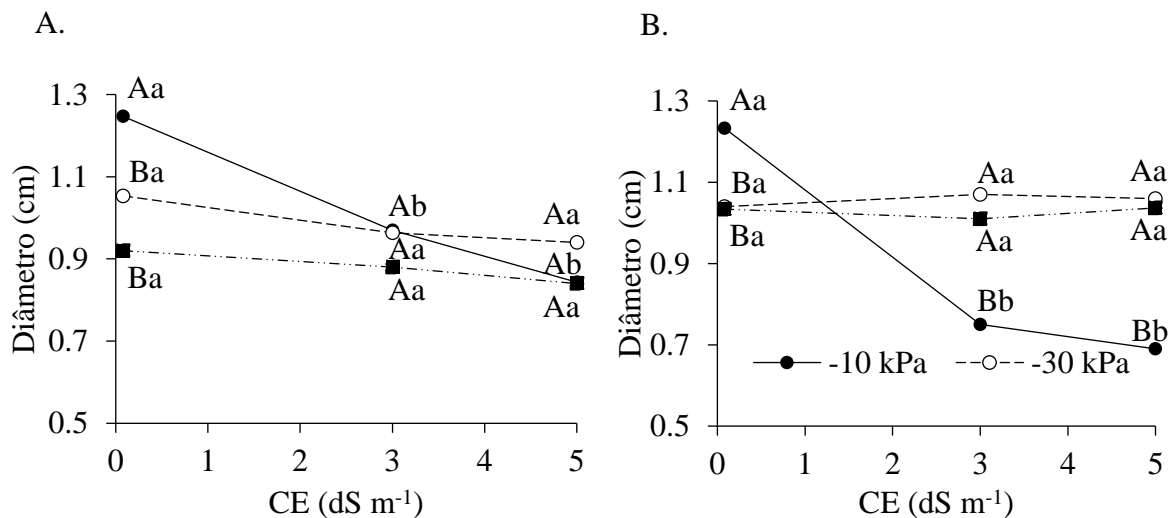
A interação entre os efeitos do déficit hídrico e do estresse salino reduziram significativamente o diâmetro do caule em plantas de tomate aos 105 e 120 DAS. Entretanto, o dano provocado pelo

estresse salino foi mais expressivo que o dano provocado pela deficiência hídrica. O excesso de sais na solução do solo reduziu em 32,8% o diâmetro do caule, quando comparado aos tratamentos com CE de 0 e

5 dS m<sup>-1</sup> dentro do tratamento irrigado por capilaridade (-10 kPa), ao passo que o efeito do déficit hídrico reduziu em 26,4% o diâmetro do caule, quando comparados aos tratamentos submetido as tensões de -10 e -60 kPa dentro do tratamento com CE 0 dS m<sup>-1</sup>, ambos aos 105 DAS (Figura 6A). Essas diferenças passaram a ser de 43,9 e 16,3% aos 120 DAS (Figura 6B), demonstrando que o acúmulo de sais no solo ao longo do

tempo intensificou a redução no diâmetro do caule ao passo que o déficit hídrico não apresentou a mesma resposta. Alguns trabalhos relatam a redução no diâmetro do caule, em distintas culturas, como resposta ao déficit hídrico (ARAÚJO et al., 2011) e ao estresse salino (GOMES et al., 2011), demonstrando assim que ambos os fatores podem ser prejudiciais em diferentes proporções para a variável analisada.

**Figura 6.** Efeito da interação entre o déficit hídrico e o estresse salino no diâmetro do caule em plantas de tomate cv. Kátia avaliadas aos 105 (A) e 120 (B) dias após sementeira (DAS).



