



Revista  
Técnico-Científica



## SILÍCIO NA TOLERÂNCIA AO ESTRESSE HÍDRICO EM TOMATEIRO

<sup>1</sup>Aline Mara Chaves Nunes; <sup>2</sup>Luma Rayane de Lima Nunes; <sup>3</sup>Ana Janaína Oliveira Rodrigues; <sup>4</sup>Keline Sousa Albuquerque Uchôa

<sup>1</sup>Engenheira Agrônoma; <sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Fitotecnia (Agronomia) na Universidade Federal do Ceará; <sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, Mestranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará.; <sup>4</sup>Engenheira Agrônoma Doutora em Agronomia, Docente do IFCE.

**RESUMO:** O referido experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes dosagens de silício via aplicação foliar em plantas de híbridos de Tomate submetidos ao estresse hídrico, em condições de cultivo protegido. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco concentrações de silicato de potássio (0, 25, 50, 75 e 100 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), e 10 repetições cada. As avaliações ocorreram aos 20, 35, 50, 65 e 80 DAT para: altura das plantas; diâmetro do caule; número de folhas e porcentagem de clorofila e aos 27, 39, 51, 63, 75 e 87 DAT: número de flores e número de cachos. Também foi avaliado o número total de frutos por planta. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão, ao nível de 5% significância. A aplicação de Silicato de Potássio em plantas de tomate cultivadas sob estresse hídrico em ambiente protegido apresentou efeito significativo na redução dos efeitos ocasionados pelo estresse hídrico nas plantas. A dosagem de 50 mL.L<sup>-1</sup> mostrou-se superior aos demais concentrações, proporcionando as maiores médias para as variáveis analisadas.

Palavras-chave: *Lycopersicum esculentum*, déficit hídrico, silicato de potássio.

## SILICON IN THE TOLERANCE OF THE WATER STRESS IN TOMATOES

**ABSTRACT:** The objective of this experiment was to evaluate the effects of different dosages of silicon by foliar application in plants of tomato hybrids subjected to water stress under protected cultivation conditions. The experimental design was completely randomized, with five concentrations of potassium silicate (0, 25, 50, 75 and 100 mL.L<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), and 10 replicates each. The evaluations occurred at 20, 35, 50, 65 and 80 DAT for: plant height; stem diameter; number of leaves and percentage of chlorophyll and at 27, 39, 51, 63, 75 and 87 DAT: number of flowers

and number of bunches. The total number of fruits per plant was also evaluated. The results were submitted to analysis of variance and regression, at the level of 5% significance. The application of Potassium Silicate in tomato plants cultivated under water stress in protected environment had a significant effect on the reduction of effects caused by water stress in plants. The dosage of 50 mL.L<sup>-1</sup> was superior to the other concentrations, providing the highest averages for the variables analyzed.

*Keywords: Lycopersicum esculentum, water deficit, potassium silicate.*

## INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) é uma das olerícolas mais difundidas e consumidas no mundo, podendo ser 'in natura' ou processada na forma de sucos, molhos, pastas, dentre outros. A cultura do tomateiro apresenta grande relevância no Brasil, sendo que São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia são os estados com maior área cultivada, com estimativa de produção de 54.714 hectares e colheita prevista em 3.544.593 toneladas (IBGE, 2016). O nordeste brasileiro apresenta ótimas condições para seu cultivo, com destaque para os Estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, responsáveis, por uma área plantada de 11.487 ha (TREICHEL et al., 2016).

O silício é considerado com um elemento mineral benéfico, apesar de não ter sua definição de essencialidade na nutrição mineral das plantas (GERRERO et al., 2011). É absorvido pela planta na forma de ácido monossilícico (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) juntamente com a água (fluxo de massa) e se acumula principalmente nas áreas de máxima transpiração (tricomias, espinhos, etc.), como ácido silícico polimerizado (sílica amorfa) (MA, 2004). Dentre os efeitos benéficos desse nutriente, está a manutenção da taxa fotossintética, aumento da resistência mecânica das células, maior resistência das plantas às doenças e pragas; diminuição do efeito tóxico de Mn, Fe e outros metais pesados; aumento da absorção e metabolismo de elementos. Além de estar associado ao aumento da capacidade de defesa antioxidante diante deficiência hídrica (GONG et al., 2005).

O déficit hídrico é um dos principais causadores de estresse nas culturas agrícolas e responsável por distúrbios de crescimento. Dentre os efeitos ocasionados pela deficiência hídrica na célula vegetal está à desidratação da

mesma, seguido por redução do potencial hídrico e da resistência hidráulica nos vasos do xilema. Os efeitos secundários resultam em prejuízos na expansão foliar, atividades celulares e metabólicas; fechamento estomático; inibição fotossintética; abscisão foliar, cessando o crescimento da planta (TAIZ et al., 2017). Para o tomateiro, o estresse hídrico interfere no seu desenvolvimento, promovendo a queda de botões e flores e a rachadura dos frutos (VAN DAM et al., 2006).

Pesquisas vem sendo desenvolvidas buscando avaliar a existência de relação entre dosagens de silício com déficit hídrico. Crusciol et al. (2009) relatam que a capacidade do Si em reduzir os efeitos do estresse hídrico é atribuída à deposição do mesmo na parede celular de raízes, folhas e caules, de forma à aumentar a resistência e rigidez das paredes celulares. Em virtude da carência de informações acerca dos benefícios desse elemento mineral em mitigar os efeitos do estresse hídrico na cultura do tomate. Sendo assim, essa pesquisa objetivou avaliar o efeito de diferentes níveis de silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) via aplicação foliar em plantas do híbrido de Tomate Dominador (*Solanum lycopersicum*), submetidas a déficit hídrico em condições de cultivo protegido na Chapada do Apodi.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, entre os meses de dezembro/2016 a Abril/2017, em ambiente protegido situado na área experimental da Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) do IFCE – campus Limoeiro do Norte, localizado na Chapada do Apodi, de coordenadas geográficas de 05° 10' 57" S e 38° 00' 46" W, a uma altitude de 146 m.

