



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**PRODUÇÃO DE PIMENTÃO SUBMETIDO A ESTRESSE HÍDRICO E  
SILICATO DE POTÁSSIO EM CULTIVO PROTEGIDO**

FERNANDO SOARES DE CANTUÁRIO

2012

FERNANDO SOARES DE CANTUÁRIO

**PRODUÇÃO DE PIMENTÃO SUBMETIDO A ESTRESSE HÍDRICO E  
SILICATO DE POTÁSSIO EM CULTIVO PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz.

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

FERNANDO SOARES DE CANTUÁRIO

**PRODUÇÃO DE PIMENTÃO SUBMETIDO A ESTRESSE HÍDRICO E  
SILICATO DE POTÁSSIO EM CULTIVO PROTEGIDO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de maio de 2012.

Prof. Dr. <sup>a</sup> Tiyoko Nair Hojo Rebouças	UESB
Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer	UFU
Prof. Dr. Reges Eduardo Franco Teodoro	UFU

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz.  
ICIAG-UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

*Aos meus pais, Valdair e Carmem, pelo exemplo de vida, integridade e sabedoria, meus eternos educadores. A meu irmão, Leandro, pelo incentivo e respeito. À minha esposa, Janaína, por todo amor, apoio e compreensão. E, in memorian, a Pedro Henrique (Buchecha). Muitas saudades...*

**OFEREÇO E DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me dar a vida e a capacidade de enxergar sempre o caminho a seguir;

Ao professor Dr. José Magno de Queiroz Luz, pelo aceite a orientação desta minha trajetória acadêmica e apoio para a realização e desenvolvimento deste trabalho;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano - campus Urutaí pela oportunidade de realizar este trabalho;

Aos professores Alexandre Igor Azevedo e Leandro Caixeta Salomão pelo auxílio na conclusão deste trabalho, paciência e compreensão;

Ao amigo Carlos Portela pelo auxílio na execução do projeto.

A secretaria da pós-graduação, laboratórios LAFER e LAMAS e todos os professores do Instituto de Ciências Agrárias da UFU;

E a todos aqueles, que mesmo não citados, sabem que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

## **EPÍGRAFE**

“Grandes realizações não são feitas por impulso, mas por  
uma soma de pequenas realizações.”

Vicent Van Gogh

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	i
<b>ABSTRACT .....</b>	ii
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	01
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	03
2.1 Cultura do pimentão ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) .....	03
2.2 Cultivo protegido .....	06
2.3 Irrigação e fertirrigação .....	07
2.4 Necessidade hídrica da cultura do pimentão.....	08
2.5 Déficit hídrico em plantas .....	09
2.6 Déficit hídrico na cultura do pimentão.....	11
2.7 Silício na agricultura .....	12
2.8 Silício como provedor de resistência ao estresse hídrico .....	13
2.9 Potencial de utilização de silicatos solúveis foliar.....	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	17
3.1 Localização da área experimental.....	17
3.2 Caracterizações da casa de vegetação.....	17
3.3 Clima e solo .....	18
3.4 Delineamento experimental e tratamentos .....	19
3.5 Preparo do solo e adubação de plantio.....	20
3.6 Produção de mudas e transplantio .....	21
3.7 Sistema de irrigação.....,	21
3.8 Dose e parcelamento de N e K na fertirrigação.....	22
3.9 Manejo da fertirrigação .....	22
3.10 Obtenção da curva de retenção de água no solo.....	23
3.11 Manejo de irrigação .....	23
3.11.1 Uniformidade do sistema de irrigação localizada .....	23
3.11.2 Manejo da irrigação com base no teor de água no solo .....	25
3.12 Temperatura e umidade relativa do ar .....	28
3.13 Condução do experimento e analises realizadas .....	28
3.13.1 Tratos culturais .....	29
3.13.2 Colheitas .....	29
3.13.3 Classificação dos frutos.....	30
3.13.4 Características avaliadas .....	30
3.13.5 Eficiência do uso da água .....	32
3.13.6 Análise estatística.....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	34
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	74
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	75

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Propriedades físicas do solo da área experimental.....	18
<b>TABELA 2.</b> Propriedades químicas do solo da área experimental em 2011.....	19
<b>TABELA 3.</b> Eficiência do uso da água para os diferentes potenciais de irrigação e níveis de silicato de potássio do pimentão Magali R. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO fevereiro de 2012.....	38
<b>TABELA 4.</b> Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (subparcelas) sobre características de crescimento de plantas de pimentão.....	39
<b>TABELA 5.</b> Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de Silicato de Potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (subparcelas) sobre características de área foliar ( $\text{cm}^2$ ) medida aos 140 DAT.....	45
<b>TABELA 6.</b> Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcela) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (subparcelas) sobre características de qualidade de frutos do pimentão, tais como comprimento (cm), diâmetro (cm), espessura da casca (mm), peso unitário (g) e número de frutos por planta em função de cinco colheitas a intervalos médios de 17 dias.....	47
<b>TABELA 7.</b> Médias ( $\pm \text{EP}^1$ ) do número de frutos por planta de pimentão, quantificados na primeira e última colheita sob influência de quatro tensões de água no solo (-kPa) e três doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si $^{-1}$ ).....	51
<b>TABELA 8.</b> Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcela) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (subparcelas) sobre características de qualidade de frutos do pimentão, tais como comprimento (cm), diâmetro (cm), espessura da casca (mm), peso unitário (g) e número de frutos por planta em todo o período experimental.....	52
<b>TABELA 9.</b> Avaliação da ANOVA entre características de qualidade do fruto do pimentão, tais como comprimento (cm), diâmetro (cm), espessura da casca do fruto (mm), peso unitário do fruto (g) e número de frutos por subparcela (8 plantas) entre as cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalo de 17 dias....	54
<b>TABELA 10.</b> Avaliação da ANOVA do número de frutos de pimentão, de acordo com os seguintes parâmetros de classificação: Grande ( $>120$ mm), Médios ( $>90$ e $<120$ mm) e Pequenos ( $>60$ e $<90$ mm) e em função de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (nas parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (nas subparcelas) para um total de cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalos médios de 17 dias.....	56
<b>TABELA 11.</b> Avaliação da ANOVA do número de frutos de pimentão, com incidência de podridão apical e escaldadura em função de diferentes tensões de água	

no solo (-kPa) (nas parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (nas subparcelas) para um total de cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalos médios de 17 dias.....	59
<b>TABELA 12.</b> Coeficiente de correlação entre a incidência das doenças fisiológicas podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) via aplicação foliar.....	60
<b>TABELA 13.</b> Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (subparcelas) sobre características de produção do pimentão, tais como produção por planta (PROPL)(g), produção total (PROTOT) ( $\text{kg/ha}$ ), massa seca total de frutos(MSTOT)( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) e massa seca do fruto (MSPL)(g) para cada colheita .....	62
<b>TABELA 14.</b> Interação entre os efeitos de diferentes tensões de água no solo (kPa) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) sobre características de produção do pimentão, (Média±EP <sup>F</sup> ), tais como produção/planta (g), produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), massa seca total de frutos (g) e massa seca dos frutos por planta (g) para as 1 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup> e 5 <sup>a</sup> colheitas.....	64
<b>TABELA 15.</b> Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (subparcelas) sobre características de produção do pimentão, tais como produção/planta (gramas), produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), massa seca de frutos por planta (g) e massa seca total de frutos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) durante todo o período experimental.....	66
<b>TABELA 16.</b> Avaliação da ANOVA entre caracteristicas de produção do pimentão, tais como produção/planta (g), produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), massa seca de frutos por planta (g) e massa seca total de frutos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) entre as cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalos médios de 17 dias.....	70
<b>TABELA 17.</b> Avaliação da ANOVA para teor de Si no fruto do pimentão, sob diferentes tensões de água no solo e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) ao longo do experimento.....	72
<b>TABELA 18.</b> Avaliação da ANOVA para teor de Si nas folhas do pimentão, sob diferentes doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) ao final do experimento.....	72
<b>TABELA 19.</b> Teor de Si (%) nas folhas e frutos na cultura do pimentão, sob diferentes doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si).....	73

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Instituto Federal Goiano - Câmpus Urutaí-GO, Julho de 2011.....	17
<b>FIGURA 2.</b> Vista frontal (A) e lateral (B) do ambiente protegido. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, Agosto de 2011.....	18
<b>FIGURA 3.</b> Delineamento experimental da cultura do pimentão. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, setembro de 2011.....	20
<b>FIGURA 4.</b> Preparo do solo (A) e adubação de plantio (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, julho de 2011.....	20
<b>FIGURA 5.</b> Mudas de pimentão utilizadas no experimento (A), transplantio das mudas (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.....	21
<b>FIGURA 6.</b> Sistema de irrigação localizada por gotejamento (A) e sistema de bombeamento com injetor de fertilizante (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.....	22
<b>FIGURA 7.</b> Curvas de retenção da água no solo, para as camadas de 0 a 20 (A), 20 a 40 cm (B) de profundidade do solo do experimento.....	23
<b>FIGURA 8.</b> Determinação da uniformidade de distribuição de água. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.....	24
<b>FIGURA 9.</b> Instalação dos tensiômetros no projeto. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.....	25
<b>FIGURA 10.</b> Tensímetro digital. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.....	26
<b>FIGURA 11.</b> Abrigo meteorológico. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.....	28
<b>FIGURA 12.</b> Aplicação de silicato de potássio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, setembro de 2011.....	29
<b>FIGURA 13.</b> Plantas no período de colheita (A), colheita (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, novembro de 2011.....	30
<b>FIGURA 14.</b> Avaliações de altura (A) e diâmetros de planta (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, setembro de 2011 .....	31
<b>FIGURA 15.</b> Variáveis de produção avaliadas nos frutos. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, dezembro de 2011 .....	32
<b>FIGURA 16.</b> Temperatura do ar no interior do ambiente protegido. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011 a janeiro de 2012.....	34

<b>FIGURA 17.</b> Umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011 a janeiro de 2012.....	35
<b>FIGURA 18.</b> Lâmina aplicada aos primeiros 50 dias após o transplantio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto a setembro de 2011.....	36
<b>FIGURA 19.</b> Lâmina aplicada no período entre 51 a 100 dias após o transplantio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, outubro a novembro de 2011.....	36
<b>FIGURA 20.</b> Lâmina aplicada no período entre 101 a 151 dias após o transplantio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, novembro de 2011 a janeiro de 2012.....	37
<b>FIGURA 21.</b> Total de lâmina de irrigação aplicada ao longo experimento.....	37
<b>FIGURA 22.</b> Altura (cm) de plantas de pimentão, medida aos 20 DAT (dias após o transplantio) e submetidas a quatro tensões de água no solo (-kPa) (nas parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (nas subparcelas).....	40
<b>FIGURA 23.</b> Médias ( $\pm\text{EP}$ ) da altura (cm) de plantas de pimentão, submetidas a quatro tensões de água no solo (-kPa) em função dos dias após o transplantio (DAT).....	41
<b>FIGURA 24.</b> Médias ( $\pm\text{EP}$ ) da altura (cm) de plantas de pimentão, submetidas a três doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) via pulverização foliar, aos 120 dias após o transplantio (DAT).....	42
<b>FIGURA 25.</b> Médias ( $\pm\text{EP}$ ) do diâmetro (mm) de plantas de pimentão, submetidas a quatro tensões de água no solo (-kPa) em função dos dias após o transplantio (DAT).....	44
<b>FIGURA 26.</b> Médias ( $\pm\text{EP}$ ) da área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de plantas de pimentão, submetidas a três doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) via pulverização foliar. ....	46
<b>FIGURA 27.</b> Médias ( $\pm\text{EP}$ ) do comprimento do fruto (A), diâmetro (B), espessura da casca do fruto (C), peso unitário de um fruto (D) e do número de frutos por planta (E) de pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) no decorrer de cinco colheitas a intervalos médios de 17 dias.....	49
<b>FIGURA 28.</b> Médias ( $\pm\text{EP}$ ) do diâmetro de frutos de pimentão, colhidos na 4 <sup>a</sup> colheita e submetidos a três doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) via pulverização foliar..	50
<b>FIGURA 29.</b> Peso unitário do fruto de pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa).....	53
<b>FIGURA 30.</b> Características de qualidade do fruto do pimentão, tais como comprimento (cm) (A), diâmetro (cm) (B), peso unitário (g) (C) e número de frutos por planta (D) em função de cinco colheitas com intervalo de 17 dias.....	55
<b>FIGURA 31.</b> Número (Média $\pm\text{EP}$ ) de frutos comerciais de pimentão, colhidos <i>in natura</i> e classificados em Grandes ( $>120\text{mm}$ ), Médios ( $>90$ e $<120\text{mm}$ ) e Pequenos	

(>60 e <90mm) (A) e número total de frutos comerciais colhidos para cada categoria de tamanho estabelecida em função de diferentes doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) e tensões de água no solo (-kPa) (B).....	57
<b>FIGURA 32.</b> Número (Média±EP) de frutos comerciais de pimentão, colhidos <i>in natura</i> e classificados em Grandes (>120mm), Médios (>90 e <120mm) e Pequenos (>60 e <90mm) em função de cinco colheitas.....	58
<b>FIGURA 33.</b> Número de frutos (Média ± EP) de pimentão com incidência de podridão apical colhidos <i>in natura</i> , em função do fator tensão de água no solo (-kPa) (A) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) (B).....	59
<b>FIGURA 34.</b> Correlação logarítmica entre a incidência da doença podridão apical em frutos de pimentão, colhidos <i>in natura</i> , e tensões de água no solo (-kPa). .....	60
<b>FIGURA 35.</b> Produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) (A), massa seca total de frutos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) (B) do pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) para a primeira colheita.....	61
<b>FIGURA 36.</b> Produção de massa seca de fruto por planta (g) e massa seca total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) de plantas de pimentão, submetida a diferentes tensões de água no solo (kPa) (eixo y) (A) e diferentes doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) via aplicação foliar (eixo Y) (B) para a segunda colheita.....	63
<b>FIGURA 37.</b> Produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) (A) e massa seca total de frutos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) (B) do pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) para a quinta colheita. ....	66
<b>FIGURA 38.</b> Interação entre os efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ de Si) sobre a massa seca do fruto/planta de pimentão, durante todo o período experimental.....	68
<b>FIGURA 39.</b> Relação logarítmica de produção total de pimentão, com diferentes tensões de água no solo (-kPa).....	69
<b>FIGURA 40.</b> Características (Média±EP) de produção do pimentão, em função de cinco colheitas realizadas em intervalos de 17 dias. (A) produção/planta (g), (B) produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), (C) massa seca de fruto por planta (g) e (D) massa seca total de frutos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).....	71

## RESUMO

CANTUÁRIO, FERNANDO SOARES de. Produção de pimentão submetido a estresse hídrico e silicato de potássio em cultivo protegido. 2012. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

O presente estudo avaliou-se a hipótese de que a aplicação de silicato de potássio via foliar, em plantas de pimentão *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) é capaz de reduzir os efeitos negativos do estresse hídrico sob condições de cultivo protegido. A produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e qualidade (índice de área foliar, comprimento, diâmetro, espessura da casca e peso médio dos frutos frescos, massa seca dos frutos, e número de frutos/planta com e sem anomalias) do pimentão foram quantificadas. Plantas de pimentão, cultivar híbrido Magali-R, foram submetidas a quatro tensões de água no solo próximas a -15, -25, -35 e -45 kPa e três doses de silicato de potássio ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) (0,0, 4,3, 8,6  $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) via aplicação foliar. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com parcela subdividida em esquema fatorial 3x4 (doses de silicato de potássio x tensões de água no solo), totalizando 12 tratamentos com quatro repetições. Os valores estipulados de tensões de água no solo compreenderam-se níveis variando desde a suficiente oferta de água à planta até o déficit hídrico e, também, valores intermediários. O manejo das irrigações foi realizado com o auxílio das curvas de retenção de água no solo e tensiômetros. Foram efetuadas semanalmente aplicações de silicato de potássio com auxílio de um pulverizador costal, totalizando 21 aplicações. As aplicações de silicato de potássio via foliar não aumentaram a absorção e o acúmulo de Si nas folhas e frutos de pimentão, porém, houve aumento da área foliar e diminuição da incidência de podridão apical nos frutos. A aplicação de silicato de potássio não mostrou aumento na eficiência no uso da água pela planta e não interferiu na produtividade.

Palavra-chave: *Capsicum annuum* L., Adubação foliar, Silício, manejo da irrigação.

---

<sup>1</sup>Orientador: José Magno Queiroz Luz – UFU.