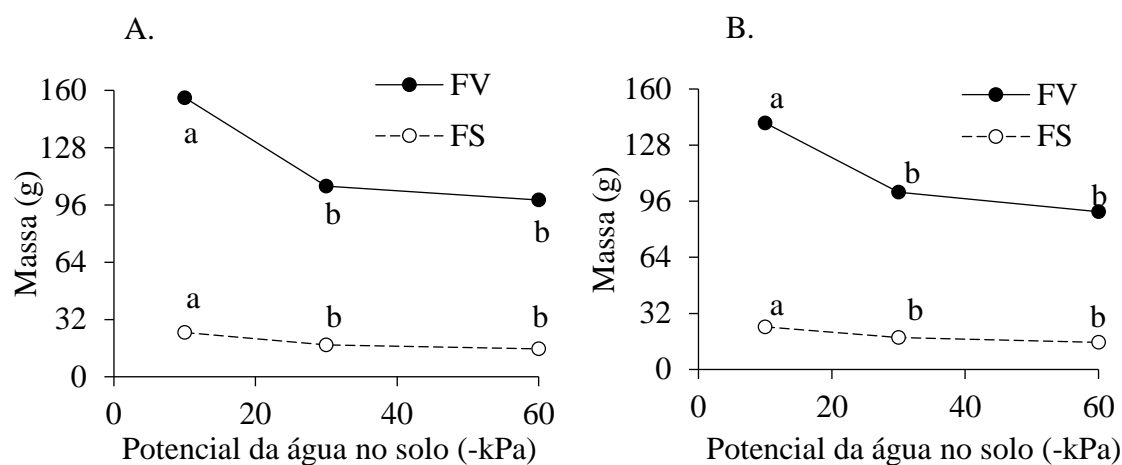
Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas entre os tratamentos de déficit hídrico e minúsculas entre os tratamentos de estresse salino, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 8,24% e 6,68% respectivamente para os 105 DAS e 120 DAS).

Tanto a FV quanto a FS foram influenciadas significativamente pelo déficit hídrico aos 75 e 90 DAS. O comportamento da cultura para estas variáveis e para as duas avaliações, foram semelhantes, com reduções na ordem de

36,5% para o tratamento -60 kPa quando comparado ao tratamento -10 kPa (Figura 7A e 7B). Estas reduções também foram observadas por SOARES et al. (2012) para cultura do tomate em resposta ao déficit hídrico.



**Figura 7.** Efeito do déficit hídrico na fitomassa verde (FV) e fitomassa seca (FS) da parte aérea de plantas de tomate cv. Kátia avaliadas aos 75 (A) e 90 (B) dias após semeadura (DAS).



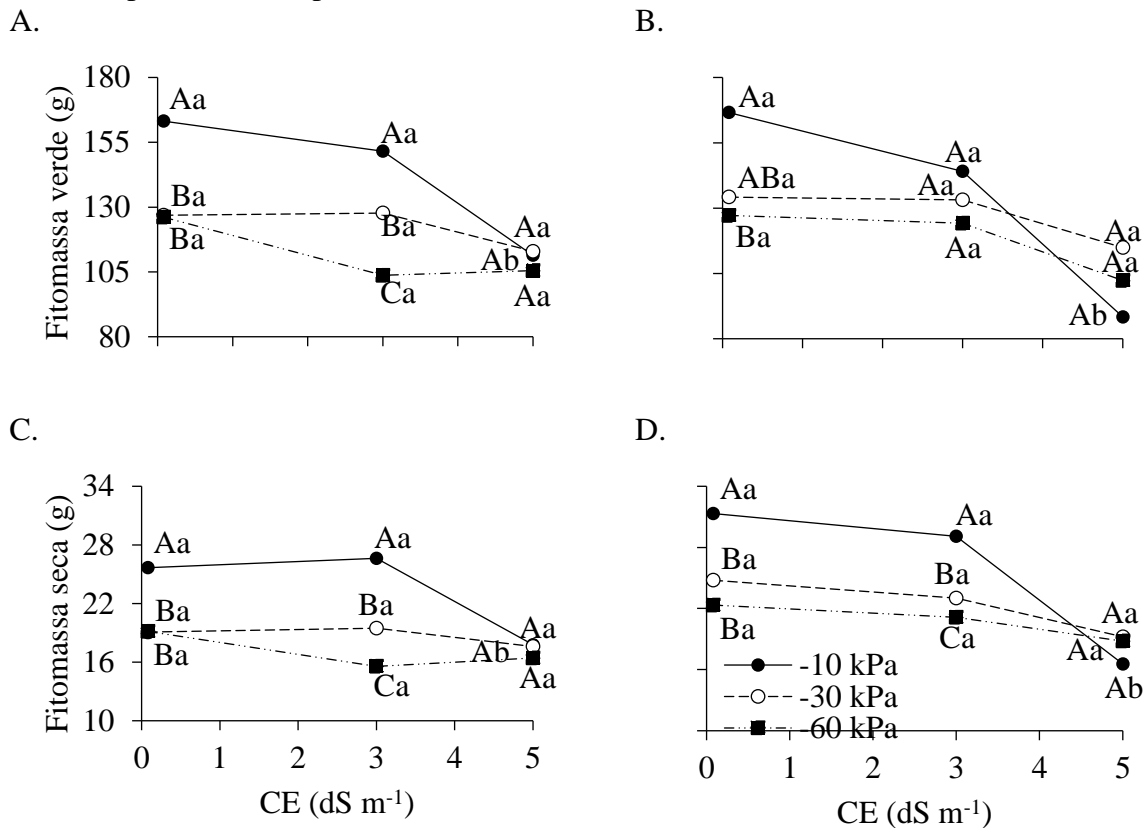
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 8,47% e 10,30%, aos 75 DAS; CV = 15,14% e 18,26%, aos 90 DAS. Ambos para as variáveis FV e FS, respectivamente).