As mudas foram produzidas em bandejas de prolipropileno com 200 células preenchidas com substrato Tropstrato® sendo semeada uma semente em cada célula. Durante a fase inicial de desenvolvimento, as plântulas receberam fertilização com: Raizal®, via solo e foliar, nos níveis de 7,5 g.L<sup>-1</sup> e 3 g.L<sup>-1</sup>, respectivamente; e MKP® no nível de 3 g.L<sup>-1</sup> aplicado via solo.

Aos 30 dias após semeadura (DAS) foi realizado o transplântio das plântulas para vasos de plásticos contendo dez litros de substrato formado a partir da mistura

de casca de arroz carbonizada e composto orgânico (1:1). Foram selecionadas as plântulas mais vigorosas, com 2 a 3 folhas completas e em bom estado fitossanitário. Cada vaso recebeu uma muda e após 20 dias do transplântio, período para pré-estabelecimento da cultura, deu-se início à diferenciação dos tratamentos.

Os dados utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência (Eto) foram coletados e calculados a partir da leitura do tanque Classe A, o qual foi instalado no interior da estufa. O manejo diário da irrigação se deu pela leitura do nível da água no tanque evaporímetro realizada sempre pela manhã, em intervalos de 24 horas. O cálculo da lâmina aplicada foi calculado de acordo com o coeficiente da cultura para cada estágio de acordo com Doorenbos e Kassam (1994). Os tratamentos foram submetidos ao estresse hídrico de 60% da evapotranspiração (ETo) do tanque classe A, exceto a testemunha, que recebeu 100%.

O experimento foi distribuído no delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 10 repetições. Foram testadas quatro concentrações do produto comercial à base de silicato de potássio, Silica® (25; 50; 75 e 100 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), pulverizado sobre as folhas de plantas irrigadas com 60% do volume de água recomendado para a cultura aos 20, 50 e 80 dias após o transplântio (DAT). O tratamento testemunha foi apenas submetido ao estresse hídrico.

As avaliações dos parâmetros biométricos das plantas ocorreram aos 20, 35, 50, 65 e 80 DAT para: altura de plantas (AP) – determinada em centímetros com o auxílio do metro dobrável graduado, correspondendo à distância entre a base e o ápice; diâmetro do caule (DC) – determinado em centímetros com o auxílio de um paquímetro analógico, com os valores obtidos da região basal da planta a um centímetro da superfície do solo; número de folhas (NF) – contadas somente as verdes ou com pequenos danos; que, a partir dessas foi realizada a porcentagem de clorofila (PC) na parte mediana da planta por meio do equipamento ClorofiLOG®, modelo CFL 1030.

O número de frutos por planta (NFP) foi avaliado ao final do experimento após 103 DAT. Já para os parâmetros produtivos: número de flores (NFL) e número de

cachos (NC) – sendo considerados apenas os que continham flores abertas ou em formação, com as avaliações realizadas aos 27, 39, 51, 63, 75 e 87 DAT.

Os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% significância, no software estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2000). Para as variáveis que apresentaram diferença significativa foi selecionado o modelo de regressão, de maior ajuste e significância, no software TableCurve®, versão 5.01, e para representação gráfica dos resultados foi utilizado software Sigmaplot, versão 12.5.

## RESULTADOS

A avaliação realizada aos 20 DAT, não apresentou diferença significativa entre a testemunha e as concentrações de silicato de potássio utilizadas para altura das plantas. Enquanto nas demais avaliações, os tratamentos foram significativamente diferentes, se ajustando ao modelo quadrático (Figura 1).

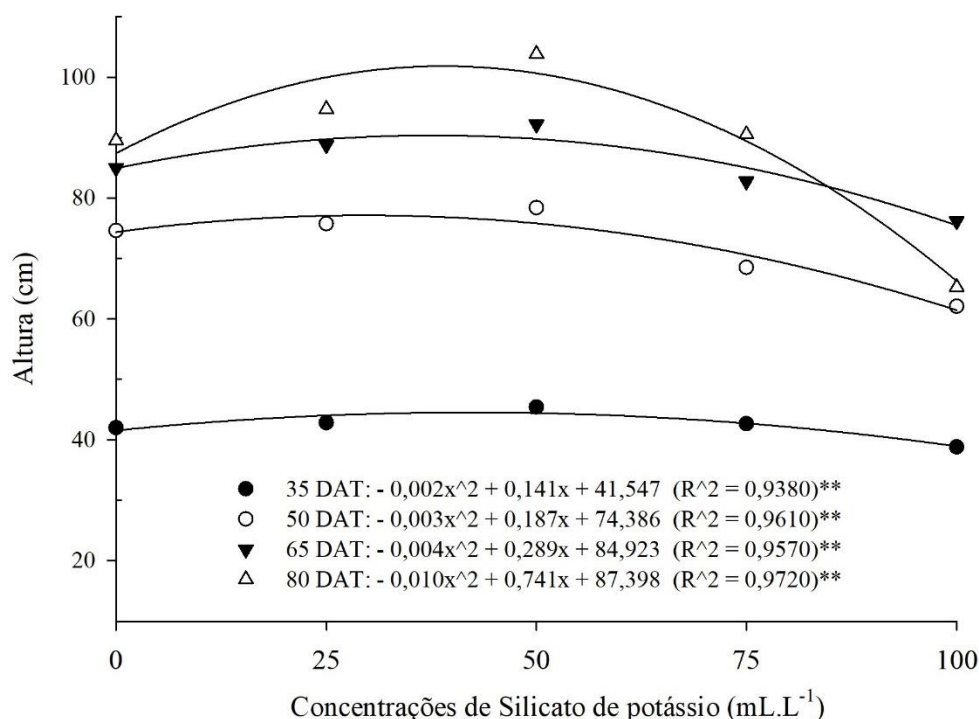


Figura 1 - Médias das alturas (AP) das plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017. DAT = dias após o transplante.