## ABSTRAT

CANTUÁRIO, FERNANDO SOARES de. Sweet pepper yield submitted to water stress and potassium silicate in greenhouse. 2012. 93p. Dissertation (Masters Degree in Agronomy/Plant Science). Federal University of Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

The present study evaluated the hypothesis that application of potassium silicate on leaf, sweet pepper plants *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) is able to reduce the negative effects of water stress under greenhouse conditions. The yield (kg ha<sup>-1</sup>) and quality (leaf area index, length, diameter, shell thickness and weight of fresh fruits, dry fruits, and number of fruits / plant with and without anomalies) were quantified chili . Sweet pepper plants, hybrid Magali R cultivar, were submitted to four soil water tensions about -15, -25, -35 and -45 kPa and three levels of potassium silicate ( $K_2SiO_3$ ) (0.0, 4, 3, 8.6 kg ha<sup>-1</sup> of Si) via foliar application. The experimental design was randomized blocks with split plot in a 3x4 factorial design (doses of potassium silicate x soil water tension), totaling 12 treatments with four replications. The stipulated values of soil water tension were formed by sufficient levels ranging from enough water supply to the plant to water deficit, and also intermediate values. The management of irrigation was performed with the help of water retention curves for the soil and tensiometers. It was done weekly applications of potassium silicate with the help of a sprayer, a total of 21 applications. The applications of potassium silicate foliar did not increase uptake and accumulation of Si in the leaves and fruits of sweet pepper, however, there was an increased leaf area and decreased incidence of blossom end rot disease in fruit. The application of potassium silicate showed no increase in efficiency in the use of water by plant and did not interfere in the yield.

Keyword: *Capsicum annuum* L., application foliar, silicon, irrigation management.

---

<sup>1</sup>Adviser: José Magno Queiroz Luz – UFU.

## **1. INTRODUÇÃO**

O estresse hídrico é considerado o principal fator ambiental limitante na produção agrícola em todo mundo, pois a produtividade das plantas depende da disponibilidade suficiente de água para seu pleno desenvolvimento. Este estresse é considerado um dos mais sérios problemas na agricultura causando redução severa na produtividade e qualidade dos produtos agrícolas. Atualmente, um dos desafios da agricultura é a manutenção da produtividade e qualidade dos produtos agrícolas sob deficiência hídrica nos seus diversos setores, destacando-se a olericultura.

Um dos principais fatores da baixa produtividade em hortaliças é a falta de água, pois cerca de 80 a 95% da massa fresca das hortaliças é composta de água e os 5 a 20% restantes são produzidos via fotossíntese, havendo também necessidade de água (YAMAGUCHI, 1983). Diversos trabalhos corroboram com essa afirmação (CANUTO et al., 2003; SILVA et al., 2003; PUIATTI; FINGER, 2005; BERNARDO et al., 2006).

No caso do pimentão, que está entre as dez hortaliças de maior importância econômica no mercado hortifrutigranjeiro, tanto em valor quanto em volume comercializado, sendo cultivado em todo o território nacional Echer e outros (2002); Filgueira (2008) e sendo responsável anualmente por cerca de 13 mil hectares de área cultivada e produção anual próxima a 290 mil toneladas de frutos Souza e outros (2011) dentre os fatores que limitam sua produtividade, destacam-se a deficiência hídrica, uma vez que essa hortaliça apresenta os processos de floração, crescimento e maturação dos frutos simultaneamente, exigindo um suprimento constante e adequado de água.

A descoberta do uso de Si como um composto capaz de reduzir efeitos negativos dos estresses abióticos em plantas desperta o interesse pelo seu uso no controle ou amenização dos efeitos maléficos causados pela deficiência hídrica na agricultura, uma vez que o mesmo aplicado via foliar pode criar uma barreira mecânica da epiderme aumentando a resistência à seca. O interesse em utilizar o Si via adubação foliar no presente trabalho foi o de avaliar as vantagens que essa técnica tem proporcionado seja pela sua praticidade, possibilidade de utilização de doses menores e também pela sua adaptabilidade ao equipamento normalmente utilizado pelos produtores. É importante ressaltar que a aplicação foliar de Si também apresenta desvantagens, como a baixa absorção pela planta, pouca oferta de produtos solúveis no mercado, dificuldade de mistura em solução com outros fertilizantes e risco de toxidez.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a hipótese de que a adubação silicatada aplicada via foliar na cultura do pimentão pode atenuar os efeitos negativos do estresse hídrico na produção e qualidade dos frutos, uma vez que a interação do silício com o pimentão, e sua eficácia, ou não, em atenuar os efeitos do estresse hídrico ainda são incipientes devendo ser estudada.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Cultura do pimentão (*Capsicum annuum L.*)

O pimentão (*Capsicum annuum L.*), pertencente à família das Solanáceas é uma planta perene, porém cultivada como cultura anual (FILGUEIRA, 2008). É tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestre no México, América Central e América do Sul (SOUZA et al., 2011). Os maiores produtores são o México, Estados Unidos, Itália, Japão, Índia e Brasil (SILVA et al., 1999; NANNETTI, 2001).

No Brasil, o pimentão está entre as dez hortaliças de maior importância econômica no mercado hortifrutigranjeiro, tanto em valor quanto em volume comercializado, sendo cultivado em todo o território nacional (ECHER et al., 2002; FILGUEIRA, 2008). O cultivo de pimentão é uma atividade altamente significativa para o setor olerícola brasileiro, sendo responsável anualmente por cerca de 13 mil hectares de área cultivada e produção próxima a 290 mil toneladas de frutos (SOUZA et al., 2011). As maiores áreas de produção estão localizadas no Sudeste, sendo com isso a principal região produtora do país (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2011; SOUZA et al., 2011). É uma cultura de retorno rápido aos investimentos, visto o curto período para o início da produção, por isto é largamente explorada por pequenos e médios horticultores (MARCUSSI e VILLAS BÔAS, 2003).

A planta de pimentão é arbustiva, com caule semi lenhoso, que pode ultrapassar 1m de altura. As raízes podem atingir até 1m de profundidade, havendo pouco desenvolvimento lateral. Suporta uma carga leve de frutos, mas exige tutoramento quando a produtividade é elevada (FILGUEIRA, 2008). As Flores são isoladas, pequenas e hermafroditas. É uma planta autógama, embora a taxa de cruzamento possa ser elevada, dependendo da ação de insetos polinizadores (FILGUEIRA, 2008). O fruto é uma baga oca de formato cônico, cilíndrico ou cúbico. Além de cultivares de frutos de cores verdes e vermelhos, quando maduros, existe larga gama de híbridos coloridos, em cores que variam do marfim ao púrpuro, passando pelo creme, amarelo e laranja (SOUZA et al., 2011) . São consumidos no Brasil principalmente os frutos na forma imatura (verdes) e em menor escala (vermelhos, amarelos ou outras cores) também são utilizados na indústria alimentícia e na produção de pigmentos (corantes) (SHOGWE et al., 2010; SOUZA et al., 2011).

Sendo uma planta de origem tropical e sub-tropical, necessita de temperatura moderadamente elevada durante seu ciclo (FILGUEIRA, 2008). Segundo Siviero e

Bernardoni (1990) e Pereira (1990) à faixa ideal da temperatura do ar, na planta adulta, deve variar entre 16 a 30° C. O fator climático limitante é a baixa temperatura, principalmente durante a germinação, emergência e o desenvolvimento das mudas, as quais são produzidas mais vantajosamente sob casa de vegetação (FILGUEIRA, 2000). As temperaturas favoráveis variam de 26 a 30 °C. Porém, temperaturas inferiores a 15 °C tornam-se limitantes, afetando todas as fases da cultura. O calor excessivo também é prejudicial, sendo que acima de 35 °C pode ocorrer queda de flores (TIVELLI, 1998; FILGUEIRA, 2000).

Segundo Filgueira (2008) o fotoperíodo não é um fator limitante à cultura, pois ocorrem floração e frutificação em qualquer período de luz. Entretanto, a planta é de dia curto facultativo, ou seja, o florescimento, a frutificação e a maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos favorecendo a produtividade.

As baixas temperaturas do solo também afetam o desenvolvimento inicial da planta (CERMEÑO, 1990; RYLSKI et al., 1994; FILGUEIRA, 2008). A faixa de pH da solução do solo entre 5,5 a 6,8 é a mais favorável para o pimentão, cultura que apresenta certa tolerância à acidez, comparada com outras solanáceas (FILGUEIRA, 2003; SOUZA et al., 2011 ).

As exigências nutricionais da cultura do pimentão em termos de absorção de macronutrientes segue ordem decrescente: K, Ca, N, Mg, S e P (FILGUEIRA, 2003). No caso de micronutrientes as quantidades requeridas de boro, manganês, cobre e zinco são pequenas, podendo causar toxicidade às plantas se forem aplicados em excesso (HOCHMUTH, 2003).

Cada nutriente tem sua função específica no crescimento e desenvolvimento vegetal. Fernandes (1971) mostra que os nutrientes mais absorvidos pelos frutos de pimentão são o nitrogênio e o potássio. Segundo Malavolta et al. (1997), o nitrogênio tem a função de estimular a formação e o desenvolvimento das gemas vegetativas e produtivas, além de participar da absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. O sintoma visual da deficiência do nitrogênio é um característico amarelecimento das folhas velhas. De acordo com Faquin (1994) o potássio é responsável pela ativação enzimática, apresentando função de osmoreregulação, na fotossíntese e no transporte de carboidratos. Os sintomas visuais de deficiência são queimaduras nas margens das folhas mais velhas, pecíolos mais curtos e mais rígidos, internódios mais curtos e caules mais finos.

Em geral, doses altas de potássio podem causar queda na produção e qualidade dos frutos, devido à competição com o Ca e Mg pelo sítio de absorção, desbalanço nutricional e dificuldade de absorção de água pela planta ( MARSCHNER, 1995). A deficiência de K pode provocar redução na produtividade (FREITAS, 2009).

O crescimento inicial da planta de pimentão é lento até aproximadamente 60 dias após o transplante das mudas, intensificando-se no período de florescimento e acentuando-se mais ainda durante a frutificação. Nestas fases as plantas apresentam um aumento exponencial de massa da matéria seca (MARCUSSI; VILLAS BÔAS, 2000). Do transplantio das mudas até 75 dias, a cultura do pimentão apresenta um crescimento lento com baixa extração de nutrientes. Passado este período e até 90 dias após o transplante, ocorre expressivo aumento no crescimento, coincidindo com o período de maior absorção de nutrientes.

Há ocorrência de anomalias fisiológicas de origem não parasitária que afetam os frutos e a planta de pimentão. Dentre elas destacam-se a podridão apical (podridão-estilar ou fundo preto) e a escaldadura (queima dos frutos pelo sol) que causam diminuição e depreciação dos frutos colhidos. A escaldadura ocorre quando o fruto é exposto à luz solar intensa, próximo ao período de colheita. A região afetada torna-se esbranquiçada e enrugada, as principais causas são ataques de pragas e doenças e a falta de água na fase de produção, em virtude da redução da cobertura foliar (FILGUEIRA, 2003; SOUZA et al., 2011 ). A podridão apical caracteriza-se por uma mancha negra, dura e seca na extremidade apical, bem visível desde a formação dos frutos, causada pela deficiência de Cálcio (Ca). Segundo Vale et al. (1995); Filgueira (2008) e Souza et al. (2011) são comuns os sintomas dessa anomalia em condições de desequilíbrio nutricional, deficiência de Ca na solução do solo e na planta e deficiência hídrica.

A cultura do pimentão é altamente exigente de água, sendo a disponibilidade hídrica no solo próximo a capacidade de campo, a condição ideal para seu desenvolvimento (LIMA et al., 2006). A produtividade da planta do pimentão varia de 25 a 45 t ha<sup>-1</sup> no sistema tradicional, em campo, sob irrigação por sulco (SOUZA et al., 2011 ). Mas nas últimas décadas, o sistema de cultivo protegido em casas de vegetação, usando fertirrigação por gotejamento e utilizando um manejo adequado, tem proporcionado produtividades superiores (FILGUERA, 2008; SOUZA et al., 2011). Estima-se que dos 13 mil ha de área cultivada no Brasil, 1.000 ha sejam destinados ao cultivo protegido (BLAT et al., 2007).

## **2.2 Cultivo protegido**

O cultivo em ambiente protegido minimiza os efeitos da variabilidade ambiental, melhorando o desenvolvimento dos cultivos. Além de controlar total ou parcialmente os fatores climáticos, protege os cultivos e favorece o crescimento das plantas de pimentão. Ao ser utilizado em pequenas áreas, pode-se produzir pelo menos uma vez e meia ou o dobro da produção de áreas não protegidas, possibilitando ainda a oferta constante de hortaliças (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2007).

O cultivo protegido é uma das técnicas da agricultura moderna, muito utilizada para viabilizar o cultivo fora de época, diminuir custos e aumentar a produtividade, juntamente com as novas tecnologias aplicadas à área de irrigação, como a fertirrigação, que tem propiciado bons resultados (FACTOR et al., 2008).

A temperatura e a umidade relativa do ar são diferentes no ambiente protegido. Observa-se valores médios de temperatura do ar, ligeiramente maiores no interior da estufa plástica (FARIAS, et al., 1993b; Cunha e Escobedo, 2003), em torno de 1 a 3°C superiores aos observados em abrigo meteorológico de uma estação meteorológica convencional (DALMAGO, et al., 1994). A umidade relativa do ar dentro de estufas plásticas é variável. Segundo Tubelis e Nascimento (1988), a umidade relativa é inversamente proporcional à temperatura do ar. Portanto, durante o período diurno, com o aumento da temperatura do ar, a umidade relativa do ar diminui no interior da estufa. No final da tarde e a noite, com o decréscimo da temperatura, a umidade relativa do ar aumenta.

No cultivo em ambiente protegido, a irrigação é imprescindível e o manejo inadequado do sistema de irrigação e da cultura pode inviabilizar o processo produtivo. Diversos autores têm comprovado que a irrigação promove aumento na produtividade de diversas hortaliças (CARVALHO et. al., 2004; VILAS-BOAS et al., 2008; DERMITAS; AYAS, 2009; ZENG et al., 2009; BILIBIO et al., 2010). Porém, o manejo do sistema de irrigação deve propiciar condições adequadas para potencializar o desenvolvimento e a produtividade das culturas, além do que o manejo racional de um projeto de irrigação deve possibilitar maximização na eficiência do uso da água e minimizar os custos de investimento e operacionais, de forma que a atividade se torne economicamente viável e sustentável.

Nesse contexto, o cultivo de hortaliças em ambiente protegido vem sendo muito difundido entre os produtores, entre as quais o pimentão assume cada vez mais importância, sendo uma das olerícolas mais cultivadas nesse ambiente, devido à

qualidade dos frutos produzidos e por permitir a produção em diferentes épocas, alcançando maiores preços no mercado (MELO, 1997; SCIVITTARO et al., 1999; FIGUEREDO et al., 2004). Porém, no Brasil há escassez de técnicos para atuar na área e a deficiência de resultados de pesquisas sobre o comportamento agronômico de hortaliças sob cultivo protegido é hoje um dos motivos que mais limitam seus avanços na agricultura nacional (PANELO, 1995; FILGUEIRA, 2008). De acordo com Tivelli (1998), há regiões que registram fracasso de cerca de 70% a 80% dos produtores, por volta do segundo ano de exploração em ambiente protegido. Parte desse insucesso é explicado pela falta de pesquisas em manejo da irrigação.

### **2.3 Irrigação e fertirrigação**

A agricultura irrigada é considerada o ramo de atividade que mais consome água no planeta, sendo a ela atribuída o uso de 72% da água doce total consumida. No Brasil estima-se que este consumo é de 63%. Por isso, é de fundamental importância a adoção de mecanismos que favoreçam o aumento da eficiência do uso da água, sem que a produtividade das culturas seja afetada. Associada ao uso racional deste recurso, a busca por manejos que viabilizem a produção ecologicamente correta e sustentável de alimentos tem sido constante preocupação dos vários segmentos da sociedade envolvidos no processo de produção. O uso de água pelas plantas e, portanto, todos os processos fisiológicos, estão diretamente relacionados ao seu status no sistema solo-água-planta-clima; sendo assim, o conhecimento das inter-relações entre esses fatores é fundamental para o planejamento e a operação de sistemas de irrigação, para se obter máxima produção e boa qualidade do produto (TRANI e CARRIJO, 2004). Mesmo assim, o emprego de sensores de solo, tanto para indicar o momento quanto para a quantidade de água a aplicar, mostra-se como uma alternativa viável, sendo de baixo custo e de relativa praticidade (FIGUÊREDO, 1998).

Dentre os sistemas de irrigação destaca-se o gotejamento, por otimizar o uso da água e proporcionar inúmeras vantagens. É um método que foi introduzido na olericultura brasileira durante a década de 1990 e tende a substituir os demais métodos de irrigação em certas situações, devido à notável economia em água proporcionada e à elevada eficiência na irrigação (FILGUEIRA, 2008). O uso de métodos e manejos eficientes de irrigação, associado ao controle e incremento dos fertilizantes contribui para o sucesso da olericultura.