As interações entre os fatores estudados afetaram significativamente a FV e a FS das plantas de tomate avaliadas aos 105 e 120 DAS. Observando o tratamento -10 kPa, nota-se que o efeito negativo do acréscimo de sal NaCl foi acentuado ao longo do tempo, passando de 32%, aos 105 DAS, para 40%, aos 120 DAS, na redução da FV do tratamento com 5 dS m<sup>-1</sup> de CE quando comparado ao tratamento com 0 dS m<sup>-1</sup> de CE (Figura 8A e 8B). Comparando-se os mesmos tratamentos, foram observadas reduções de 31 e 47% da FS de plantas de tomate aos 105 e 120 DAS, respectivamente (Figura 8C e 8D). Esses resultados apontam que o efeito do estresse salino superou os danos ocasionados pelo

déficit hídrico, uma vez que as reduções provocadas pela escassez da água foram de 23 e 24%, para FV (Figura 8A e 8B), e de 25 e 28%, para FS (Figura 8C e 8D), respectivamente aos 105 e 120 DAS, para o tratamento -60 kPa quando comparado ao tratamento -10 kPa, ambos irrigados com água de 0 dS m<sup>-1</sup> de CE.

A condutividade elétrica média (4,32 dS m<sup>-1</sup>) contida no efluente tratado da indústria de sorvete, utilizado no cultivo hidropônico de tomate, contribuiu para redução no acúmulo de FV desta cultura em função da diminuição na absorção de nutrientes essenciais ao pleno desenvolvimento destas plantas (MALHEIROS et al., 2012).

**Figura 8.** Efeito da interação entre o déficit hídrico e o estresse salino na fitomassa verde, aos 105 DAS (a) e 120 DAS (b), e fitomassa seca, aos 105 DAS (c) e 120 DAS (d), da parte aérea de plantas de tomate cv. Kátia.



Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas entre os tratamentos de déficit hídrico e minúsculas entre os tratamentos de estresse salino, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 9,09% e 11,08%, aos 105 DAS; CV = 13,94% e 16,14%, aos 120 DAS. Ambos para as variáveis FV e FS, respectivamente).

Apenas o efeito do déficit hídrico foi significativo na redução da AF das plantas de tomate, avaliações realizadas aos 75 e 90 DAS, sendo de 36 e 30%, respectivamente, as perdas na AF do tratamento -60 kPa, quando comparado ao tratamento -10 kPa (Figura 9A). Monte et al. (2009), trabalhando com diferentes turnos de rega encontraram reduções na AF de plantas de tomateiro quando o turno de rega foi de 3 dias. Pinto et al. (2008) estudando o comportamento de diversas culturas observaram reduções de até 67% na AF. Esses autores ressaltam que as reduções na AF aumentam com a intensificação da insuficiência hídrica, nessas circunstâncias o comportamento das plantas foi

semelhante ao observado para a cultura do tomate, que além da visível redução na turgescência, também apresentou enrolamento do limbo.