O aumento na altura das plantas está diretamente relacionada ao tempo de transplântio, sendo encontrada plantas de porte mais elevado aos 80 DAT, a partir da aplicação de 50 mL.L<sup>-1</sup> de silicato de potássio (103,8 cm).

As concentrações de silicato de potássio promoveram certa tolerância às plantas quando expostas a condição de seca, com a aplicação de 50 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> favorecendo o crescimento das mesmas. Os valores obtidos para a aplicação de 100 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> não foram satisfatórios, pois esses se mostraram semelhantes ou iguais aos encontrados no tratamento controle (0 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), como observado na avaliação dos 80 DAT, com plantas de 75 e 90 cm, respectivamente (Figura 1).

Em relação ao número de folhas das plantas de tomate, esta foi influenciada tanto pelas concentrações de silicato de potássio, quanto pelo tempo de transplântio, observando um aumento quadrático para essa variável (Figura 2).

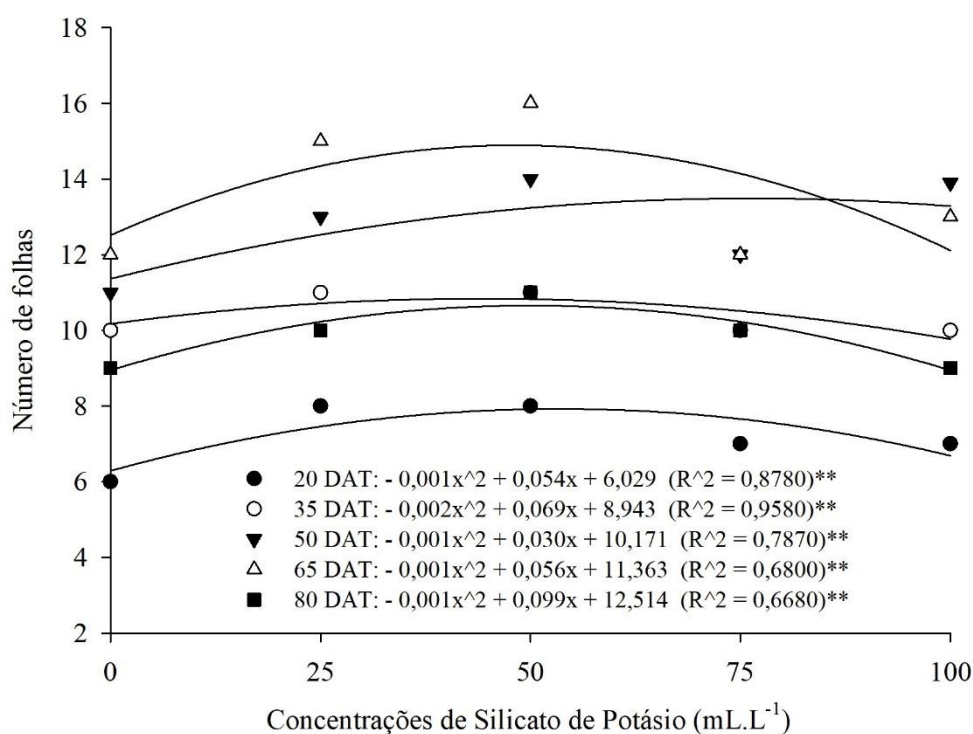


Figura 2 - Médias para número de folhas das plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017. DAT = dias após o transplântio.

As plantas de tomate estavam com mais folhas aos 65 DAT e a aplicação de silicato de potássio possibilitou um aumento nas mesmas. Na concentração de 50

mL.L<sup>-1</sup>, as plantas se encontravam com uma média de 15 folhas. No tratamento controle, as plantas estavam com 12 folhas, e na concentração de 75 mL.L<sup>-1</sup>, 11 folhas.

Aos 80 DAT, mesmo na concentração de 50 mL.L<sup>-1</sup>, as plantas estavam com um número reduzido de folhas, isso pode ser devido ao processo natural de senescência das folhas e/ou, como consequência a longo prazo do estresse ao qual as plantas estavam submetidas.

Para a variável diâmetro do caule foi possível observar que as aplicações de silicato de potássio promoveram diferenças significativas entre as plantas que estavam sob déficit hídrico. E conforme estas tornavam-se mais velhas, o diâmetro ficava mais espesso devido a deposição dos fotoassimilados. Em ambas as avaliações, a concentração máxima de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> testada não foi suficiente para minimizar os efeitos do estresse sofrido pelas plantas (Figura 3).