Nos últimos anos, além da forma tradicional de aplicação de nutrientes tem sido adotada a fertirrigação, que permite aplicar fertilizantes, junto à irrigação. Nesta, uma das vantagens mais significativas é a eficiência de absorção de nutrientes pela planta, uma vez que a técnica torna estes nutrientes prontamente disponíveis na solução do solo, fáceis de serem absorvidos (MARCUSSI, 2005). Tal uniformidade de distribuição dos nutrientes está diretamente relacionada com o coeficiente de ‘uniformidade da água de irrigação (TRANI; CARRIJO, 2004).

Lopez (2000) afirma que a fertirrigação bem planejada possibilita o uso mais eficiente da água e dos nutrientes por ela carreados, proporcionando assim a redução do acúmulo de sais no solo e de desequilíbrios hídricos e nutricionais, bem como a lixiviação de nutrientes capazes de atingir o lençol freático, eutrofizando os cursos d’água.

A reposição de água e nutrientes é essencial para o desenvolvimento adequado da planta e obtenção de produtividade satisfatória, na quantidade ideal e no momento oportuno (NANETTI et al., 2000).

Dentre os principais tratos culturais utilizados na cultura do pimentão encontram-se, a irrigação e a fertirrigação, pois, entre os fatores que limitam sua produtividade, destacam-se a disponibilidade de água e de nutrientes minerais, uma vez que essa hortaliça apresenta os processos de floração, crescimento e maturação dos frutos simultaneamente, exigindo um suprimento constante e adequado de água e nutrientes para atingir seu potencial de produção (SILVA et al., 2000; LIMA et al., 2006). Segundo Filgueira (2008), deve-se manter o solo junto às raízes com 80% de água útil, sendo esse teor elevado na época de frutificação e colheitas.

## **2.4 Necessidade hídrica da cultura do pimentão**

Para Silva et al. (2000) as necessidades totais de água pela cultura do pimentão são da ordem de 600mm a 900mm. Dermatas e Ayas (2009), trabalhando com pimentão cultivado em casa de vegetação e irrigado por gotejamento, verificaram que a maior produtividade ( $24 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi obtida no tratamento que recebeu a maior lâmina (724 mm). Em contrapartida, Karan et al. (2009) observaram maior produtividade ( $31,9 \text{ t ha}^{-1}$ ) com lâmina de 427mm para a mesma cultura. A diferença na produtividade, verificada pelos autores, pode ser devida à cultivar utilizada ou mesmo à época e local em que os experimentos foram conduzidos. O efeito de três lâminas de irrigação (50, 75 e 100% da ETc) e dois métodos de plantio na cultura do pimentão foi avaliado por Gadissa e

Chemeda (2009) que verificaram que a produtividade, o número de frutos por planta e a altura das plantas, foram maiores nos tratamentos irrigados com lâmina equivalente a 100% de ETc. Segundo Carvalho et al. (2011) em análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido a máxima produtividade foi de  $35.300 \text{ kg ha}^{-1}$  com a aplicação de 443,9 mm e a lâmina ótima econômica foi estimada em 443,5 mm. Os maiores retornos econômicos são obtidos mantendo a cultura com umidade próxima da capacidade de campo, repondo integralmente a quantidade de água consumida. A maior eficiência no uso da água foi estimada em  $74,76 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , com a aplicação de 334,1 mm.

A faixa ótima de potencial mátrico da água no solo para o pimentão, cultivado em condições de campo e irrigado por gotejamento, foi estudada por Wierenga e Saddiq (1985). Observaram que os maiores rendimentos foram obtidos para potenciais entre -15 e -25 kPa na camada de solo de 0 a 0,60 m de profundidade. Avaliando o efeito da irrigação localizada em pimentão cultivado em casa de vegetação, Sirjacobs e Slama (1983) relatam que a máxima produtividade de frutos foi obtida quando o potencial mátrico foi mantido entre -15 e -35 kPa na camada de solo de 0 a 30cm. Segundo Frizzzone et al. (2001) a maior produtividade de frutos foi obtida para manejo da irrigação ao potencial mátrico de -15 kPa, controlado a 0,15 m de profundidade até os 56 dias após o transplantio, e 0,40 m após os 56 dias.

Mostrando que a cultura do pimentão é muito exigente em nutrição e sensível a variação de água no solo durante todo seu ciclo, adubação insuficiente ou déficit hídrico podem acarretar queda na produtividade e qualidade dos frutos.

## 2.5 Déficit hídrico em plantas

A baixa disponibilidade hídrica é atualmente o principal fator ambiental que limita o crescimento e a produtividade de plantas em todo mundo, e as mudanças climáticas globais provavelmente contribuirão para que a falta de água se torne um fator de restrição ainda maior da produção em diversas áreas (CHAVES et al., 2003; HAMDY et al., 2003; SOUZA et al., 2011).

A deficiência hídrica é um dos principais fatores causadores de estresse nas culturas e responsável por alterações nas características de crescimento e produção das plantas. Cordeiro e Sá (2001) referem-se ao estresse em plantas como uma situação fisiológica induzida quando ocorre intensa ou constante variação do meio ambiente, alterando o padrão fisiológico e adaptativo normal da planta.

Para Chaves (1991), a extensão dos efeitos do déficit hídrico nas espécies vegetais depende de sua intensidade e duração e da capacidade genética das plantas em responder às mudanças do ambiente. Segundo Kelling (1995), o efeito do déficit hídrico sobre a produção das culturas está vinculado ao período de ocorrência durante o desenvolvimento das plantas.

Todos os processos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos, causada pela excessiva demanda evaporativa e/ou limitado suprimento de água. A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree e Fernández (1989) e Taiz e Zeiger (1991), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Segundo Nogueira et al. ( 2005) como consequência da deficiência hídrica, verifica-se uma desidratação do protoplasto, diminuição da turgescência, sendo o processo de crescimento o primeiro a ser afetado. A redução na atividade fotossintética pela redução na assimilação de CO<sub>2</sub> e a senescência das folhas são também indicadores do efeito do déficit hídrico de uma cultura (FAVER et al., 1996). De acordo com Hoogenbomm et al. (1987); Kulkarni e Phalke (2009) em condições de déficit hídrico há maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do solo.

Davies e Zhang (1991) sugerem que há evidências de sinais químicos das raízes que agem diretamente no comportamento dinâmico dos estômatos em condições de déficit hídrico no solo. Segundo Zeevaart e Creelman (1988) em condições de déficit hídrico ocorre uma rápida redistribuição e acumulação do ácido abscísico (ABA) nos tecidos da planta. Taiz e Zeiger (1998) relacionam as reduções do crescimento em plantas sob deficiência hídrica, principalmente com aumento da síntese de ácido abscísico (ABA) e etileno, inibição da síntese e distribuição de auxina e redução na taxa de fotossíntese, além de alterações bioquímicas à nível de parede celular (BRAY, 1997). O ABA pode influenciar as respostas da planta ao déficit hídrico por regular as características morfológicas das plantas (TUBEROSA et al., 1994). De acordo com Davis e Zang (1991), um dos efeitos do ABA é aumentar o sistema radicular em detrimento a parte aérea das plantas em condições de estresse hídrico.

A tolerância das plantas a condições desfavoráveis, principalmente em relação ao déficit hídrico, tem sido associada ao acúmulo de prolina, o que pode representar um mecanismo regulador de perda de água mediante a redução do potencial hídrico celular (FUMIS et al., 2002).

A prolina é um aminoácido sintetizado a partir do glutamato e da arginina sob condições fisiológicas normais, sendo o glutamato o caminho preferencial sob condições de estresses hídrico (CHEN e KAO, 1993). Esse aminoácido teria a função de proteger as células dos processos de desnaturação sob condições de estresse hídrico e salino, devido à alta solubilidade em água (SHEVYAKOVA, 1984). A prolina é acumulada no citoplasma (Leigh et al., 1981) ocorrendo em folhas, colmos e raízes.

Vários trabalhos relacionam estresse hídrico com o teor de prolina, como em arroz Dingkuhn et al. (1991) e Lima et al. (2004), trigo Fumis (1996) e feijão (SAWAZAKI et al., 1981a;b; ROSSI et al.; 1997; GUIMARÃES, 2001). No entanto, existem na literatura contradições em relação à função do acúmulo de prolina em plantas submetidas a estresse (DINGKUHN et al., 1991; SASILAKA e PRASAD,; LIMA et al., 2004). Alguns autores afirmam que a prolina teria funções ligadas a processos de adaptação ao déficit hídrico Singh et al. (1973) contudo outros apontam a prolina como indicador de estresse (BECKER e FOCK, 1986). Apesar de não haver claras evidências de maior acúmulo de prolina em espécies tolerante que em espécies sensíveis Greenway e Munns (1980), em alguns casos este mecanismo parece fazer parte do processo de proteção contra o estresse hídrico (CRUSCIOL et al., 2009).

O declínio da disponibilidade de água para irrigação e os resultados positivos obtidos em algumas culturas, aumentaram o interesse no desenvolvimento de informações sobre irrigação deficitária (DORJI et al., 2005; WAKRIM et al., 2005; FERERES e SORIANO, 2007). Nesta conformidade, o déficit hídrico pode trazer vantagens com a diminuição dos custos da irrigação, economia de água e, consequentemente, no que se refere ao meio ambiente.

## 2.6 Déficit hídrico na cultura do pimentão

A deficiência de água é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de elevadas produtividades, principalmente no cultivo de hortaliças em ambiente protegido ou em campo (ANTHONY e SHINGANDHUPE, 2004; KIRDA et al., 2004; GUANG-CHENG et al., 2008; PATANÈ e COSENTINO, 2010). Segundo Lima et al. (2006); Souza et al. (2011) o pimentão é altamente sensível a deficiências hídricas, resultando em crescimento reduzido e desuniformidade dos frutos, também ocorrendo diminuição considerável do peso dos frutos (SEZEN et al., 2006). Para Silva et al., (2000) as plantas apresentam períodos em que a falta de água ocasionam quedas pronunciadas na produtividade e na qualidade do produto colhido. Já em outros períodos, déficits

hídricos moderados não afetam significativamente a produção. Segundo Souza et al. (2011) a falta de água durante a floração causa redução do pegamento dos frutos, enquanto durante as fases iniciais de frutificação pode restringir a translocação de nutrientes como o cálcio e reduzir a cobertura foliar das plantas de pimentão. Essa deficiência hídrica pode contribuir para o surgimento de anomalias fisiológicas, como a podridão apical e escaldadura, causando perdas significativas na qualidade e produção dos frutos (HARTZ et al., 2008; FILGUEIRA, 2008; SOUZA et al., 2011).

Diversos autores, em todo o mundo, vêm demonstrando vantagens da utilização do Silício (Si) não apenas na nutrição de plantas, mas também como elemento de proteção vegetal contra fatores causadores de estresse como, por exemplo, o déficit hídrico.

## 2.7 Silício na agricultura

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, 27% em massa, superado apenas para o oxigênio. É encontrado apenas em formas combinadas, como a sílica e minerais silicatados. Esse elemento, utilizado como fertilizante, é utilizado em vários países, como o Brasil, Japão, Maurícius, EUA e atualmente começou a ser também usado na Austrália e África do Sul (KORNDÖRFER e OLIVEIRA, 2010).

Embora o silício (Si) não seja considerado um elemento essencial para a maioria das plantas, os benefícios da fertilização silicatada têm sido estudados em diversas espécies cultivadas Richmond e Sussman (2003), Epstein e Bloom (2006), Ma e Yamaji (2008) por promover melhor desenvolvimento em plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas (REIS et al., 2007; RODRIGUES, 2008).

O Si é um elemento que confere às plantas maior resistência a estresses bióticos e abióticos (GOTO et al., 2003; ROMERO-ARANDA et al., 2006; HATTORI et al., 2007; CÔTÉ-BEAULIEU et al., 2009; SAVVAS et al., 2009; HASHEMI et al., 2010). A absorção de Si ocorre por difusão passiva e também com a participação de transportadores localizados na exoderme e endoderme das raízes Mitani e Ma (2005) e Ma e Yamaji (2008), sendo o conteúdo acumulado variável de acordo com a espécie (EPSTEIN e BLOOM, 2006; MA e YAMAJI, 2006). Com base na relação Si:Ca, as plantas podem ser classificadas como acumuladoras, quando essa relação for maior que 1,0; intermediárias, entre 0,5 e 1,0; e não acumuladoras, quando menor que 0,5 (Ma et al., 2001). Em geral, as plantas acumulam entre 1 e 10 % de Si na matéria seca Ma e

Yamaji (2006), e a maior parte do Si nas plantas concentra-se na parede celular, tendo função no suporte e sustentação da planta Reis et al. (2007), podendo ser encontrado também no citoplasma das células (HEINE et al., 2005). Os teores de Si nas folhas do pimentão variam entre 0,21 e 0,25 % e nos frutos de 0,45 a 0,52 %, sendo essa espécie considerada não acumuladora de silício (TONIN, 2005).

O efeito benéfico do Si no acúmulo de fitomassa em plantas cultivadas está associado a alterações na estrutura das plantas, permitindo, por exemplo, a melhor captação de energia solar e redução do acamamento. Embora ainda seja desconhecida a função do Si no metabolismo vegetal conforme Epstein e Bloom (2006), postula-se que o Si solubilizado na planta tem papel na síntese de moléculas de defesa em plantas (RODRIGUES et al., 2004; MA e YAMAJI, 2008). O Si pode estimular o crescimento e a produção vegetal indiretamente, causando aumento no teor de clorofila nos tecidos foliares, alterando a arquitetura das plantas, tornando-as mais eretas e evitando o autossombreamento excessivo, atrasando a senescência, aumentando a rigidez estrutural dos tecidos e protegendo as plantas de agentes bióticos e abióticos (MARSCHNER, 1995; EPSTEIN e BLOOM, 2006; MA e YAMAJI, 2008).

## 2.8 Silício como provedor de resistência ao estresse hídrico

Para Korndörfer et al. (2003) a acumulação de silício nos órgão de transpiração provoca a formação de uma dupla camada de silício a qual, devido a redução da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor, concordando assim com Faria (2000) ao afirmar que quanto maior o teor de Si na planta, maior a capacidade desta em tolerar a falta de água.

Os efeitos benéficos do Si, relatados por Korndörfer (2002) podem ser divididos em dois grupos: físico e fisiológico. Os benefícios físicos estão relacionados ao acúmulo do Si na parede celular das plantas, reduzindo a perda de água, melhorando a arquitetura das plantas e barreira física a penetração de fitopatógenos e insetos (BOWEN et al., 1992; SAMUELS et al., 1993; EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995; DATNOFF et al., 1997; POZZA e POZZA, 2003; SANTOS, 2005). Segundo Ma e Yamaji (2006) a maioria dos efeitos benéficos do Si em reduzir o estresse hídrico é atribuída à deposição de Si na parede celular de raízes, folhas e caules. Essa deposição aumenta a resistência e rigidez das paredes celulares, reduz a transpiração cuticular e aumenta a resistência ao acamamento e a seca. O silício pode promover resistência das plantas a condições de estresse salino e falta de água, isso acontece provavelmente para garantir a integridade e

estabilidade da membrana celular (ZUCCARINI, 2008). O acúmulo de Silício (Si), segundo Yoshida et al. (1959), proporciona uma proteção mecânica da epiderme aumentando a resistência à seca. Horiguchi (1988) e Agarie et al. (1998) encontraram menor taxa de transpiração em plantas de arroz que cresceram com Si. Dessa forma, há fortes indícios de que o Si acumulado nas lâminas foliares forma uma dupla camada de sílica-celulose, conferindo diminuição da permeabilidade ao vapor de água, limitando a perda de água através da cutícula (YOSHIDA et al., 1962). Estudos correlacionam a diminuição da transpiração do arroz com a aplicação de Si por Ma et al. (2001) pelo fato particular dessa planta possuir uma cutícula delgada que, com aplicação de sílica, diminui significativamente a transpiração celular.

Em condições de seca, a aplicação de Si atenuou os efeitos do estresse, sendo associado a um aumento na capacidade de defesa antioxidante (LIANG et al., 2003; ZHU et al., 2004). Segundo Pulz (2007) e Cruscuiol et al. (2009) a deficiência hídrica na cultura da batata e uso de Silício proporcionou aumento nos teores de prolina, redução nos teores de açúcares solúveis e proteínas nas folhas, bem como redução no acamamento das hastes, aumento da produtividade de tubérculos e aumento na eficiência da água.

Muitos estudos têm mostrado que a transpiração das folhas de algumas plantas é reduzida consideravelmente pela aplicação de Si (AGARIE et al., 1998). Postulou-se que o efeito pode ser devido à redução na taxa de transpiração através do engrossamento da cutícula decorrente da deposição de sílica. Por outro lado, Hattori et al. (2005) observou maior taxa de transpiração, condutância estomática e acúmulo de matéria seca em plantas de sorgo submetidas à deficiência hídrica, quando supridas com Si, em relação à não supridas. Estes autores sugeriram que o efeito do Si em aumentar a tolerância do sorgo à deficiência foi resultado do aumento da capacidade da planta em absorver água do solo. Segundo Lima Filho (2005) em condições de estresse hídrico, plantas suplementadas com silício mantêm maior teor e potencial hídrico e área foliar, além disso, apresentam folhas grossas e densas.