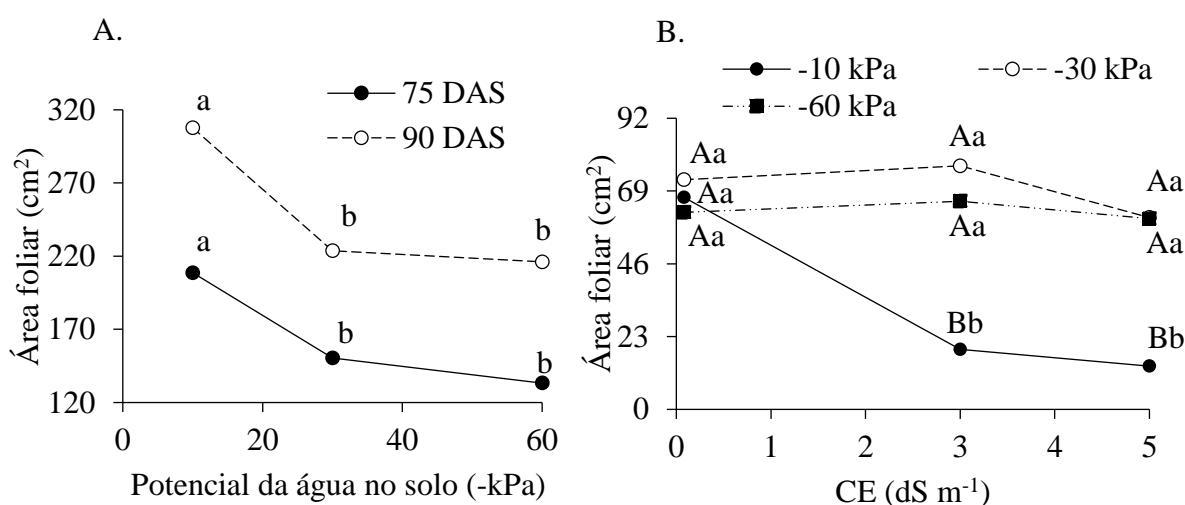
Aos 120 DAS, os efeitos combinados do déficit hídrico e do estresse salino influenciaram de forma significativa a resposta da AF, vale salientar que os valores observados foram inferiores àqueles encontrados aos 75 e 90 DAS devido ao estágio fenológico da cultura. Observou-se que os tratamentos com CE 3 e 5 dS m<sup>-1</sup> tiveram suas AF reduzidas em 72 e 80%, respectivamente, quando comparadas ao tratamento 0 dS m<sup>-1</sup>, dentro do tratamento -10 kPa (Figura 9B). O acúmulo de sais, para o tratamento irrigado com maior frequência

(-10 kPa), justifica o fato dos tratamentos -30 e -60 kPa terem apresentado AF superiores a este tratamento, quando irrigados com águas de CE 3 e 5 dS m<sup>-1</sup> (Figura 9B).

Lycoskoufis et al. (2012), pesquisando interferência da salinidade por altas concentrações de NaCl em tomateiros,

observaram a queda nos valores da AF com o aumento da salinidade. Resultados análogos foram encontrados em outras culturas, como a berinjela (SILVA et al., 2013a), em função do incremento da salinidade provocada por diferentes manejos de fertirrigação.

**Figura 9.** Efeito do déficit hídrico (A), aos 75 e 90 dias após semeadura (DAS) e da interação entre o déficit hídrico e o estresse salino (B), aos 120 dias após semeadura (DAS) para área foliar de plantas de tomate cv. Kátia.



(1) Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 14,03% e 16,76% respectivamente para os 75 DAS e 90 DAS)

(2) Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas entre os tratamentos de déficit hídrico e minúsculas entre os tratamentos de estresse salino, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 24,17%).