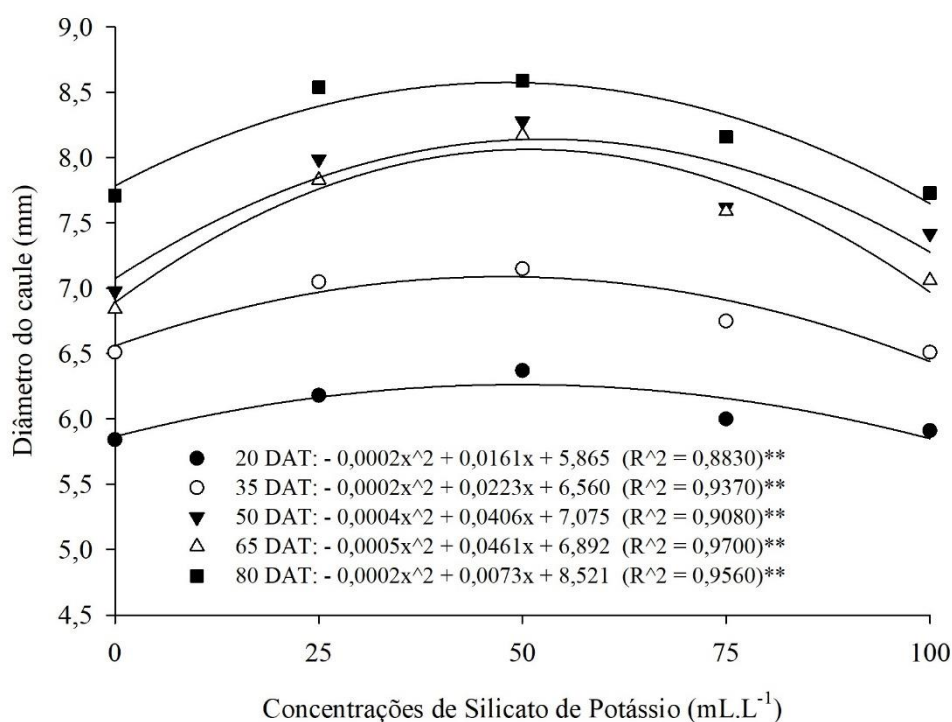


Figura 3 - Médias para diâmetro do caule das plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017. DAT = dias após o transplante.

Na avaliação realizada aos 80 DAT, as plantas se encontravam mais espessas, com as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup>, proporcionando uma maior espessura nos diâmetros (8,3 e 8,5 mm). Essa característica é de grande

importância, pois irá refletir na capacidade que as plantas terão em sustentar o peso de seus frutos.

Os valores obtidos na avaliação realizada aos 65 DAT, mostraram-se inferiores aos encontrados aos 50 DAT. Esses resultados sugerem que essa foi a fase mais sensível ao déficit hídrico, com as plantas entrando em estado de murcha e conseqüentemente, redução no diâmetro do caule. Coincidentemente, essa fase correspondeu ao período de maior exigência hídrica das plantas, pois os frutos estavam em processo de acúmulo de fotoassimilados.

Independente da avaliação, os resultados encontrados na concentração de  $100 \text{ mL.L}^{-1}$  não foram satisfatórios, por se assemelharem aos do tratamento controle. Assim, percebe-se que, as plantas de tomate apresentam certa tolerância à absorção desse nutriente, demonstrando que em concentrações superiores, não irão promover os resultados esperados.

Houve diferença significativa no teor de clorofila nas folhas de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, durante as avaliações realizadas aos 20, 35, 50, 65 e 80 DAT, para as diferentes dosagens de silicato de potássio testadas, conforme representadas na figura 4.



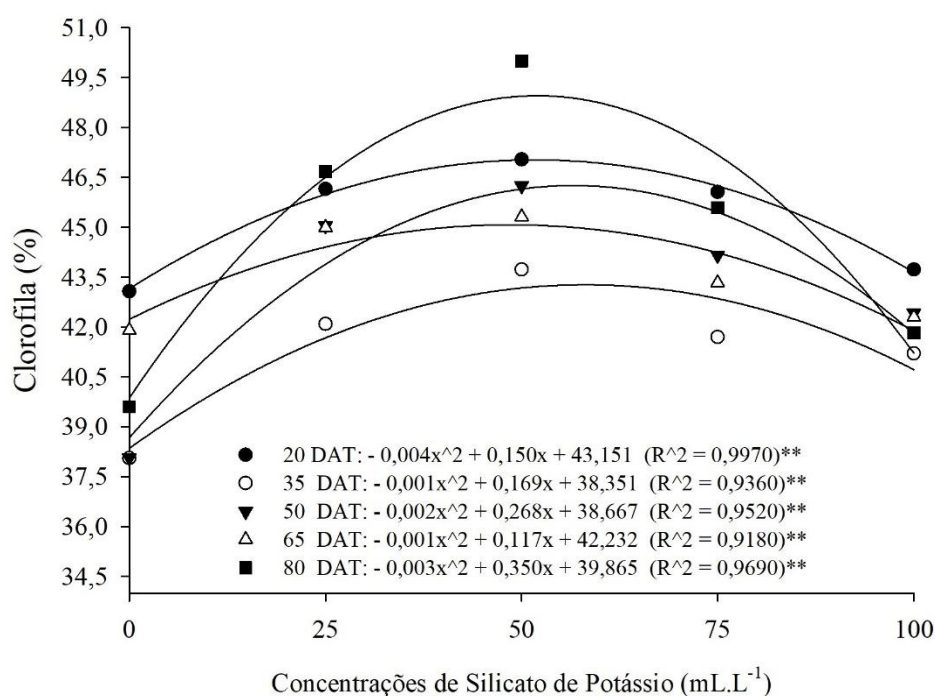


Figura 4 - Médias para percentual de clorofila em plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017. DAT = dias após o transplante.

As plantas apresentaram comportamento distinto diante das concentrações de silicato de potássio e da época de avaliação. O maior teor de clorofila foi obtido em plantas com 80 DAT tratadas com 50 mL.L<sup>-1</sup> de silicato de potássio (49,5%). Valores próximos a esse foram encontrados aos 20 DAT, após a aplicação de 25, 50 e 75 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Essa aproximação nos resultados pode ser devido a uma resposta adaptativa das plantas ao estresse. No qual, necessitou de um certo período para que ocorresse essa aclimação, coincidindo exatamente ao tempo entre as duas avaliações em questão.

De acordo com a Figura 5, verificou-se que a aplicação de silicato de potássio promoveu o aumento do número de flores, com as médias obtidas sendo diferentes estatisticamente à testemunha. Para a avaliação realizada aos 27 DAT não foram encontradas diferenças significativas entre o tratamento controle e a concentração de 100 mL.L<sup>-1</sup>; e entre as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, obtendo as médias de 1 e 3 flores.planta<sup>-1</sup>.