Trabalhos realizados por Carvalho (2000) e Carvalho et al. (2002) usando adubação silicatada, demonstram a redução da podridão apical nos frutos de tomate com aumento da dose aplicada deste, provavelmente devido ao maior fornecimento de cálcio nos frutos. Além disso, este elemento promove uso mais eficiente da água, diminuindo a competição por cálcio pela transpiração foliar.

Os depósitos de sílica nos tecidos foliares promovem a redução na taxa de transpiração (DAYANANDAM et al., 1983). Horiguchi (1988) e Agarie et al. (1998) encontraram menor taxa de transpiração em plantas de arroz que cresceram com Si. Em ambientes como, por exemplo, da vegetação do Cerrado, o acúmulo de silício nos órgãos de transpiração provoca a formação de dupla camada de sílica (Oliveira e Castro, 2002), que causa redução da transpiração por diminuir a abertura dos estômatos, limitando a perda de água (FARIA, 2000). Além do efeito na transpiração, o acúmulo de silício torna as folhas mais eretas e rígidas e com maior interceptação da luz, aumentando assim a eficiência fotossintética Marchner (1995) e Gonçalves (2009) e o uso da água e da luz (NWUGO e HUERTA, 2008). Um fator a salientar é a importância da escolha da fonte, da forma e da dosagem a ser aplicada de silício, para potencializar seus efeitos.

## **2.9 Potencial de utilização de silicatos solúveis foliar**

Diversos trabalhos demonstram a eficiência na aplicação de Si via solo e na solução hidropônica para plantas mono e dicotiledôneas no que se refere à resistência contra patógenos, anomalias fisiológicas, seca e também no incremento na produtividade (LIANG et al., 2005; LUZ et al., 2006; NOLLA et al., 2012). A aplicação de Si via solo tende a aumentar a atividade de enzimas que conferem proteção ao hospedeiro contra patógenos Liang et al. (2005) em comparação com pulverizações foliares (GUÉVEL et al., 2007). Segundo Rodrigues et al. (2010) a aplicação foliar de Si não foi capaz de aumentar a atividade das enzimas envolvidas na resposta de defesa de plantas de feijão contra o ataque do fungo *Pseudocercospora griseola*. Por outro lado, trabalhos comprovam a eficiência das pulverizações foliares contra fatores causadores de *stress*, de caráter biótico e abiótico, pelo fato desse mineral acumular-se na superfície foliar servindo como barreira física ou possível causador de efeito osmótico (MENZIES et al., 1992; BUCK et al., 2008; RODRIGUES et al., 2010).

As aplicações foliares de fontes de silicato solúveis têm sido foco de várias pesquisas, devido a sua praticidade, possibilidade de utilização de doses menores e por causa da adaptabilidade ao equipamento normalmente utilizado pelos produtores. Existem várias fontes de Si empregadas na agricultura atualmente. Os silicatos solúveis são fontes obtidas da fusão da sílica ( $\text{SiO}_2$ ) com hidróxidos ou carbonatos de sódio ou potássio em fornos pressurizados. Desse modo são obtidas as principais fontes de silicatos solúveis que são os silicatos de sódio e potássio. No entanto, a partir do

Decreto-Lei nº 4.945, que regulamenta a Lei nº 6.894 de 16.01.1980, aprovada em 14.01.2004, apenas a comercialização e a utilização da fonte solúvel silicato de potássio na agricultura foram regulamentadas (REIS et al., 2007).

O uso do Si solúvel, na forma de silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ), tem gerado resultados satisfatórios quanto ao aumento na produção vegetal em soja, milho, batata, café e morango (Rodrigues et al., 2007a; Rodrigues et al., 2007b; Merrighi et al., 2007; Luz et al., 2010) não apenas por diminuir a transpiração foliar, mas também por aumentar a eficiência no uso de nutrientes imóveis como o cálcio, ferro, zinco, manganês e cobre o que propicia, inclusive, maior resistência ao ataque de pragas e doenças (RODRIGUES et al., 2007b). Esses resultados são bastantes promissores mesmo em culturas que não são acumuladoras desse elemento. Algumas espécies de plantas, tais como o tomateiro e a videira, são pouco capazes de transportar Si do sistema radicular para a parte aérea. Entretanto, Menzies et al. (1992) e Bowen et al. (1992) demonstraram que o Si (silicato de potássio) aplicado via foliar pode ser benéfico pela criação de uma barreira física sobre a parte aérea da planta ou indução da acumulação de fenóis e/ou outros mecanismos de defesa.

Contudo, a interação do silício com a cultura do pimentão, que segundo Tonin (2005) absorve pouco esse elemento do solo, e sua eficácia, ou não, em atenuar os efeitos negativos do estresse hídrico ainda são incipientes e deve ser estudada.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área experimental

O experimento foi realizado na área experimental da Unidade Educacional de Produção (UEP) de Olericultura do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Câmpus Urutaí - GO, localizado na Fazenda Palmital – Rodovia Geraldo Silva Nascimento Km 2,5, Zona rural, município de Urutaí, estado de Goiás, cujas coordenadas geográficas são 17°29'10" S de latitude e 48°12'38" O de longitude a 697m de altitude (Figura 1).



Acessória de comunicação do IF Goiano , 2008

**FIGURA 1.** Instituto Federal Goiano Câmpus Urutaí – GO, Julho de 2011.

#### 3.2 Caracterizações da casa de vegetação

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo arco simples, com orientação Leste-Oeste e estrutura metálica, dimensões de 30 m de comprimento, 7 m de largura, pé-direito de 3,0 m e altura de arco de 1,2 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura, laterais constituídas de telado e com cortinas móveis (Figura 2). No interior do ambiente foi instalado um sistema de nebulização, com nebulizadores destinados à climatização do ambiente, possuindo micro gotas de 40 micra, com sistema anti-gotas.



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 2.** Vista frontal (A) e lateral (B) do ambiente protegido. IF Goiano Câmpus Urutáí – GO, Agosto de 2011.

### 3.3 Clima e solo

O clima da região é classificado como tropical de altitude, com inverno seco e verão chuvoso, do tipo Cwb pela classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23°C, no período de setembro a outubro, podendo chegar até a máxima de 30°C, e entre os meses de junho e julho, com mínima inferior a 15°C. A precipitação média anual é de 1000 a 1500 mm, com umidade relativa média do ar de 71%.

O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho amarelo distrófico pela Embrapa (1999), com textura franco arenoso, tendo as características físicas apresentadas na Tabela 1 e as química na Tabela 2. Para obtenção das análises química e física do solo foram coletadas cinco amostras de solo no interior do ambiente protegido. Estas foram homogeneizadas, dando origem a uma amostra composta representativa, sendo este procedimento realizado nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, estado de Minas Gerais, no dia 19 de abril de 2011.

**TABELA 1.** Propriedades físicas do solo da área experimental

Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
Cm		g kg <sup>-1</sup>			
0-20	275	324	241	160	Franco Arenoso
21-40	329	283	202	186	Franco Arenoso

Fonte: Laboratório de manejo de solo (LAMAS) - UFU - 2011

**TABELA 2.** Propriedades químicas do solo da área experimental em 2011

Variáveis	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH H <sub>2</sub> O (1:1,25)	6,5	6,5
P – Melich (mg dm <sup>-3</sup> )	48,3	49,2
K (mg dm <sup>-3</sup> )	42	24
S-SO <sub>4</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	45	48
Ca (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,8	3,4
Mg (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,3	0,9
Al (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0
H+Al (Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,0
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,1	0,07
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,4	1,2
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	51	23
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	6,9	3,9
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,8	1,9
M.O. (dag kg <sup>-1</sup> )	1,8	1,3

Fonte: Laboratório de análise de solo (LABAS) – UFU

### 3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas no espaço, em esquema fatorial 3x4, sendo três concentrações de silício (0,0, 4,3 e 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si) e quatro tensões de água no solo de aproximadamente (-15, -25, -35 e -45kPa), totalizando 12 tratamentos, com quatro repetições (Figura 3). As tensões de água no solo diferenciadas foram alocadas em cada parcela e as concentrações de silicato de potássio nas subparcelas. As concentrações de silicato de potássio utilizadas foram estabelecidas de acordo com concentrações utilizadas por Gonçalves (2009) na cultura da batata.

O experimento foi constituído por quatro canteiros úteis (blocos) com duas linhas de plantio por canteiro, exceto as bordaduras localizadas nas extremidades laterais do ambiente protegido que receberam apenas uma linha de plantio, cada linha de plantio recebeu uma linha lateral de irrigação, contendo os gotejadores espaçados entre si a 40 cm, totalizando oito linhas laterais úteis e duas contidas nas bordaduras.

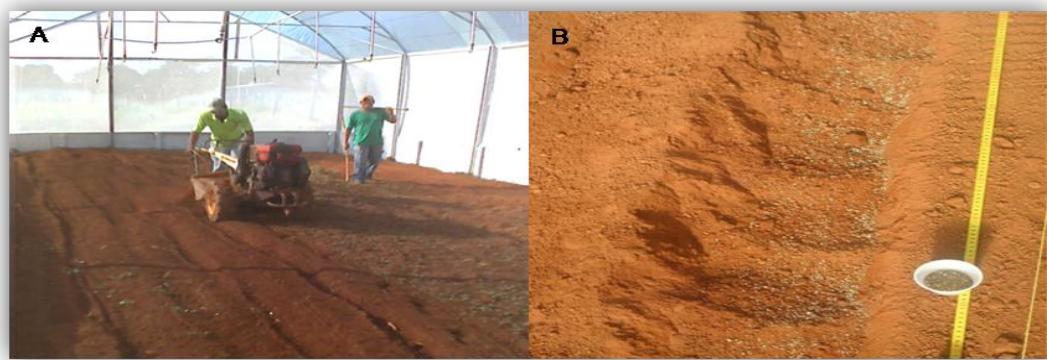


Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 3.** Delineamento experimental da cultura do pimentão. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, setembro de 2011.

### 3.5 Preparo do solo e adubação de plantio

O preparo do solo foi realizado através de aração mecanizada, com auxilio de um mini trator (Tobata), adaptado com enxadas rotativas (Figura 4A). A adubação foi realizada em sulcos de plantio seguindo recomendação de Trani (2007) 15 dias antes do transplantio das mudas ao local definitivo e contou com a aplicação de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de B (boro) na forma de uréia, superfosfato simples, cloreto de potássio e borax, respectivamente (Figura 4B).

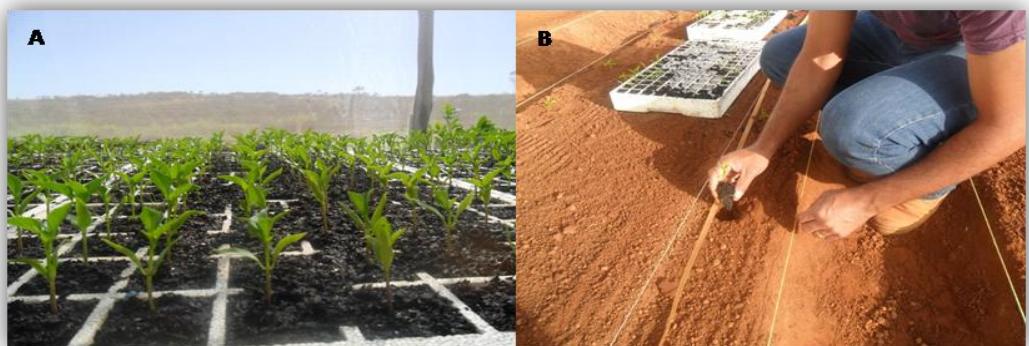


Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 4.** Preparo do solo (A) e adubação de plantio (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, julho de 2011.

### 3.6 Produção de mudas e transplantio

A cultivar utilizada foi o híbrido Magali-R que apresenta frutos verdes e formato cônico, resistência ao vírus do mosaico Y, alta produtividade e excelente uniformidade (FILGUEIRA, 2000). A semeadura foi realizada no dia 20 de junho de 2011, em bandejas de poliestireno expandido (isopor) com 128 células. Utilizou-se substrato comercial esterilizado e uma semente em cada célula. As mudas foram produzidas em casa de vegetação e aos 50 dias após a semeadura (DAS). Em 10 de agosto de 2011 o transplantio foi realizado, quando as mudas atingiram aproximadamente 8 cm de altura e 4 a 5 folhas definidas (Figuras 5A e B).



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 5.** Mudas de pimentão utilizadas no experimento (A), transplantio das mudas (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.

### 3.7 Sistema de irrigação

Utilizou-se um sistema de irrigação localizada por gotejamento, no qual cada linha de plantio recebeu uma linha lateral de irrigação de 16 mm, com emissores espaçados entre si a 0,4 m (Figura 6A). Os emissores fornecem uma vazão de  $1,4 \text{ L h}^{-1}$  e trabalham com pressão de serviço de 10 mca. O sistema de bombeamento era composto por conjunto motobomba de 1 cv. Logo após o sistema de bombeamento, foi instalado um injetor de fertilizante tipo Venturi, um filtro de tela de 120 mesch, registros e manômetros para aferição da pressão do sistema de irrigação (Figura 6B).



**FIGURA 6.** Sistema de irrigação localizada por gotejamento (A) e sistema de bombeamento com injetor de fertilizante (B). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.

### 3.8 Dose e parcelamento de N e K na fertirrigação

A quantidade de N e K<sub>2</sub>O seguiu as recomendações de Trani (2007), 120 kg ha<sup>-1</sup> de ambos os nutrientes e foram aplicadas as respectivamente fontes: uréia (46% de N) e cloreto de potássio branco (60% K<sub>2</sub>O).

A quantidade recomendada foi parcelada e aplicada em cinco fertirrigações ao longo do experimento. A injeção do fertilizante foi realizada com o auxílio de um injetor tipo Venturi. Seu acionamento foi realizado apenas com a energia de bombeamento do próprio sistema de irrigação.

### 3.9 Manejo da fertirrigação

Para o êxito na aplicação de nutrientes via água de irrigação é necessário que o tempo de fertirrigação seja determinado e respeitado, garantido à distribuição uniforme da solução nutritiva para as plantas. Assim, o tempo de fertirrigação no experimento foi determinado pela soma de todos os tempos descritos a seguir, obtendo-se 40 minutos e 50 segundos.

**Tempo para estabilização do sistema:** é o tempo necessário que a água gasta para percorrer todo o setor de irrigação até o ponto mais distante, ou seja, começa no acionamento do sistema de bombeamento e termina quando a água chegar ao extremo do sistema, ocorrendo assim, a estabilização da carga hidráulica (50 segundos);

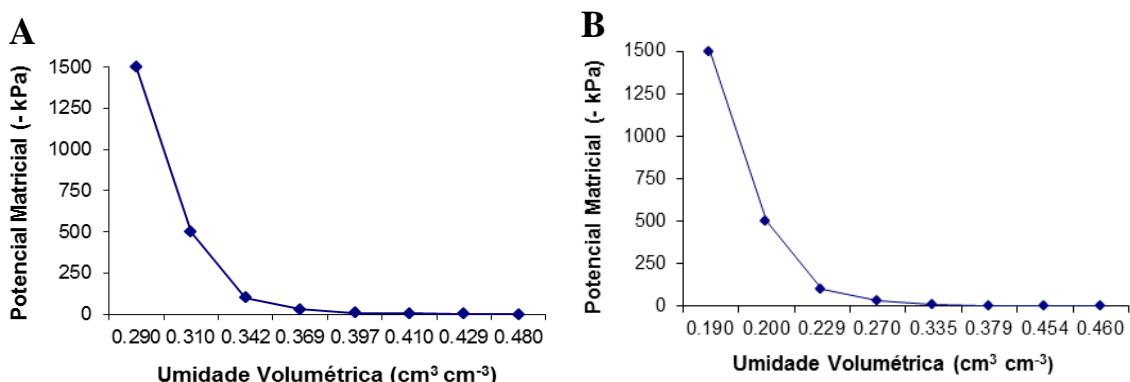
**Tempo de operação do injetor de fertilizante:** é o tempo gasto para que toda concentração seja injetada no sistema de irrigação (20 minutos);

**Tempo de lavagem do sistema de irrigação:** é o tempo gasto para lavagem do sistema de irrigação logo após a injeção de fertilizantes. Para garantir a uniformidade de aplicação dos nutrientes via água de irrigação o tempo de lavagem, deverá ser igual ou maior que o tempo de operação do injetor de fertilizante (20 min).

### 3.10 Obtenção da curva de retenção de água no solo

Para a obtenção da curva de retenção da água no solo, foi feita uma coleta de solo indeformada, utilizando anéis volumétricos, nas profundidades de 0-20, 20-40 cm. A curva característica de retenção da água no solo foi determinada conforme o método descrito por Camargo et al. (1986) e ajustada pelo modelo proposto por Van Guenuchten (1980), com o auxílio do programa Soil Water Retention Curve – SWRC versão 3.0 (DOURADO NETO et al., 1995).