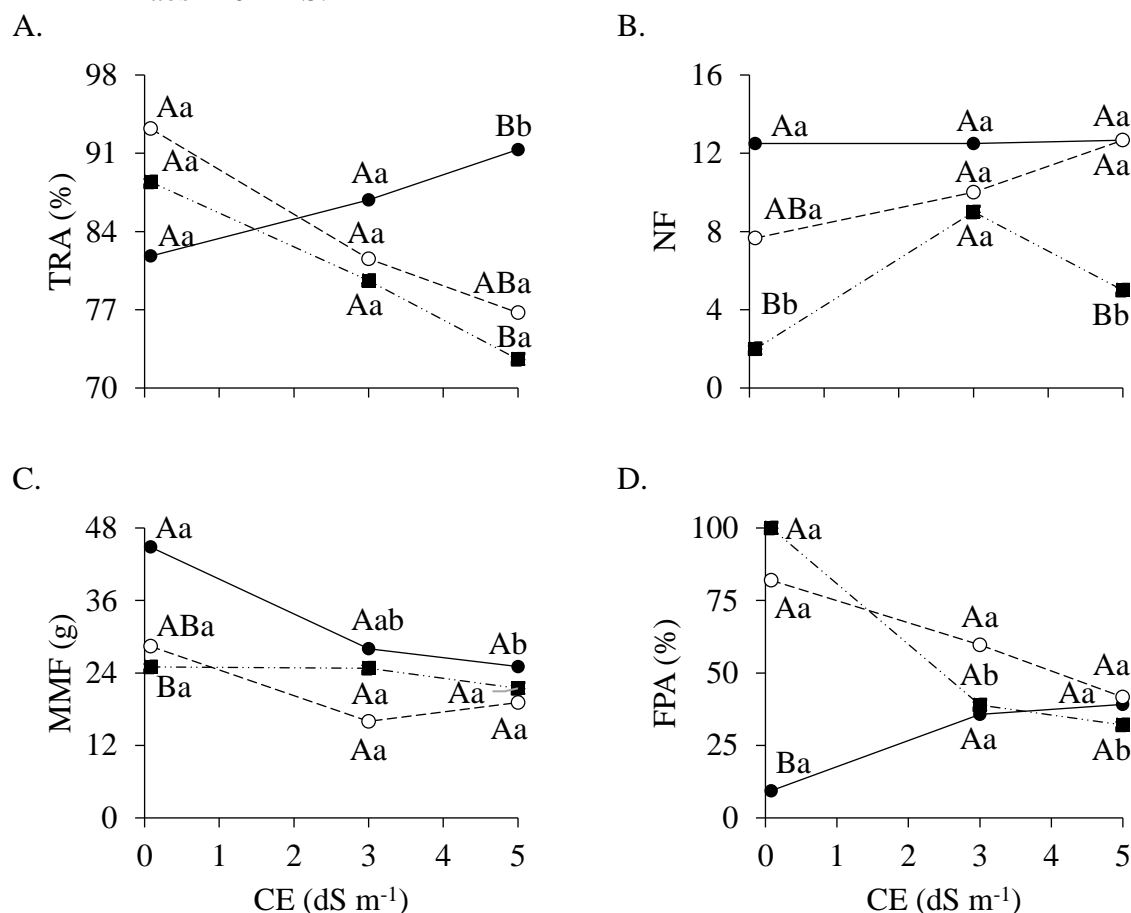
A interação entre os efeitos do déficit hídrico e do estresse salino reduziu significativamente, em 18%, o teor relativo de água das folhas (TRA) de tomate para o tratamento -60 kPa quando comparado ao tratamento -10 kPa, ambos irrigados com água de CE 5 dS m<sup>-1</sup>, aos 120 DAS (Figura 10A). Este resultado pode estar associado ao ajustamento osmótico das plantas em resposta a crescente salinização do solo. Nessa condição de estresse, a planta aumenta a síntese de osmólitos compatíveis que auxiliam no ajustamento osmótico e protegem estruturas subcelulares dos danos oxidativos ocasionados pelo excesso de sais (SILVA et al., 2013b).

O efeito do déficit hídrico foi mais pronunciado na redução do número de frutos (NF) em plantas de tomate do que o efeito da salinidade. Foi registrado redução de 84% no NF para o tratamento -60 kPa quando comparado ao tratamento -10 kPa, ambos irrigados com água de CE 0 dS m<sup>-1</sup> (Figura 10B). Marouelli e Silva (2006) também encontraram resultados semelhantes para a cultura do tomate. O déficit de água no solo causa distúrbios no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas, em consequência, ocorre redução no número de frutos e na área foliar (SOARES et al., 2012).

Embora a salinidade não tenha afetado de forma expressiva o NF, ela reduziu sobremaneira a massa média dos frutos (MMF). Reduções de 44 e 33% foram observados para o tratamento com CE 5 dS m<sup>-1</sup>, quando comparado ao tratamento com CE 0 dS m<sup>-1</sup>, nos potenciais de água no solo de -10 e -30 kPa respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Freire et al., (2011) em estudos com água salina para a cultura do tomate. O déficit hídrico também contribuiu para redução do MMF, com perdas de 44% em peso para o tratamento -60 kPa em relação ao tratamento -10 kPa quando irrigados com água sem adição de NaCl (Figura 10C).