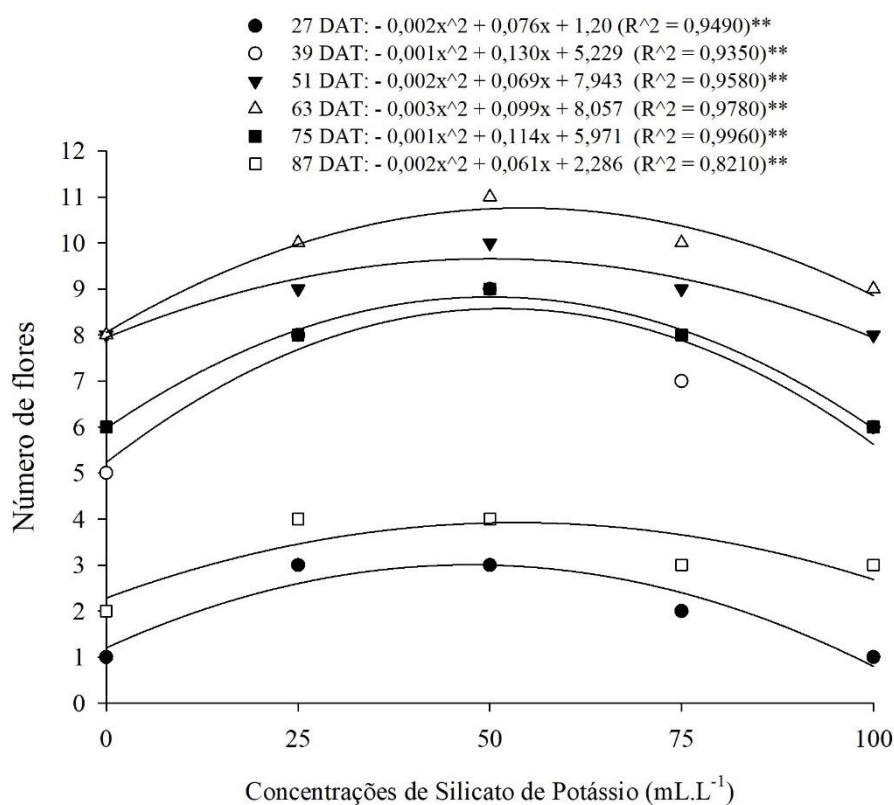


Figura 5 - Médias para número de flores de plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017. DAT = dias após o transplântio.

Assim como observado nas demais variáveis, também houve interação significativa entre as dosagens de silicato de potássio e o número de cachos nas plantas de tomate, para todas as avaliações realizadas. O aumento do número de cachos se comportou de forma quadrática, com as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup> promovendo os maiores ganhos (Figura 6).

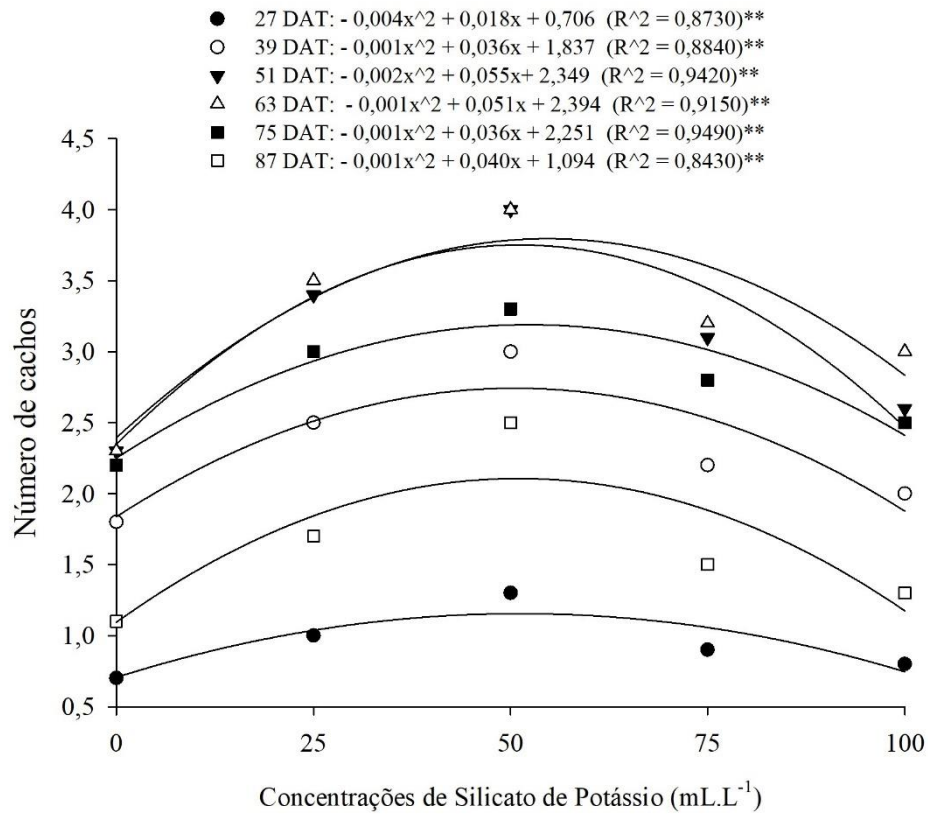


Figura 6 - Médias para número de cachos de plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017. DAT = dias após o transplante.

Quanto ao número total dos frutos foram obtidos maiores valores para as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup>., com as médias de 1,5 frutos, enquanto que para testemunha foram obtidos apenas 1 fruto.planta<sup>-1</sup>, conforme apresentado na figura 7.