A Figura 7 apresenta as curvas de retenção da água no solo, para as camadas de 0 a 20 (A), 20 a 40 cm (B) de profundidade, em toda área do experimento.



**FIGURA 7.** Curvas de retenção da água no solo, para as camadas de 0 a 20 (A), 20 a 40 cm (B) de profundidade do solo do experimento.

### 3.11 Manejo de irrigação

#### 3.11.1 Uniformidade do sistema de irrigação localizada

Para determinar a uniformidade de aplicação de água foram medidas as vazões dos gotejadores ao longo das linhas laterais, com três repetições, com o auxílio de um kit de precipitação, com coletores de 8 cm de diâmetro e altura de 10,2 cm (Figura 8). O tempo de coleta foi de 9 minutos, determinado com auxílio de um cronômetro de precisão e de uma proveta graduada com precisão de 1,0 mL. A vazão foi determinada pelo método volumétrico, que segundo Salomão et al. (2009), para coleta de volumes menores, pode se utilizar a seguinte equação (equação 1).

$$Q = \frac{V \div 1000}{T \div 60} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

$Q$  = Vazão em  $\text{L h}^{-1}$ ;

$V$  = Volume coletado em mL;

$T$  = Tempo de coleta em min.

É de fundamental importância que os gotejadores estejam trabalhando dentro da faixa de pressão determinada pelo fabricante. Para isto, medidores de pressão foram instalados logo após o sistema de bombeamento.



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 8.** Determinação da uniformidade de distribuição de água. IF Goiano Câmpus Urutai – GO, agosto de 2011.

A uniformidade do sistema de irrigação foi determinada seguindo a metodologia proposta por Denículi et al. (1980). Os autores sugerem a coleta de vazão em oito gotejadores ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e do último gotejador. As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação devem ser a primeira, as situadas a 1/3 a 2/3 e a última linha lateral.

A uniformidade de aplicação de água foi avaliada pelo índice de uniformidade de distribuição, que é dada pela divisão entre a média de 25% das menores vazões pela média de todas as vazões observadas na equação 2. Obteve-se o valor de 96% de uniformidade de emissão no ensaio. Sendo assim, segundo critérios apresentados por ASAE (1997), o sistema encontra-se em excelente estado de aplicação de água.

$$UD = 100 \cdot \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

$UD$  = Uniformidade de distribuição, em percentagem;

$q_{25\%}$  = Média de 25% dos menores valores de vazão observados, em  $\text{L h}^{-1}$ ;

$\bar{q}$  = Média de todos os valores de vazão observados, em  $\text{L h}^{-1}$ .

### 3.11.2 Manejo da irrigação com base no teor de água no solo

O manejo de irrigação no experimento foi realizado com o auxílio das curvas de retenção de água no solo. Dois tensiômetros de punção foram instalados em cada parcela experimental, totalizando trinta e dois tensiômetros utilizados no projeto. Porém, para determinação da lâmina de irrigação com o auxílio da curva de retenção, nos primeiros 50 dias após o transplantio (DAT), foram escolhidos os tensiômetros instalados a 0,10 m de distância da planta de pimentão e 0,10 m de profundidade, para controlar a quantidade de irrigação na camada de solo de 0 a 0,20 m. Para o restante do período experimental utilizou-se os tensiômetros instalados na profundidade de 0,20 m para controlar a quantidade de irrigação na camada de solo de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Portanto, nos primeiros 50 DAT, os tensiômetros ficaram instalados nas profundidades de 0,10 e 0,20 m. Após este período, os tensiômetros instalados a 0,10 m foram aprofundados para 0,40 m (Figura 9).

O tensiômetro de punção é constituído de um tubo de PVC de  $\frac{1}{2}$ ", borracha de vedação, tubo acrílico transparente de 12 mm e uma cápsula porosa localizada na extremidade inferior do tubo de PVC.



Cantuário, F. S. de, 2011

**FIGURA 9.** Instalação dos tensiômetros no experimento. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.

A tomada de tensão dos tensiômetros foi realizada através de um tensímetro digital (Figura 10) e ajustada conforme Equação 3.



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 10.** Tensímetro digital. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.

$$\Psi_m = -1014 \cdot T + h_1 + h_2 \quad (\text{Equação 3})$$

em que:

$\Psi_m$  = potencial matricial (cm.c.a);

T = tensão lida pelo tensímetro analógico (bar);

$h_1$  = altura do nível superior a água nos tensiômetros observada na parte transparente até a superfície do solo (cm);

$h_2$  = profundidade de instalação dos tensiômetros (cm).

O valor constante na equação (3) representa a pressão atmosférica local, em mbar.

Determinado o potencial matricial de água no solo foi realizado o cálculo da lâmina de irrigação pela Equação 4.

$$Li = (\theta_{cc} - \theta_a) \cdot Z \quad (\text{Equação 4})$$

em que:

$Li$  = lâmina de irrigação (mm);

$\theta_{cc}$  = umidade na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

$\theta_a$  = umidade atual do solo correspondente ao momento de leitura aos tensiômetros ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ );

Z= profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm).

Como nenhum sistema de irrigação tem eficiência de 100%, houve a necessidade de correção da lâmina de irrigação, que foi ajustada de acordo com a uniformidade de distribuição. Portanto, a lâmina de irrigação corrigida foi efetuada através da Equação 5.

$$L_c = \frac{L_i}{U_D} \quad (\text{Equação 5})$$

em que:

$L_c$  = lâmina corrigida de irrigação (mm);

$L_i$  = lâmina de Irrigação (mm);

$U_D$  = uniformidade de distribuição (decimal).

Considerando a irrigação por faixa molhada contínua, o tempo de funcionamento do sistema de irrigação por posição foi definido pela Equação 6.

$$T = \frac{L_c \cdot E_l \cdot E_g}{q} \quad (\text{Equação 6})$$

em que:

$T$  = tempo de irrigação por posição (h);

$L_c$  = lâmina corrigida de irrigação (mm);

$E_l$  = espaçamento entre linhas laterais (m);

$E_g$  = espaçamento entre gotejadores (m);

$q$  = vazão do gotejador ( $L\ h^{-1}$ ).

Nos primeiros 20 dias após o transplantio não houve diferenciação do manejo de irrigação para os tratamentos com intuito de garantir o estabelecimento das plantas de pimentão, ocorrendo irrigações iguais em todas as parcelas. Nos dois primeiros dias após o transplantio foi aplicado uma lâmina de 25 mm e no restante dos primeiros 20 dias foram aplicadas lâminas diárias próximas de 2 mm, de acordo com a apreciação da curva de retenção de água no solo, com a finalidade de manter o solo de toda área experimental próximo a capacidade de campo com um potencial mátrico médio de -10 kPa. Após este período, deu-se inicio a diferenciação dos tratamentos, onde as irrigações eram efetuadas quando as tensões atingissem aproximadamente (- 15, - 25, - 35 e - 45 kPa).

### **3.12 Temperatura e umidade relativa do ar**

Para a avaliação dos elementos meteorológicos, foi instalado um abrigo meteorológico de madeira, pintado de branco, com a face aberta voltada para o Sul e posicionado ao centro do ambiente protegido, a uma altura de 1,5 m. Os equipamentos instalados no abrigo foram: termo higrômetro de leitura direta, termômetro de máxima e mínima (Figura 11).



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 11.** Abrigo meteorológico. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011.

Após o levantamento dos dados, determinou-se as temperaturas e umidades relativas do ar, máximas e mínimas e, a partir destas, as médias em cada dia, considerando todo o período experimental.

### **3.13 Condução do experimento e analises realizadas**

O produto utilizado no experimento foi o silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) líquido, solúvel em água, contendo 12,2% de silício e 15% de óxido de potássio, pH igual a 12 e densidade de  $1,4\text{ g dm}^{-3}$ . As aplicações foram feitas via foliar nas subparcelas de acordo com os tratamentos ( $0,0, 4,3, 8,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si), com auxilio de um pulverizador costal de ação manual de 20L. Utilizou-se uma proteção de deriva para garantir a máxima precisão de aplicação (Figura 12). Foram realizadas aplicações semanais totalizando 21 aplicações durante todo o experimento. O volume de calda utilizado foi de  $600 \text{ L ha}^{-1}$ , as doses de silicato de potássio em cada aplicação foram;  $0, 1,2 \text{ e } 2,4 \text{ L ha}^{-1}$  e as concentrações de silício foram  $0,0, 0,2, 0,4 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

A análise foliar para determinação dos teores foliares de Si foi realizada aos 151 dias após o transplantio (DAT). As folhas foram coletadas e em seguida lavadas sobre água corrente e acondicionadas em sacos de papel, para se iniciar o procedimento de secagem em estufa, com a temperatura em torno de  $55\text{-}60^\circ \text{C}$ . Após secarem e atingirem

peso constante, foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Fertilizantes (LAFER), do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia e analisadas segundo metodologia descrita por Korndörfer (2004), as análises dos frutos para determinação de Si foram feitas ao final de cada colheita, totalizando cinco análises seguindo metodologia acima descrita.



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 12.** Aplicação de silicato de potássio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, setembro de 2011.

### 3.13.1 Tratos culturais

Ao longo do ciclo da cultura do pimentão foram realizados os tratos culturais necessários ao seu pleno desenvolvimento. Para auxiliar na sustentação das plantas, foi montado um sistema de tutoramento, com tutores de bambu com um metro de altura em cada planta e posteriormente amarrados com barbante em forma de oito. Foram realizadas desbrotas nas plantas, eliminando-se as brotações laterais abaixo da primeira bifurcação. O controle de plantas invasoras foi realizado ao longo do ciclo com diversas capinas manuais. O controle fitossanitário foi realizado de acordo com a necessidade de prevenção e controle ao longo do experimento, com aplicações de fungicidas e inseticidas.

### 3.13.2 Colheitas

Foram realizadas cinco colheitas durante todo período experimental, iniciando-se em 01 de novembro de 2011, aos 84 dias após o transplantio, com intervalos médios de 17 dias. Os frutos foram colhidos em oito plantas úteis em cada subparcela, e encaminhados ao laboratório para o procedimento de análises (Figura 13).



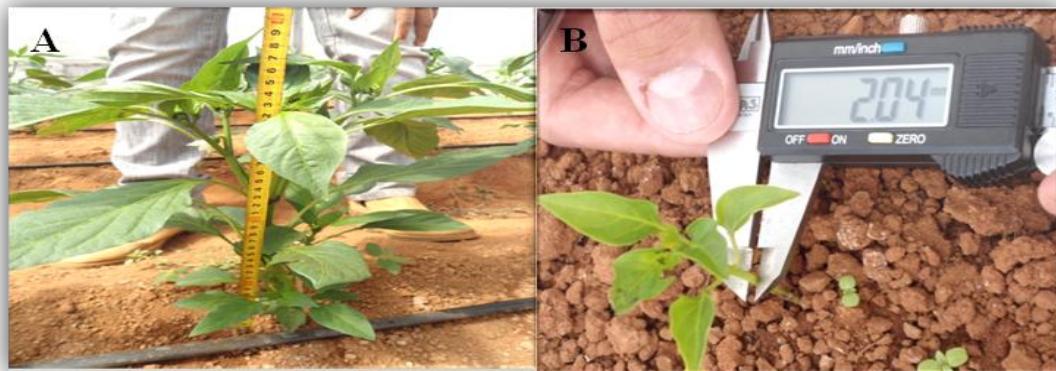
**Figura 13.** Plantas no período de colheita (A), colheita (B). IF Goiano Câmpus Urutáí – GO, novembro de 2011.

### 3.13.3 Classificação dos frutos

Os frutos foram classificados pelo tamanho, de acordo com as normas vigentes no Ministério da Agricultura Brasil (2011), da seguinte forma: comercias (comprimento > 60 mm e diâmetro > 40 mm) e não comercias (comprimento < 60 mm e diâmetro < 40 mm ou algum defeito grave tais como: frutos murchos, deteriorados, mal formados, com danos por doenças, pragas ou mecânicos). Estes frutos foram separados por calibre ou classe de acordo com Luengo et. al. (1999), classificados em, graúdo (comprimento > 120 mm), médio (comprimento > 90 < 120 mm) e miúdo ou pequeno (comprimento > 60 < 90 mm).

### 3.13.4 Características avaliadas

Foram realizadas sete avaliações de altura e diâmetro de plantas para cada tratamento. As avaliações iniciaram-se 20 dias após o transplantio das mudas e aconteceram sucessivamente, em intervalos de 20 dias. Para a altura utilizou-se uma trena graduada em centímetros, medida do colo da planta até a gema apical e para diâmetro um paquímetro digital , obtendo as medidas na região central da planta (Figura 14A e B).



Cantuário, F. S. de. 2011

**FIGURA 14.** Avaliações de altura (A) e diâmetros de planta (B) do pimentão. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, setembro de 2011.

Aos 151 DAT foi realizada a estimativa da área foliar, com análises de comprimento e largura de três folhas, tomadas aleatoriamente, por planta, sendo a primeira folha tomada na parte superior, a segunda na parte mediana e a terceira na parte inferior da copa da planta, obtendo-se assim comprimento e largura médios, onde será utilizada uma equação de regressão (Equação 7) recomendada por (REZENDE et al., 2002).

$$\hat{Y} = 0,5979X \quad (\text{Equação 7})$$

em que:

$\hat{Y}$  - área da folha,  $\text{cm}^2$ ;

X - área correspondente ao produto do comprimento (C) pela largura (L) da folha,  $\text{cm}^2$ .

A área foliar da planta foi obtida multiplicando-se a área da folha pelo número total de folhas, por planta.

As variáveis de produção avaliadas nos frutos, ao longo de cinco colheitas (Figura 15), foram: comprimento de frutos (CF), diâmetro de frutos (DF), espessura da casca (EC), número de frutos comerciais por planta (NFP), peso médio de frutos comerciais (PMF), massa seca dos frutos (MSF) e a produtividade (P). A determinação destas variáveis foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital de precisão 0,05 mm, balança de precisão 0,01 g e estufa de circulação de ar forçado.



**FIGURA 15** - Variáveis de produção avaliadas nos frutos de pimentão. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, dezembro de 2011.

### 3.13.5 Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água foi determinada em função da relação entre os valores de produtividade e as respectivas lâminas de irrigação aplicadas, conforme citado por (SAMMIS, 1980).

### 3.13.6 Análise estatística

Todos os dados quantificados foram verificados quanto à pressuposições da análise de variância. A normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, visualmente pela simetria do histograma obtido pelo programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) (RIBEIRO JUNIOR e MELO, 2009). De acordo com esse procedimento, as variáveis: altura das plantas, diâmetro do caule e área foliar não seguiram distribuição normal. Para os parâmetros de qualidade do fruto de pimentão, os valores de comprimento, diâmetro, espessura, massa seca do fruto e número de frutos por planta entre colheitas foram transformados para a primeira colheita. Os valores de massa seca do fruto e número de frutos por planta entre colheitas também foram transformados. As comparações entre os dados da podridão apical e escaldadura também foram realizadas com seus dados transformados. Os valores de produção e matéria seca dos frutos para as colheitas um e cinco tiveram os valores reais transformados, além das comparações para a colheita total e entre as colheitas. Tais

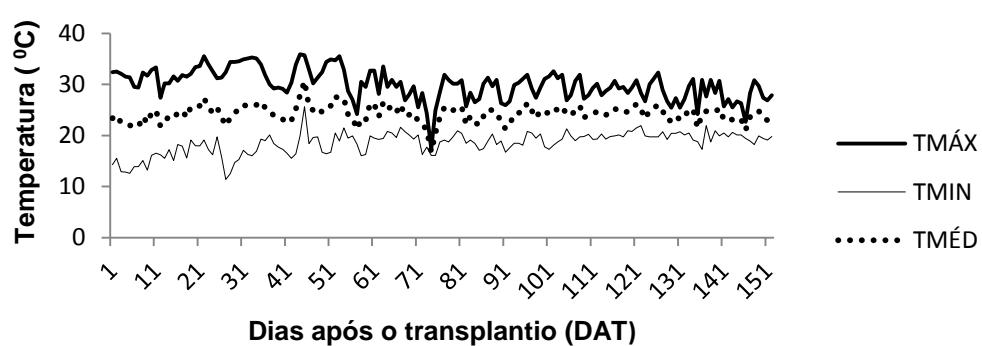
variáveis foram transformadas em log ( $x+1$ ) pelo fato de que, nesses casos, os desvios padrões das amostras foram proporcionais às médias. Adicionalmente, utilizou-se o Coeficiente de Variação (CV) como indicativo para diagnosticar o acerto na escolha da transformação dos dados reais para log ( $x+1$ ). Logo, a transformação foi considerada válida quando o CV dos dados transformados foi apresentado menor que o valor do CV dos dados originais (FERREIRA et al. 2000). Para os dados transformados, a análise de variância e a comparação entre médias dos tratamentos foram realizadas na escala transformada. Porém, os resultados descritos para essas variáveis permaneceram em escala original. Após a verificação da significância (ou não) dos fatores em interação ou considerados isolados através da ANOVA com esquema fatorial, as médias foram comparadas utilizando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores diários de temperatura observados no interior do ambiente protegido durante o período de avaliação estão apresentados na (Figura 16).