Para a porcentagem de frutos com podridão apical (FPA), foram observadas diferenças significativas para o fator déficit hídrico. Para o tratamento -60 kPa, irrigado com água de CE 0 dS m<sup>-1</sup>, foram alcançados 100% de FPA. O menor percentual de FPA, cerca de 9%, foi observado no tratamento -10 kPa, irrigado com água de CE 0 dS m<sup>-1</sup>. Notadamente a salinidade atenuou as porcentagens de FPA nos tratamentos -30 e -60 kPa (Figura 10D). A ocorrência de FPA pode estar relacionada ao desequilíbrio nutricional relacionado ao cálcio provocado pela baixa umidade do solo (FONTES, 2003), formando principalmente fundo preto nos frutos.

**Figura 10.** Efeito da interação entre o déficit hídrico e o estresse salino para o teor relativo de água nas folhas - TRA (A), número de frutos - NF (B), massa média dos frutos - MMF (C), e frutos com podridão apical - FPA (D) para plantas de tomate cv. Kátia aos 120 DAS.



Médias seguidas da mesma letra, maiúsculas entre os tratamentos de déficit hídrico e minúsculas entre os tratamentos de estresse salino, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (CV = 7,84%; 23,96%; 24,01% e 27,62%, respectivamente para TRA, NF, MMF e FPA).

## 6 CONCLUSÕES

1. O déficit hídrico interferiu no desenvolvimento do tomate cv. Kátia, principalmente nas avaliações iniciais, e nos componentes de produção, como número de frutos e frutos com podridão apical;

2. Para interação entre o estresse salino e o déficit hídrico, o efeito da salinidade foi pronunciado para as variáveis: diâmetro, fitomassa verde e seca, área foliar e massa média dos frutos.

## 7 REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. de O.; BASTOS, E. A. **Princípios agronômicos de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Meio-Norte, 2013, 262p.

ARAÚJO, G. L.; REIS, E. F.; MOARES, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p.115-124, 2011.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

CHEN, J.; KANG, S.; DU, T.; QIU, R.; GUO, P.; CHEN, R. Quantitative response of greenhouse tomato yield and quality to water deficit at different growth stages. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 129, p.152-162, 2013.

CUNHA, R. A.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p 1-11, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FONTES, P. C. R. Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas de alface e depressão amarga dos frutos em maçã: deficiência de Ca? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 145-145, 2003.

FREIRE, A. L. O.; 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**, Londrina, v. 31, n. 4 Sup1, p. 1133-1144, 2011.

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. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 850-856, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – **Levantamento sistemático da produção agrícola**. IBGE: Rio de Janeiro, 2016. 79p.

LYCOSKOUFIS, I.; MAVROGIANOPOULOS, G.; SAVVAS, D.; NTATSI, G. . Impact of salinity induced by high concentration of NaCl or by high concentration of nutrients on tomato plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 952, p. 689-696, 2012.

MALHEIROS, S. M. M.; SILVA, Ê. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M. SANTOS, A. N. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.10, p. 1085-1092, 2012.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da; SILVA, W. L. de C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 22p. (Circular Técnica, 120).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 03, p. 342-346, 2006.

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, Ê. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, 2012.

MONTE, J. A. PACHEDO, A. S.; CARVALHO, D. F.; PIMENTEL, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 222-227, 2009.

PATANÈ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, Leuven, v.129, p. 590-596, 2011.

PINTO, C. de M.; TÁVORA, J. F. A; BEZERRA, M. A.; CORRÊA, M. C. M. Crescimento, distribuição do sistema radicular em amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 429-436, 2008.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)

RIPOLL, J.; URBAN, L.; BRUNEL, B.; BERTIN, N. Water deficit effect on tomato quality depend on fruit development stage and genotype. **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v.190, p.26-35, 2016.

SAS INSTITUTE. The ANOVA Procedure. In: SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT® 9.2: User's Guide**. 2. ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2009. Cap. 23. p. 692-747.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, Ê. F. F.; TANAKA, A. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, 2013a.

SILVA, E. M. da.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 150-158, 2013b.

SIMBOMANA, I. C.; AGUYOH, J. N.; OPIYO, A. M. Water stress affects growth and yield of container grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) plants. **Global Journal of Bio-Science and Biotechnology**, New York, v.2. n.4, p. 461- 466, 2013.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B.; ARAÚJO, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 38-45, 2012.

---

TESTEZLAF, R. **Irrigação**: métodos, sistemas e aplicações. Campinas: Unicamp/FENAGRI, 2017, 215p.