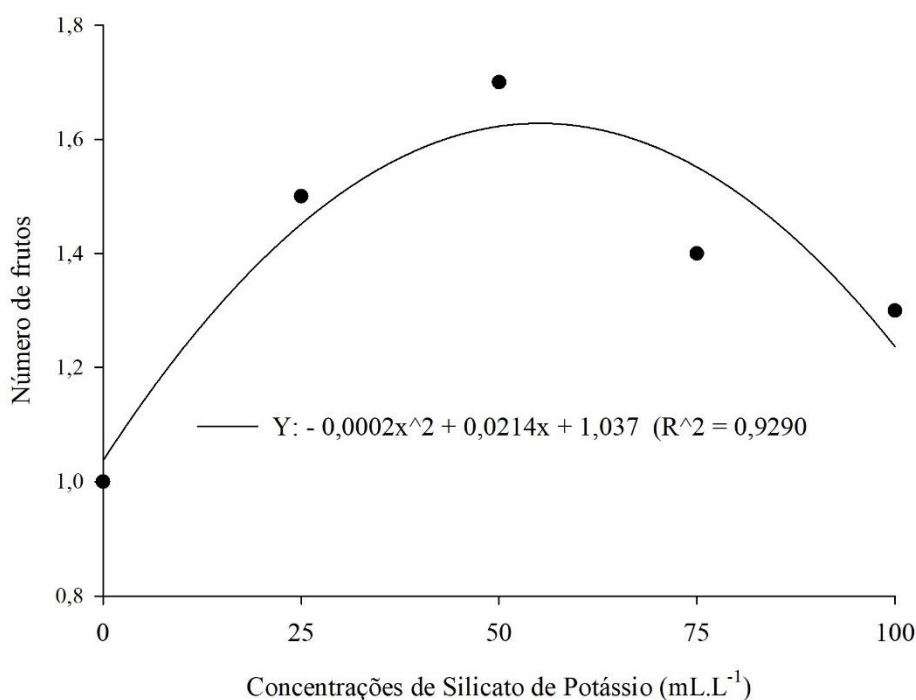


Figura 7 - Médias para número de frutos em plantas de tomate submetidas a diferentes concentrações de silicato de potássio (mL.L<sup>-1</sup>), Limoeiro do Norte-CE, 2017.

## DISCUSSÃO

As concentrações de silicato de potássio reduziram as consequências do estresse hídrico no crescimento das plantas, embora não se tenha obtido valores estatisticamente diferentes à testemunha, na avaliação realizada aos 20 DAT.

Aos 35 DAT, a concentração de 50 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> proporcionou o maior crescimento das plantas, atingindo a altura média de 45,4 cm, opondo-se a 42 e 38,8 cm encontrados na testemunha e 100 mL.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Comportamento semelhante se repetiu nas demais avaliações, em que, a concentração de 50 mL.L<sup>-1</sup> se destacou entre as demais por proporcionar plantas com o porte mais elevado. Aos 50 DAT, 78,4 cm; aos 65 DAT, 92,2 cm; e aos 80 DAT, 103,8 cm.

Dantas Júnior et al. (2011) ao avaliarem o crescimento de plantas de milho, concluíram que as doses de silício não foram significativas em nenhuma fase do desenvolvimento das plantas, indicando que o crescimento do caule não foi influenciado pela aplicação de silício como adubo. Já Medeiros et al. (2008), a aplicação de doses crescentes de silício na cultura da cana-de-açúcar, não teve

influência significativa no crescimento nem nas características fisiológicas das plantas.

Já para a avaliação realizada aos 80 DAT, as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup> apresentaram valores superiores aos da testemunha, 94,7; 103,8 e 89,51 cm, respectivamente. Resultados semelhantes aos obtidos por Pulz et al. (2008) ao afirmarem que a aplicação de silício foi responsável pelo aumento no crescimento de hastes de batata, independentemente da disponibilidade hídrica. Entretanto, esses resultados não se repetiram nas demais avaliações, em que, mesmo a concentração mais elevada de silicato de potássio não foi capaz de sobressair ao estresse provocado pelo déficit hídrico. Corroborando a esses resultados, menciona-se Gong et al. (2003) ao afirmarem que a adubação silicatada só promoveu aumento na altura de plantas de trigo quando estas tiveram suas necessidades hídricas supridas, pois a redução da quantidade de água disponibilizada, acarreta efeitos secundários, dentre eles, a paralização do crescimento (TAIZ et al., 2017).

No entanto, Morales et al. (2015) citam ser possível que em algumas plantas essa redução não seja perceptível, devido a mecanismos morfofisiológicos que aumentam a eficiência do uso da água ou a resistência ao déficit hídrico.

Conforme demonstrado na figura 2, o silício amenizou os efeitos do estresse hídrico nas plantas, em que, as médias obtidas para o número de folhas quando aplicadas as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup> foram superiores à testemunha em todas as avaliações realizadas. Zanão Júnior et al. (2013), também concluíram que a aplicação de silício promove o aumento do número de folhas após conduzirem um experimento com roseiras. Entretanto, Asmar et al (2013) ao analisar a influência de diferentes fontes de silício no cultivo *in vitro* de bananeira 'Grande Naine' não observaram diferença significativa para a variável.

Quando as plantas são induzidas ao déficit hídrico, ocorre a aceleração da senescência e da abscisão foliar (ANJUM et al., 2011), sendo a utilização do silício benéfica ao aumento do número de folhas (ADATIA e BESFORD, 1986) conforme foi constatada nesse experimento.

Percebeu-se uma redução acentuada no número de folhas para a avaliação realizada aos 90 DAT, observada em todos os tratamentos, inclusive para a

testemunha, podendo ser justificada não devido ao estresse hídrico, mas, em consequência das condições de cultivo protegido, em que, segundo Purquerio e Tivelli (2006) a fração difusa da radiação solar no interior da casa de vegetação é maior do que a do meio externo, permitindo assim, que essa chegue com maior eficiência às folhas e que a exposição das plantas por um período indeterminado de tempo a essas condições e em temperaturas elevadas, aumentam a taxa de respiração nas folhas, ocasionando a desnaturação enzimática (MARENCO e LOPES, 2013).

Dentre os períodos avaliados, houve diferença quanto a dosagem de silicato de potássio adotada no diâmetro do caule. Para todas as avaliações realizadas, as concentrações de 25 e 50 mL.L<sup>-1</sup> se sobressaíram as demais concentrações utilizadas.