É possível observar uma diminuição de temperatura à medida que iniciou-se o período chuvoso. As temperaturas máximas, acima de 30° C, ocorreram com freqüência de até aproximadamente 55 dias após o transplantio. Observou-se que após este período as temperaturas situaram-se próximas ou inferiores a 30° C, as mínimas não inferiores a 16° C. Os valores médios de temperatura máxima e mínima foram entre 30 a 18,4° C e a média durante o período foi de 24,2° C.

Filgueira (2000) relata que as temperaturas favoráveis para o cultivo de pimentão na fase inicial variam de 26 a 30 °C. Em relação à faixa ideal de temperatura do ar na planta adulta, Siviero e Bernardoni (1990) e Perreira (1990) concordam que a faixa deve variar entre 16 a 30° C, sendo mais resistente ao frio e produzindo melhor sob temperaturas amenas. Entretanto, temperaturas inferiores a 15° C tornam-se limitantes, afetando todas as fases da cultura, fato que não foi observado neste experimento. O calor excessivo também é prejudicial, sendo que acima de 35 °C pode ocorrer queda de flores (TIVELLI, 1998; FILGUEIRA, 2000). Em dias isolados foram observados temperaturas superiores a sugerida pelo autor, de 35° C, sendo que a temperatura máxima observada ao longo do experimento foi de 35,9° C, onde não foram observadas ocorrências que prejudicassem o bom desenvolvimento da planta.

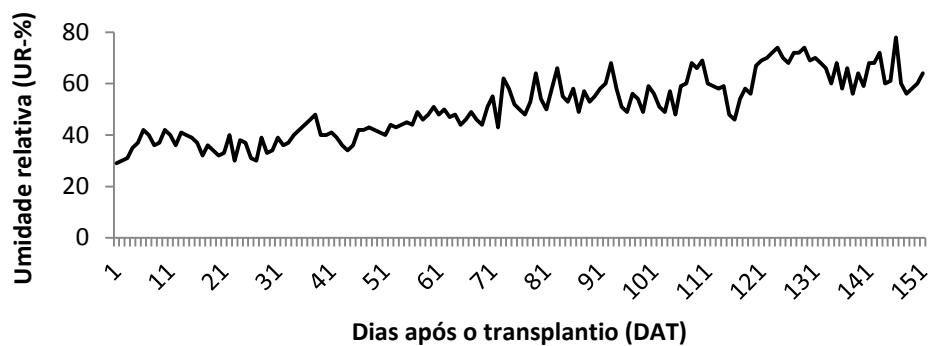


**FIGURA 16.** Temperatura do ar no interior do ambiente protegido (°C). IF Goiano Câmpus Urutáí – GO, agosto de 2011 a janeiro de 2012.

Ocorreu elevação da umidade relativa do ar à medida que a temperatura do ar diminuía. Os valores situaram-se em torno de 29 a 78% ao longo do período experimental (Figura 17). Conforme Buriol et al. (2000), no interior do ambiente

protegido os valores de UR são muito variáveis e estão intimamente relacionados aos valores da temperatura do ar.

A umidade relativa média do ar durante o ciclo da cultura foi de aproximadamente 50,7%. O valor médio observado no interior do ambiente protegido encontrou-se na faixa considerada como ideal para o desenvolvimento da cultura, que segundo Goto e Tivelli (1998), é de 50 a 70%.



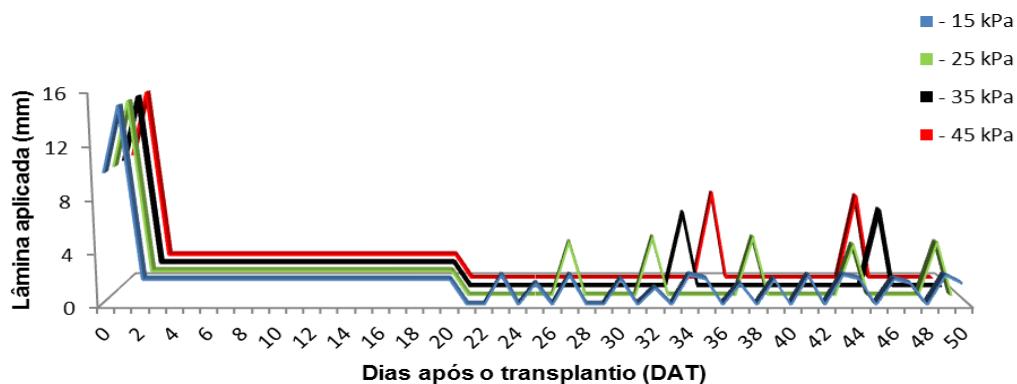
**FIGURA 17.** Umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido (UR - %). IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto de 2011 a janeiro de 2012.

As lâminas diárias de irrigação aplicadas para cada tensão são observadas através das figuras (18, 19 e 20). É possível observar que houve uma maior frequência na irrigação, de um a dois dias e menores lâminas aplicadas para a tensão de aproximadamente - 15 kPa, mantendo o solo sempre com a umidade elevada, ou seja, próxima a capacidade campo. Frizzzone et al. (2001) observaram que para a tomada de decisão em relação ao manejo de irrigação, o melhor potencial mátrico encontra-se na faixa de -15 kPa. Resultados divergentes foram apresentados por Sirjacobs e Slama (1983), os autores relataram que a máxima produtividade de frutos foi obtida quando o potencial mátrico era mantido entre -15 e -35 kPa. A literatura evidencia que tensões acima de - 35 kPa interferem no desenvolvimento e produção das plantas de pimentão (PEREIRA, 1995; HOCHMUTH, 2003).

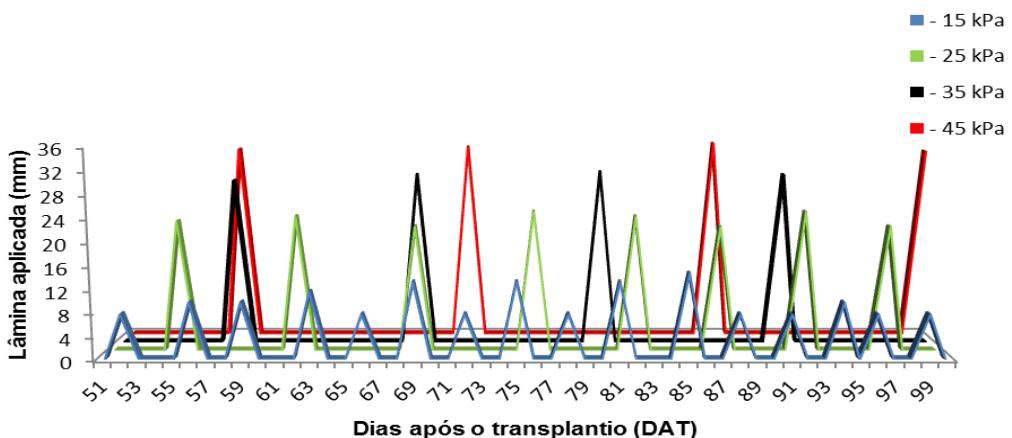
Para a tensão de aproximadamente - 25 kPa observa-se que há uma diminuição na frequência de irrigação e aumento da quantidade de lâmina de água aplicada. Este comportamento pode ser explicado em função do aumento do tempo necessário para que a umidade do solo alcance a tensão pré-estabelecida. Assim, as irrigações eram efetuadas em intervalos médios de quatro a cinco dias.

Nota-se que com o aumento da tensão há diminuição considerável na frequência de irrigação e aumento das lâminas aplicadas, onde as irrigações foram efetuadas em intervalos próximos de nove a doze dias para as tensões de -35 kPa e de quinze a dezoito dias para tensões de -45 kPa. Este comportamento segundo Bernardo et al. (2005), não condiz com o método de irrigação utilizado, visto que os autores recomendam irrigação de baixa intensidade e alta frequência, ou seja, com intervalos de irrigação de um a quatro dias.

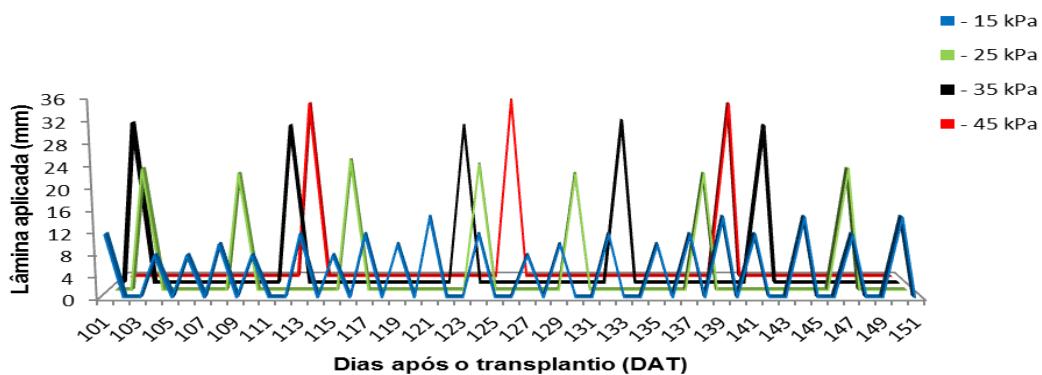
Aos 50 dias após o transplantio, observa-se um aumento gradativo das lâminas em função das tensões de água no solo, motivo explicado devido ao crescimento e desenvolvimento das plantas de pimentão, sendo necessária a mudança de profundidade nos tensiômetros, sendo a tomada de decisão em função da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.



**FIGURA 18.** Lâminas de irrigação aplicadas aos primeiros 50 dias após o transplantio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, agosto a setembro de 2011.



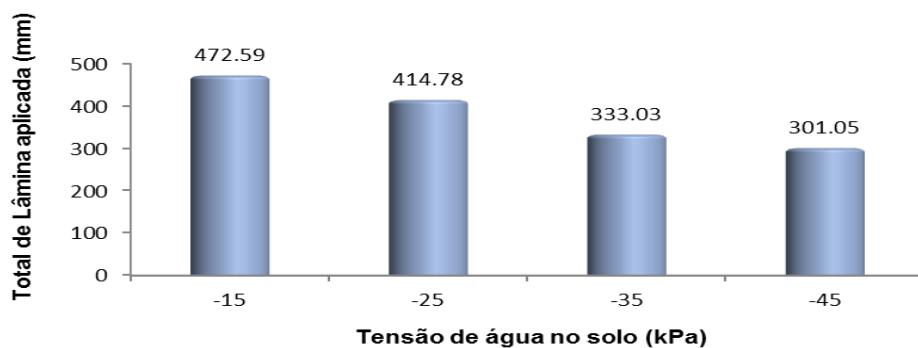
**FIGURA 19.** Lâminas de irrigação aplicadas no período entre 51 a 100 dias após o transplantio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, outubro a novembro de 2011.



**FIGURA 20.** Lâminas de irrigação aplicadas no período entre 101 a 151 dias após o transplantio. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, novembro de 2011 a janeiro de 2012.

Os valores acumulados das lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos são encontrados na Figura 21. Observa-se que a maior quantidade de água utilizada nos diferentes tratamentos foi obtida na tensão de - 15 kPa. Neste tratamento as irrigações eram freqüentes. Foram realizadas cinquenta irrigações no período de avaliação, totalizando 472.59 mm de água aplicada. A literatura apresenta resultados divergentes quanto a melhor lâmina total aplicada, em função da produtividade, encontrando valores desde 427 a 900 mm (SILVA et al., 2000; FRIZONE et al., 2001; DERMITAS e AYAS, 2009; KARAN et al., 2009; GADISSA e CHEMEDA, 2009; CARVALHO et al., 2011). Assim, há importância nos estudos que visam obter a máxima eficiência no uso da água, levando em consideração o manejo de irrigação utilizado e todas as variáveis envolvidas no processo de produção.

Para os demais tratamentos pode-se observar uma tendência decrescente em relação à quantidade total de água aplicada em função de suas respectivas tensões, sendo a menor lâmina total aplicada de 301.05 mm na tensão equivalente a - 45 kPa. Neste tratamento foram realizadas nove irrigações ao longo do período de avaliação.



**FIGURA 21.** Total de lâmina de irrigação aplicada ao longo experimento.

A eficiência do uso da água pode ser observada na Tabela 3, com indicação da massa fresca por planta, a produtividade e a lâmina irrigada acumulada em cada tratamento, a eficiência do uso da água é em função da relação de produtividade e lâmina total aplicada.

**TABELA 3.** Eficiência do uso da água para os diferentes potenciais de irrigação e níveis de silicato de potássio do pimentão Magali R. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, fevereiro de 2012.

Tratamentos	Potencial (-kPa)	Massa fresca (g planta <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Lâmina total (mm)	Eficiência do uso da água (kg ha <sup>-1</sup> / mm)*
(kg ha <sup>-1</sup> de Si) 0,0					
T1	- 15	2236,48	69890,16	472,59	187,62 ± 18.89 ab
T2	- 25	1936,10	60780,84	414,18	209,12 ± 18.93 a
T3	- 35	1778,26	55824,97	333,03	206,91 ± 14.91 a
T4	- 45	1661,63	51926,04	301,05	164,18 ± 16.66 bcd
(kg ha <sup>-1</sup> de Si) 4,3					
T5	- 15	2477,42	77564,73	472,59	183,13 ± 17.98 ab
T6	- 25	2165,79	67680,56	414,18	173,33 ± 15.32 bc
T7	- 35	1704,39	53798,62	333,03	152,56 ± 18.83 bcd
T8	- 45	1711,14	53473,05	301,05	146,78 ± 17.35 cd
(kg ha <sup>-1</sup> de Si) 8,6					
T9	- 15	2461,77	76930,21	472,59	168,55 ± 24.78 bcd
T10	- 25	2058,17	64317,89	414,18	142,97 ± 23.73 cd
T11	- 35	1957,12	61335,80	333,03	146,44 ± 19.67 cd
T12	- 45	1575,71	49241,06	301,05	134,40 ± 17.39 d

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para a eficiência do uso da água em função da lâmina de irrigação aplicada, os valores máximos obtidos foram ( $187.62 \pm 18.89$ ,  $209.12 \pm 18.93$ ,  $206.91 \pm 14.91$  e  $183.13 \pm 17.98$  kg ha<sup>-1</sup> de frutos mm<sup>-1</sup>), nos tratamentos T1, T2, T3 ambos sem aplicação de Si e no tratamento T5 com aplicação de 4,3 kg ha<sup>-1</sup> de Si. Os tratamentos com aplicação de si na concentração de 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si tiveram menores valores de eficiência do uso da água juntamente com os tratamentos T6, T7, T8 nos quais as concentrações de Si foram de 4,3 kg ha<sup>-1</sup>. Este comportamento diferencia dos resultados encontrados por Nwugo e Huerta, (2008) e Crusciol et al. (2009) em que os autores relatam que a utilização de silício promove a eficiência do uso da água.

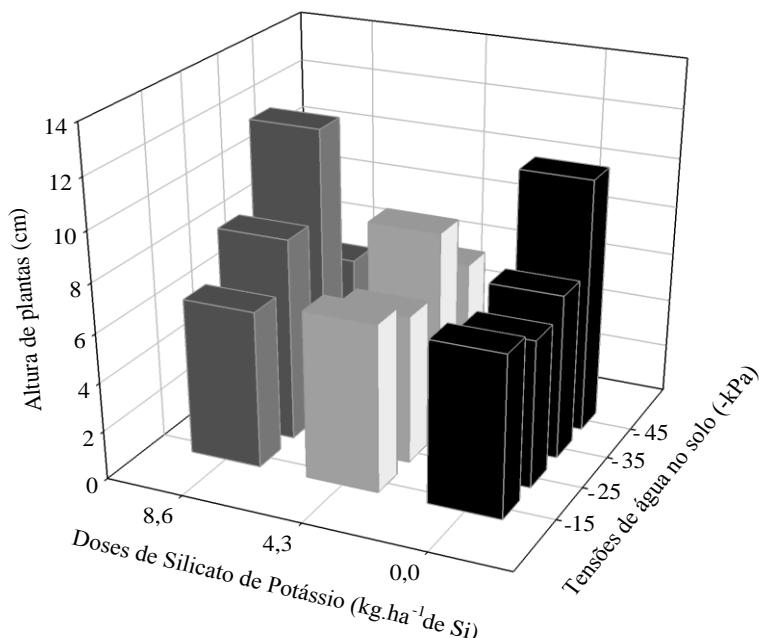
O crescimento, em altura das plantas de pimentão, sofreu influência da interação entre as doses de Silicato de Potássio e as tensões de água no solo apenas na sua fase

inicial de desenvolvimento, correspondendo aos 20 DAT. Nos demais dias de avaliação desse parâmetro não houve interação significativa entre os dois fatores estudados (Tabela 4).

**TABELA 4.** Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio (kg ha<sup>-1</sup> de Si) (subparcelas) sobre parâmetros de crescimento de plantas de pimentão. IF Goiano Câmpus Urutaí – GO, fevereiro de 2012.

Variável	Fonte de Variação	gl	SQ	F	P	Variável	Fonte de Variação	Gl	SQ	F	P
Altura aos 20 DAT	Bloco	3	0,52	0,16	>0,05	Diâmetro aos 20 DAT	Bloco	3	0,55	0,27	>0,05
	Tensão (T)	3	0,92	2,90	0,066		Tensão (T)	3	0,44	2,19	0,115
	Erro (a)	9	0,96				Erro (a)	9	0,61		
	Silício (Si)	2	0,20	0,66	>0,05		Silício (Si)	2	0,38	0,20	>0,05
	T x Si	6	0,26	2,94	0,027		T x Si	6	0,10	1,87	0,128
	Erro (b)	24	0,36				Erro (b)	24	0,23		
Altura aos 40 DAT	Bloco	3	0,77	1,39	0,268	Diâmetro aos 40 DAT	Bloco	3	0,10	0,12	>0,05
	Tensão (T)	3	0,24	4,49	0,012		Tensão (T)	3	1,08	1,17	0,342
	Erro (a)	9	0,16				Erro (a)	9	2,79		
	Silício (Si)	2	0,26	0,10	>0,05		Silício (Si)	2	0,15	1,08	0,356
	T x Si	6	0,58	0,73	>0,05		T x Si	6	0,43	1,03	0,430
	Erro (b)	24	0,32				Erro (b)	24	1,67		
Altura aos 60 DAT	Bloco	3	0,87	0,33	>0,05	Diâmetro aos 60 DAT	Bloco	3	2,95	0,67	>0,05
	Tensão (T)	3	13,44	5,11	0,007		Tensão (T)	3	7,65	1,73	0,187
	Erro (a)	9	7,90				Erro (a)	9	13,2		
	Silício (Si)	2	2,15	1,51	0,241		Silício (Si)	2	0,50	0,91	>0,05
	T x Si	6	2,77	0,65	>0,05		T x Si	6	0,48	0,29	>0,05
	Erro (b)	24	17,12				Erro (b)	24	6,56		
Altura aos 80 DAT	Bloco	3	7,66	1,34	0,286	Diâmetro aos 80 DAT	Bloco	3	2,06	0,70	>0,05
	Tensão (T)	3	17,85	3,11	0,045		Tensão (T)	3	57,8	19,6	0,000
	Erro (a)	9	17,20				Erro (a)	9	8,82		
	Silício (Si)	2	5,13	2,50	0,103		Silício (Si)	2	1,61	2,77	0,082
	T x Si	6	3,99	0,65	>0,05		T x Si	6	0,83	0,48	>0,05
	Erro (b)	24	24,68				Erro (b)	24	7,00		
Altura aos 100 DAT	Bloco	3	61,96	0,62	>0,05	Diâmetro aos 100 DAT	Bloco	3	3,06	1,94	0,149
	Tensão (T)	3	1686,32	16,7	0,000		Tensão (T)	3	28,4	18,0	0,000
	Erro (a)	9	302,18				Erro (a)	9	4,73		
	Silício (Si)	2	4,14	0,18	>0,05		Silício (Si)	2	0,28	0,62	>0,05
	T x Si	6	17,52	0,25	>0,05		T x Si	6	0,84	0,61	>0,05
	Erro (b)	24	276,90				Erro (b)	24	5,55		
Altura aos 120 DAT	Bloco	3	219,85	3,09	0,046	Diâmetro aos 120 DAT	Bloco	3	14,9	4,45	0,012
	Tensão (T)	3	87,24	1,23	0,321		Tensão (T)	3	5,82	1,74	0,185
	Erro (a)	9	213,20				Erro (a)	9	10,0		
	Silício (Si)	2	154,30	4,38	0,024		Silício (Si)	2	0,26	0,42	>0,05
	T x Si	6	155,53	1,47	0,230		T x Si	6	0,87	0,47	>0,05
	Erro (b)	24	423,07				Erro (b)	24	7,48		
Altura aos 140 DAT	Bloco	3	63,88	0,79	>0,05	Diâmetro aos 140 DAT	Bloco	3	7,93	122,	0,000
	Tensão (T)	3	60,34	0,75	>0,05		Tensão (T)	3	0,14	2,19	0,115
	Erro (a)	9	241,65				Erro (a)	9	0,19		
	Silício (Si)	2	184,86	2,88	0,075		Silício (Si)	2	0,77	0,25	>0,05
	T x Si	6	117,90	0,61	>0,05		T x Si	6	0,47	0,51	>0,05
	Erro (b)	24	771,34				Erro (b)	24	0,36		

Considerando a interação significativa entre as tensões de água e as doses de silicato de potássio aos 20 DAT, as plantas de pimentão atingiram valores máximos de altura na tensão -35 kPa, com a concentração de  $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si ( $11,83 \pm 1,72 \text{ cm}$ ) ( $F= 6,69; P= 0,006$ ) (Figura 22). Não houve diferença significativa quando a concentração de Si foi mantida constante em  $0,0 \text{ kg ha}^{-1}$  com mudanças nos valores de tensão de água no solo ( $F= 1,77; P= 0,20$ ) e também dentro da concentração de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si para as diferentes tensões ( $F= 1,29; P= 0,32$ ). Quando considerada a concentração de  $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si o tratamento que originou maior altura de plantas de pimentão foi o da tensão de -35 kPa (como citado acima). A interação entre as tensões de -15 e -45 kPa dentro dessa última dosagem originou plantas menores com  $6,42 \pm 0,09$  e  $5,52 \pm 0,40 \text{ cm}$  de altura, respectivamente ( $F= 6,69; P= 0,006$ ) (Figura 22).

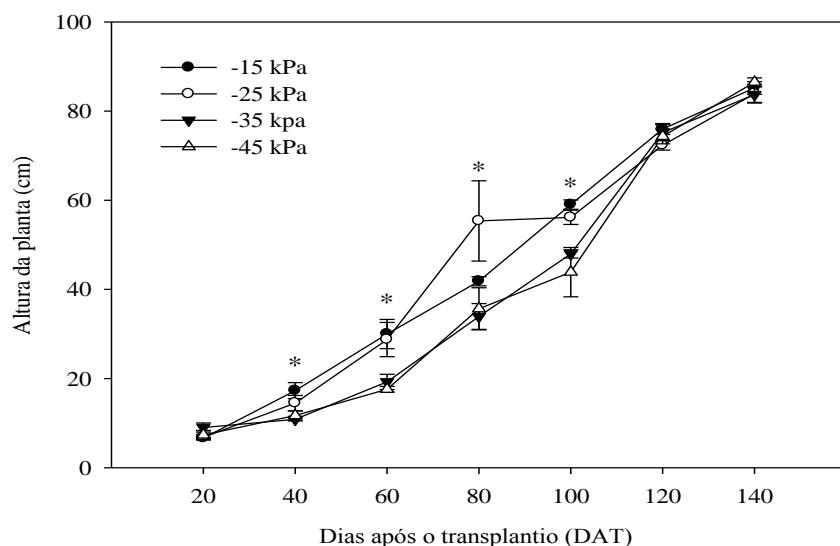


**FIGURA 22.** Altura (cm) de plantas de pimentão, medida aos 20 DAT (dias após o transplantio) e submetidas a quatro tensões de água no solo (-kPa) (nas parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (nas subparcelas).

Segundo Mitani e Ma (2005) as plantas diferem-se bastante na capacidade de absorver Si, o que apenas acontece quando esse encontra-se na forma de ácido silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), sendo que para o girassol, trigo, pepino, soja e tomate tal absorção é ocorrida de forma passiva Mitami e Ma (2005) em aplicação via solo. Segundo Tonin (2005) trabalhando com a cultura do pimentão, observou tendência de maior absorção de Si na fase inicial de desenvolvimento da cultura, com tendência de decréscimo à medida que

se aproximasse o período reprodutivo. Na aplicação foliar o Si tende a formar uma camada protetora junta a superfície das folhas e aos 20 DAT as plantas do experimento não tinham ainda vivenciado os efeitos da falta de água, como as plantas mais velhas, obtendo assim plantas com alturas variadas. Quando considerada de forma isolada, as tensões de água no solo influenciaram o crescimento das mudas de pimentão com diferenças significativas para os 40, 60, 80 e 100 dias após o transplantio (DAT). O silicato de potássio, como fator isolado, interferiu apenas no crescimento da planta aos 120 DAT (Tabela 4). Não houve efeito significativo dos dois fatores estudados neste trabalho quando considerados de forma isolada, nem sob interação, com a altura de plantas na última avaliação, ou seja, aos 140 DAT (Tabela 4).

Entre a primeira e a última avaliação da altura média das plantas de pimentão houve variação no crescimento de 79,89 cm de altura, com média de alturas finais (aos 140 DAT) de 84,94 cm (Figura 23). As tensões de -15 e -25 kPa originaram plantas com maior altura nos 40 ( $F= 4,49; P= 0,01$ ), 60 ( $F= 5,11; P= 0,007$ ), 80 ( $F= 3,11; P= 0,04$ ) e 100 DAT ( $F= 16,74; P= 0,00$ ) em comparação com as plantas tratadas sob condições de maiores tensões no solo (-35 e -45 kPa) (Figura 23).

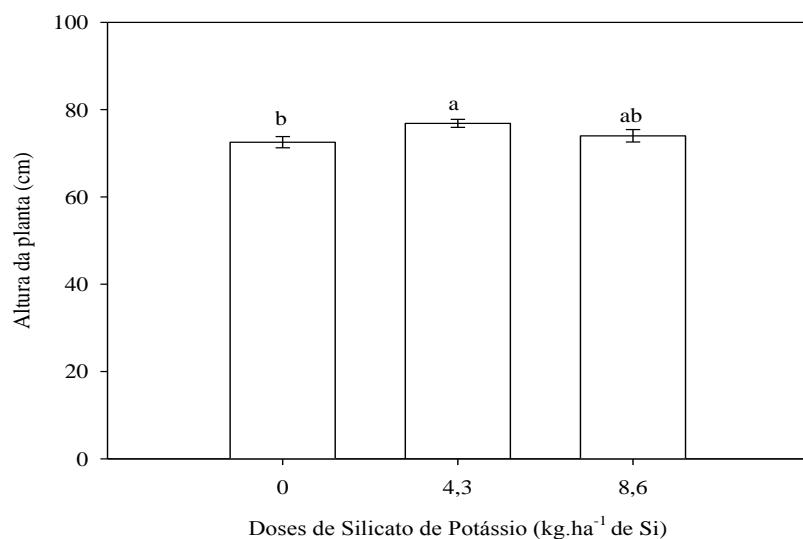


**FIGURA 23.** Médias ( $\pm$ EP) da altura (cm) de plantas de pimentão, submetidas a quatro tensões de água no solo (-kPa) em função dos dias após o transplantio (DAT). (\*) indica significância a 5% de probabilidade pelo teste Tukey dentro de cada DAT e entre as diferentes tensões de água no solo.

Santana et al. (2004) e Albuquerque (2010) obtiveram resultados semelhantes trabalhando com diferentes tensões de água no solo na cultura do pimentão, onde nos primeiros dias após o transplantio não houve diferenças na variável altura de planta,

porém de 40 DAT até o final do experimento observou-se diferenças significativas, sendo que foram observadas maiores altura de plantas nas menores tensões de água no solo. Plantas de pimentão submetidas às maiores tensões podem ter sofrido maior estresse através da maior duração sem água no solo em comparação com as menores tensões (aproximadamente 12 dias de diferença entre a tensão -15kPa e -45 kPa, por exemplo) o que para Kassam e Smith (2001) é uma característica que afeta profundamente o crescimento e desenvolvimento das plantas. As alturas das plantas semelhantes nas diferentes tensões de água no solo aos 120 e 140 DAT pode ter sido verificada devido ao fato da leitura de altura ter sido realizada antes da colheita. Nessa condição, as plantas tornam-se arqueadas devido ao peso dos frutos e, por isso, assemelham-se nas alturas. Albuquerque (2010) também observou variação na altura de plantas, causadas pelo peso excessivo dos frutos na época da colheita, fato que dificulta as leituras desta variável, pois o caule semi lenhoso é sensível e flexível ao peso dos frutos e ao manuseio na hora da avaliação.

Considerando-se a avaliação da altura das plantas de pimentão aos 120 DAT, nos quais ocorreu efeito significativo das doses de silicato (Tabela 4), observou-se que as plantas tratadas com as concentrações de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si obtiveram maiores alturas ( $76,85 \pm 0,92 \text{ cm}$ ) em comparação com a testemunha ( $72,53 \pm 1,29 \text{ cm}$ ) e na concentração de  $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si não diferiu entre os tratamentos (Figura 24).

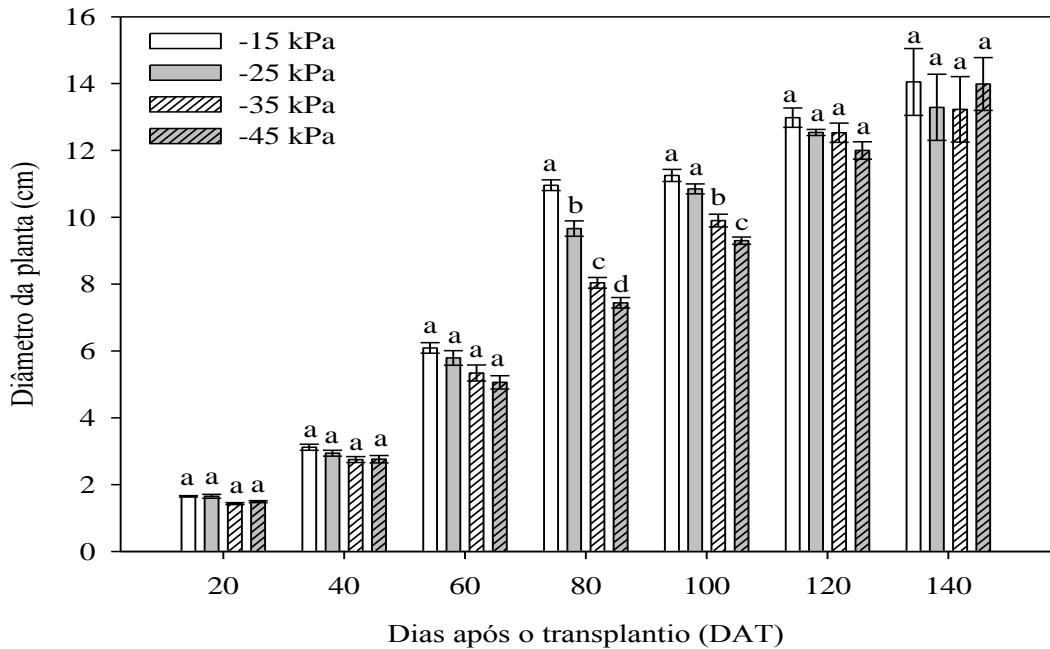


**FIGURA 24.** Médias ( $\pm\text{EP}$ ) da altura (cm) de plantas de pimentão, submetidas a três doses de silicato de potássio ( $\text{kg.ha}^{-1}$  de Si) via pulverização foliar, aos 120 dias após o transplantio (DAT). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Sob déficit hídrico ou qualquer outro fator abiótico há um significativo decréscimo na fotossíntese e, consequentemente, redução na quantidade de metabólitos e energia. Dessa forma, é imperativo afirmar que as plantas utilizam essa limitada quantidade de recursos para necessidades emergenciais, no caso, a sobrevivência. De acordo com Xiong et al. (2006) a inibição do crescimento das raízes laterais pode ser quantificada como uma resposta adaptativa ao déficit hídrico. Dessa forma, apesar de não terem sido quantificados parâmetros de área radicular, no presente trabalho, percebeu-se que o crescimento das plantas de pimentão aos 40, 60, 80 e 100 dias foi menor sob falta de água (-35 e -45 kPa). Grande parte das informações relacionam as reduções do crescimento em plantas sob deficiência hídrica, principalmente com aumento de síntese de ácido abscísico (ABA) e etileno, inibição da síntese e distribuição de auxina e redução na taxa de fotossíntese Taiz e Zeiger (1998) além de alterações bioquímicas à nível de parede celular (BRAY, 1997). De acordo com Davis e Zang (1991), um dos efeitos do ABA é aumentar o sistema radicular em detrimento a parte aérea das plantas em condições de estresse hídrico.