Dados esses que corroboram com os obtidos por Neri et al. (2009) ao constatarem aumento no diâmetro do caule em plantas de milho quando adubadas com silício. Ehret et al. (2005), cultivando dois cultivares de minirroseiras em sistema hidropônico, com a dose de 1,7 mmol.L<sup>-1</sup> de Si, verificaram que esse elemento proporcionou aumento no diâmetro do caule em relação à não adição desse elemento à solução nutritiva. Kamenidou e Cavins (2008), verificaram que a aplicação de silício aumentou o diâmetro do caule e a altura das plantas de girassol ornamental da cultivar 'Ring of Fire'. Enquanto Medeiros et al. (2008), mostraram decréscimo no diâmetro caulinar de cana-de-açúcar quando adubada com doses crescentes de silício.

Apesar da diferenciação entre os tratamentos, a diferença em termos numéricos entre os mesmos foi bem reduzida, com média de 6,1; 6,87; 7,66; 7,50 e 8,15 mm para 20, 35, 50, 65 e 80 DAT, respectivamente. Esse fato pode ser justificado de acordo com Soares et al. (2011), em que ao estudar o crescimento do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) sob condições de estresse hídrico, na fase vegetativa e de floração da cultura, concluiu que o diâmetro do caule do tomateiro não é afetado pela redução da disponibilidade hídrica em nenhuma das fases fenológicas, de forma que esta é uma variável pouco sensível ao estresse hídrico.

Os tratamentos aplicados às plantas induzidas ao estresse hídrico diferiram estatisticamente entre si para os teores de clorofila. Nos períodos avaliados, a dosagem de 50 mL.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> possibilitaram as maiores médias. Moro et al. (2015) também chegaram a resultados semelhantes aos desse experimento, afirmando que a adubação com Si é capaz de promover aumento nos valores para clorofila a quando as plantas são submetidas ao déficit hídrico de -30 kPa.

O Si atua na manutenção do aparato fotossintético em condições de estresse na planta (Ma, 2004). Para Silva et al. (2013) esse nutriente atua na planta melhorando a arquitetura das folhas influenciando na concentração das clorofilas, pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química (ATP e NADPH).

O aumento nos teores de clorofila nos tecidos da planta é benéfico, uma vez que irá proporcionar uma maior proteção dos fotossistemas, por impedir sua foto-oxidação (TAIZ et al., 2017). Esse acúmulo está associado ao fato de o Si ser armazenado nas células epidérmicas da parte aérea, melhorando o ângulo de abertura das folhas tornando-as mais eretas, diminuindo o auto-sombreamento e favorecendo a um melhor aproveitamento da luz (KORNDORFER et al., 1999). O que pôde ser observado visualmente durante a condução do experimento, especialmente nos tratamentos que receberam as maiores doses de Si.

Sendo assim, os resultados obtidos nesse experimento se assemelham aos de Al-aghabary et al. (2005), ao identificarem também um aumento no teor de clorofila em tomateiro pelo fornecimento de Si as plantas. Emrich et al. (2011) avaliando a produtividade do tomateiro em composto orgânico sob aplicação foliar de silicato de potássio, relatou que para os dois tipos de clorofilas quantificados (clorofila a e b), foram observados acréscimos nos teores conforme se aumentaram as doses de silicato de potássio. Rodrigues et al. (2016) avaliando o comportamento das clorofilas a e b de tomateiro tratado com silicato de potássio via foliar, aplicado semanalmente verificaram aumento nos teores de clorofila a, incrementando a produtividade e o número total de frutos.

Estudos realizados com outras culturas também comprovam a eficácia do silício no aumento dos teores de clorofila, dentre eles: Gong et al. (2005) verificaram

que o fornecimento de Si via solo aumentou os teores dos pigmentos fotossintéticos nas folhas de plantas de trigo sob deficiência hídrica. Groth et al. (2017) verificaram um acréscimo nos teores de clorofila e carotenoides totais em plantas de alface fertilizadas com pó-de-balsato (fonte de silício) quando comparadas à testemunha. Em roseiras, Locarno et al. (2011), também verificaram aumento significativo do teor da clorofila total nas folhas das plantas que receberam a aplicação de 0,25 e 0,50% de silicato de potássio, enquanto a aplicação de 0,75% proporcionou redução para os teores.

Carvalho et al. (2013) atingiram um aumento do número de flores e brotos em plantas de *Dendrobium nobile* conforme se aumentavam as concentrações de Si. Resultados semelhantes também foram obtidos por Rezzi et al. (2009) quando forneceram esse elemento em solução nutritiva nas dosagens de 50 e 100 ppm. Opondo-se a esses resultados, Zanão Júnior et al. (2013) e Ehret et al. (2005) afirmam que aplicações de silício não interferiram no aumento de flores.

Por outro lado, Silva et al. (2014) comentam que o número de flores em tomate é fortemente influenciado pela disponibilidade de água, em que, plantas submetidas a reposição hídrica equivalente a 150% da ETo foram obtidas o maior número de flores (120,9), enquanto as que receberam a reposição correspondente a 50%, apenas 17 flores. O abortamento também foi influenciado pelo déficit hídrico, onde, na reposição de 50% da ETo, a taxa de aborto foi equivalente a 82,48% das flores, enquanto na lâmina máxima (150%) 79,16%. Silva et al. (2013), avaliando o cultivo do tomate em ambiente protegido sob reposições hídricas, observaram em média 157 flores por planta quando aplicou-se lâmina de 140% da ETc. Quanto ao abortamento, os autores verificaram que 54,24 e 76,43% das flores caíram com a reposição hídrica de 33 e 140% da ETc, respectivamente.

Ao avaliar a influência do silício na produção e qualidade dos frutos de morangueiro, Silva et al. (2013) concluíram que houve aumento na produção quando adubados com o nutriente, independente a forma de aplicação, se via solo ou foliar, interferindo também na acidez total dos frutos e na concentração de antocianina em frutos e folhas. Crusciol et al. (2013) ao avaliarem a aplicação de Si na cultura da soja, observaram um incremento de 11% para o número de vagens. planta<sup>-1</sup>, com



esse resultado refletindo diretamente na produtividade de grãos, representando um incremento de aproximadamente 353 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 14%. Já para a cultura do feijão, a aplicação de Si via foliar elevou o número de vagens por planta em relação ao controle, evidenciando o efeito benéfico da aplicação.

## CONCLUSÕES

A aplicação de Silicato de Potássio em plantas de tomate cultivadas sob estresse hídrico em ambiente protegido apresentou efeito significativo na redução dos efeitos ocasionados pelo estresse hídrico nas plantas. A dosagem de 50 mL.L<sup>-1</sup> mostrou-se superior aos demais concentrações, proporcionando as maiores médias para as variáveis analisadas.

## REFERÊNCIAS

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, v. 58, p. 343-351, 1986.
- AL-AGHABARY, K.; ZHUJUN, Z.; QINHUA, S. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 12, p. 2101-2115, 2005.
- ANJUM, S.A.; XIE, X.Y.; WANG, L.C.; SALEEM, M.F.; MAN, C.; LEI, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.
- ASMAR, S. A.; PASQUAL, M.; ARAUJO, A. G.; SILVA, R. A. L.; RODRIGUES, F. A.; PIO, L. A. S. Características morfofisiológicas de bananeiras 'Grande Naine' aclimatizadas em resposta a utilização de silício *in vitro*. **Semina**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 73-82, 2013.
- CARVALHO, P. R.; FARIA, R. T.; FONSECA, I. C. B.; ANDRADE JÚNIOR, O. Efeito do silício na qualidade de flores de *Dendrobium nobile* (Orchidaceae). **Semina**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1615-1622, 2013.
- CRUSCIAL, C. A. C.; PULZ, A. L.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; LIMA, G. P. P. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. **Crop science**, v. 49, p. 949-954, 2009.

DANTAS JÚNIOR, E. E.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. A. M.; KORNDORFER, G. H. Desenvolvimento de milho irrigado e adubado com silicato de cálcio e magnésio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 4, p. 337-350, 2011.

EMRICH, E. B.; SOUZA, R. J.; LIMA, A. A.; FIGUEIREDO, F. C.; SILVA, D. R. G. Cultivo do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.1, p. 56-61, 2011.

EHRET, D.L.; MENZIES, J.G.; HELMERA, T. Production and quality of greenhouse roses in recirculating nutrient systems. **Scientia Horticulture**, v. 106, n. 1, p. 103-113, 2005.

GERRERO, A. C.; BORGES, L. S.; FERNANDES, D. M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 591-596, 2011.

GONG, H.; ZHU, X.; CHEN, K.; WANG, S.; ZHANG, C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, v. 169, n. 2, p. 313-321, 2005.

GONG, H.; CHEN, K.; CHEN, G.; WANG, S.; ZHANG, C. Effects of silicon on growth of wheat under drought. **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 5, p. 1055 -1063, 2003.

GROTH, M. Z.; BELLÉ, C.; BERNARDI, D.; BORGES FILHO, R. C. Pó-de-basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 4, p. 433-440, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-82, 2016.

KAMENIDOU, S.; CAVINS, T. J. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. **HortScience**, v. 43, n. 1, p. 236-239, 2008.

KORNDORFER, G. H.; COELHO, N. M.; SYNDER, G. H.; MIZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 101-106, 1999.

LOCARNO, M.; GRACON, C.; PAIVA, P. D. O. Influência da adubação silicatada no teor de clorofila em folhas de roseira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 287-290, 2011.

MA, J. F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F.; **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Viçosa - Universidade Federal de Viçosa, 2013. 486 p.

MEDEIROS, L. B.; VIEIRA, A. O.; DANTAS NETO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; AQUINO, B. F. Influência da escória siderúrgica sobre a produtividade e crescimento da cana-de-açúcar irrigada. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p.192-202, 2008.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia agraria**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 09-17, 2015.

MORO, A. L.; BROETTO, F.; MORO, E. Relação hídrica e teor de clorofila em dois cultivares de arroz submetido à deficiência hídrica e adubação silicatada. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 570-586, 2015.

NERI, D. K. P.; GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; GÓES, G. B.; MARROCOS, S. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1633- 1638, 2009.

PULZ, A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1651-1659, 2008.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. Manual técnico de orientação. São Paulo: Codeagro, 2006.

REEZI, S.; BABALAR, M.; KALANTARI, S. Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of saltstressed cut rose (*Rosa hybrid* L.) "Hot Lady". **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 8, n. 8, p. 1502-1508, 2009.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; LUZ, J. M. Q.; SOUSA, V. B. F.; SOUSA, J. B.; NUNES, A. C. P.; TRINDADE, P. R. Clorofila a e b de tomateiro tratado com silicato de potássio e fungicida. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 09, n. 2, p. 54-64, 2016.

SILVA, M. L. S.; RESENDE, J. T. V.; TREVIZAM, A.; SCHWARZ, K. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. **Revista Semina**, v. 34, n. 6, suplemento 1, p. 3411-3424, 2013.

SILVA, J. A.; DUTRA, A. F.; CAVALCANTI, N. M. S.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; SILVA, J. M. Aspectos agronômicos do tomateiro "Caline Ipa 6" cultivadas sob regimes hídricos em áreas do semiárido. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 336-344, 2014.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; ARAÚJO, T. T.; SÁ, F. V. S. Taxas de crescimento do tomateiro sob lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 210 –217, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. – Porto Alegre: Artmed, 2017.

TREICHEL, M.; CARVALHO, C.; FILTER, C. F.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro do tomate 2016**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 84 p.

VAN DAM, B.; GOFFAU, M.; VAN, L. J. J.; NAIKA, S. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Agrodok, 17. Fundação Agromisa e CTA, Wageningen, 2006.

ZATÃO JÚNIOR, L. A.; ALVAREZ, V. H.; CARVALHO-ZATÃO, M. P.; FONTES, R. L. F.; GROSSI, J. A. S. Produção de rosas influenciada pela aplicação de doses de silício no substrato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1611-1619, 2013.