O diâmetro das plantas de pimentão não sofreu influência da interação entre os fatores tensão de água no solo e doses de silicato de potássio durante todo o período de crescimento das plantas (Tabela 4). Considerando-se o fator tensão de água de forma isolada, observou-se diferença significativa no diâmetro da plantas aos 80 ( $F=19,67$ ;  $P=0,00$ ) e 100 DAT ( $F=18,00$ ;  $P=0,00$ ). O fator doses de silicato quando considerado de forma isolada não influenciou significativamente a característica diâmetro de plantas (Tabela 4).

Plantas de pimentão submetidas à tensão de -15 kPa, aos 80 DAT, obtiveram diâmetro médio superior ( $10,96\pm0,16$  cm) em comparação com as tensões de água no solo de -25 ( $9,66\pm0,23$  cm), -35 ( $8,04\pm0,16$  cm) e -45 kPa ( $7,44\pm0,16$  cm) (Figura 25). O mesmo padrão foi observado aos 100 dias após o transplantio (DAT), com plantas submetidas a maiores valores de tensão de água no solo, originando plantas com menor diâmetro (Figura 25). Nas avaliações antecedentes e posteriores aos 80 e 100 DAT não houve diferença significativa no diâmetro das plantas em função das diferentes tensões de água no solo.



**FIGURA 25.** Médias ( $\pm$ EP) do diâmetro (mm) de plantas de pimentão, submetidas a quatro tensões de água no solo (-kPa) em função dos dias após o transplante (DAT). Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada valor de DAT, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

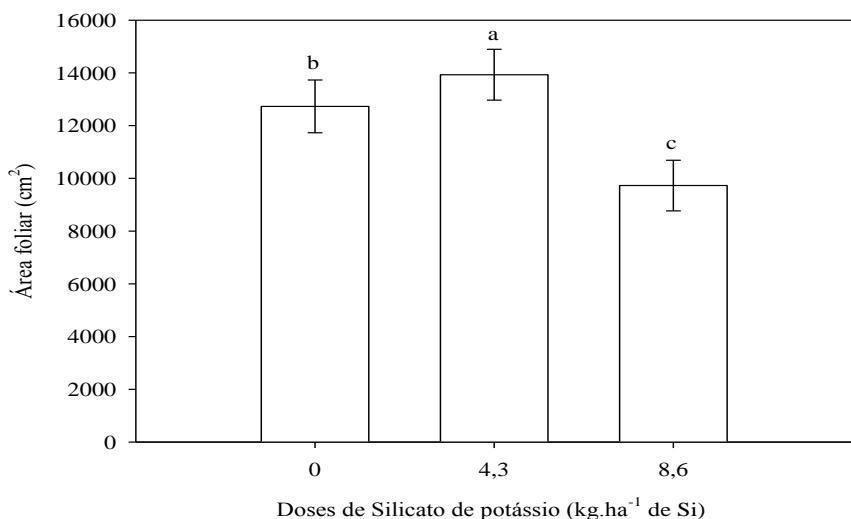
Sob condições de déficit hídrico ou qualquer outro estresse abiótico, ocorre uma diminuição significativa na fotossíntese e, consequentemente, uma redução na quantidade de metabólitos e energia para a planta. Dessa forma, é imperativo que a planta utilize essa pouca energia para atender as prioridades, como a sua sobrevivência e produção de frutos (DORJI et al., 2005). Assim, a planta tende a buscar a água disponível nas camadas mais profundas do solo, ocorrendo, dessa forma, maior crescimento das raízes, principalmente primárias, em detrimento das secundárias como citado por (KULKARNI e PHALKE, 2009). Isso explica por que o diâmetro do caule das plantas de pimentão pouco foi modificado em função das diferentes tensões de água no solo, ou seja, por não ter função de busca por reservas de água.

Apenas as doses de silicato de potássio influenciaram em respostas significativamente diferentes para a área foliar aos 140 DAT em plantas de pimentão (Tabela 5).

**TABELA 5.** Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (subparcelas) sobre características de área foliar ( $\text{cm}^2$ ) medida aos 140 DAT.

Variável	Fonte de variação	GL	SQ	F	P
Área foliar aos 140 DAT	Bloco	3	0,524	0,69	>0,05
	Tensão (T)	3	0,150	1,99	0,142
	Erro (a)	9	0,227		
	Silício (Si)	2	0,149	5,08	0,014
	T x Si	6	0,673	0,76	>0,05
	Erro (b)	24	0,353		

Lima Filho (2005) trabalhando com a cultura do trigo suplementada com silício apresentou maior área foliar em plantas com déficit hídrico. Resultados apresentados no presente trabalho demonstra que a cultura do pimentão é favorecida pela adubação silicatada, tanto nas condições de déficit hídrico ou nas condições de pleno fornecimento de água às plantas. O índice de área foliar quantificado para *Capsicum annuum* L. para obtenção de páprica por Shogwe et al. (2010) também não variou em função de diferentes regimes hídricos via gotejamento. Porém, resultados diferentes são relatados na literatura, indicando que a falta de água pode alterar o dossel de plantas cultivadas como citado para melão, *Cucumis melo* L. (SALEH e IBRAHIM, 2007). Os resultados neste trabalho foram semelhantes para a mesma espécie e acredita-se que a interação ou não entre as tensões de água no solo e a área foliar possa estar relacionada com famílias botânicas ou espécies peculiares de plantas, haja visto que ocorreu padrão similar de comportamento entre plantas da mesma espécie. Plantas de pimentão submetidas à concentração de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si originaram plantas com 9% mais área foliar do que a testemunha e 31% a mais do que aquelas submetidas à concentração de  $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si (Figura 26).



**FIGURA 26.** Médias ( $\pm \text{EP}$ ) da área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de plantas de pimentão, submetidas a três doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) via pulverização foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

De acordo com Ahmed et al. (2011) plantas de sorgo submetidas a  $200 \text{ mL L}^{-1}$  de silicato de potássio produziram maior índice de área foliar em comparação com o controle, concordando com o observado no presente trabalho, para pimentão na concentração de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si, que o silício é capaz de promover uma rápida expansão da área foliar devido a progressivos alongamentos da parede celular (HOSSAIN et al., 2002). Na concentração de  $8,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si houve redução da área foliar que, segundo Buck (2006), pode ser explicado pelo efeito fitotóxico da solução do silicato de potássio com concentração elevada. A área foliar é um parâmetro importante para iniciar os efeitos negativos da seca nas plantas, pois dependendo do seu tipo e duração, pode ocorrer redução da área foliar, afetando diretamente na taxa líquida de fotossíntese, diminuindo a sua eficiência e a assimilação de  $\text{CO}_2$  em genótipos suscetíveis, enquanto que em genótipos resistentes de batata, por exemplo, podem continuar a fotossintetizar por tempo depois do início da seca, indicando que a redução da fotossíntese é altamente dependente do genótipo (SCHAFFLEITNER, 2009).

A qualidade dos frutos da cultura do pimentão colhidos imatura (verde) tais como; comprimento, diâmetro, espessura da casca, peso unitário e números de frutos por planta em condições de diferentes tensões de água no solo e doses de silicato de potássio, em função das cinco colheitas, foram avaliadas na Tabela 6.

**TABELA 6.** Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcela) e doses de silicato de potássio (kg ha<sup>-1</sup> de Si) (subparcelas) sobre características de qualidade de frutos do pimentão, tais como comprimento (cm), diâmetro (cm), espessura da casca (mm), peso unitário (g) e número de frutos por planta em função de cinco colheitas a intervalos médios de 17 dias.

1 <sup>a</sup> colheita			2 <sup>a</sup> colheita			3 <sup>a</sup> colheita			4 <sup>a</sup> colheita			5 <sup>a</sup> colheita				
Fonte de Variação	gl	F	P	Fonte de Variação	gl	F	P	Fonte de Variação	gl	F	P	Fonte de variação	gl	F	P	
Comprimento	Bloco	3	3,31	0,037	Bloco	3	7,45	0,001	Bloco	3	4,33	0,014	Bloco	3	0,99	>0,05
	Tensão (T)	3	3,05	0,048	Tensão (T)	3	3,04	0,04	Tensão (T)	3	14,65	0,000	Tensão (T)	3	1,28	0,304
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,64	>0,05	Silício (Si)	2	0,59	>0,05	Silício (Si)	2	2,75	0,084	Silício (Si)	2	0,79	>0,05
	T x Si	6	0,99	>0,05	T x Si	6	0,95	>0,05	T x Si	6	1,99	0,106	T x Si	6	0,49	>0,05
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
Diâmetro	Bloco	3	8,30	0,000	Bloco	3	0,64	>0,05	Bloco	3	2,48	0,085	Bloco	3	3,32	0,036
	Tensão (T)	3	2,28	0,104	Tensão (T)	3	0,55	>0,05	Tensão (T)	3	1,52	0,235	Tensão (T)	3	3,51	0,030
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,14	>0,05	Silício (Si)	2	3,27	0,06	Silício (Si)	2	1,02	0,376	Silício (Si)	2	5,09	0,014
	T x Si	6	0,49	>0,05	T x Si	6	0,51	>0,05	T x Si	6	1,44	0,241	T x Si	6	0,99	>0,05
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
Espessura	Bloco	3	2,53	0,081	Bloco	3	0,05	>0,05	Bloco	3	1,67	0,200	Bloco	3	2,12	0,124
	Tensão (T)	3	48,84	0,000	Tensão (T)	3	0,68	>0,05	Tensão (T)	3	2,90	0,055	Tensão (T)	3	1,12	0,362
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,38	>0,05	Silício (Si)	2	0,34	>0,05	Silício (Si)	2	0,11	>0,05	Silício (Si)	2	1,44	0,255
	T x Si	6	0,61	>0,05	T x Si	6	0,72	>0,05	T x Si	6	0,37	>0,05	T x Si	6	0,52	>0,05
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
Peso unitário	Bloco	3	0,88	>0,05	Bloco	3	3,27	0,038	Bloco	3	8,07	0,000	Bloco	3	1,63	0,209
	Tensão (T)	3	8,68	0,000	Tensão (T)	3	1,31	0,293	Tensão (T)	3	4,07	0,018	Tensão (T)	3	3,12	0,045
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,06	>0,05	Silício (Si)	2	0,45	>0,05	Silício (Si)	2	2,01	0,156	Silício (Si)	2	0,91	>0,05
	T x Si	6	0,40	>0,05	T x Si	6	1,83	0,134	T x Si	6	2,65	0,040	T x Si	6	0,35	>0,05
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
Frutos por planta	Bloco	3	0,54	>0,05	Bloco	3	2,48	0,085	Bloco	3	4,93	0,008	Bloco	3	0,99	>0,05
	Tensão (T)	3	43,77	0,000	Tensão (T)	3	3,19	0,041	Tensão (T)	3	4,07	0,018	Tensão (T)	3	0,99	>0,05
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,71	>0,05	Silício (Si)	2	1,68	0,207	Silício (Si)	2	0,69	>0,05	Silício (Si)	2	0,84	>0,05
	T x Si	6	2,88	0,029	T x Si	6	0,22	>0,05	T x Si	6	1,95	0,113	T x Si	6	3,86	0,007
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		

Na Primeira colheita a interação entre os fatores tensão de água no solo e doses de silicato de potássio foi significativa apenas para a característica número de frutos por planta (Tabela 6). Observou-se que plantas de pimentão submetidas à tensão de -35 kPa e sem aplicação de silicato produziram aproximadamente 73% a mais de frutos por planta ( $2,18 \pm 0,18$ ) do que aquelas com aplicação de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  Si sob mesma tensão ( $1,59 \pm 0,12$ ) (Tabela 7). Além disso, independente da dose de  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  aplicada, observou-se que a tensão de -45 kPa sempre originou menor número de frutos por planta na primeira colheita do experimento (Tabela 7). Para as demais características de qualidade do fruto avaliadas na primeira colheita, como comprimento e diâmetro do fruto, espessura da casca do fruto e peso médio do fruto não ocorreram interações significativas.

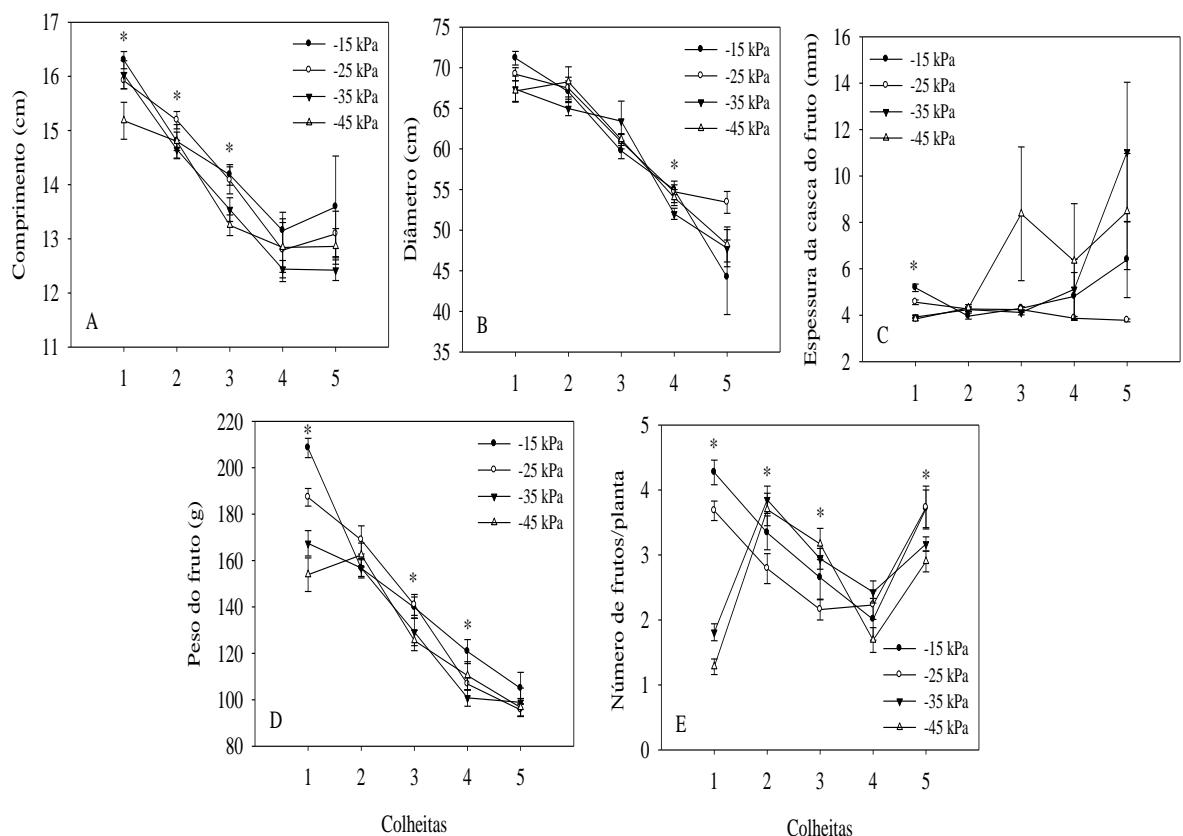
O fator tensão de água no solo determinou diferenças significativas no comprimento do fruto de pimentão ( $F= 3,05; P= 0,04$ ), espessura da casca do fruto ( $F= 48,84; P= 0,00$ ), peso médio do fruto ( $F= 8,68; P= 0,00$ ) e número de frutos por planta ( $F= 43,77; P= 0,00$ ) (Tabela 6). A tensão de -45 kPa, na primeira colheita, originou frutos com menores valores de comprimento ( $15,18 \pm 0,34 \text{ cm}$ ) (Figura 27A), espessura da casca do fruto ( $3,84 \pm 0,06 \text{ mm}$ ) (Figura 27C), peso médio de frutos ( $153,92 \pm 7,22 \text{ g}$ ) (Figura 27D) e menor número de frutos/planta ( $1,28 \pm 0,12$ ) (Figura 27E) em comparação com a menor tensão de água no solo, portanto, maior disponibilidade de água (-15 kPa). Plantas de pimentão submetidas às diferentes tensões de água no solo não demonstraram diferença significativa quanto ao diâmetro do fruto (Tabela 6 e Figura 27B).

Na segunda colheita as tensões de água no solo, considerando esse fator isolado, delimitaram diferenças significativas para o comprimento de fruto e número de frutos por planta na segunda colheita (Tabela 6). Menores valores de comprimento do fruto e número de fruto/planta de pimentão foram encontrados quando as plantas foram submetidas à tensão de -35 kPa ( $14,65 \pm 0,17 \text{ cm}$ ) (Figura 27A) e -25 kPa ( $2,79 \pm 0,23$ ) (Figura 27E), respectivamente.

Na terceira colheita a Tabela 6 observa-se que não houve interação entre as tensões de água e o silicato de potássio para nenhum das características de qualidade do fruto de pimentão avaliadas.

O silicato de potássio, como fator isolado, também não foi significativo para nenhuma das características de qualidade de fruto para a terceira colheita. Porém, observou-se diferenças significativas para o fator tensão de água no solo nos parâmetros

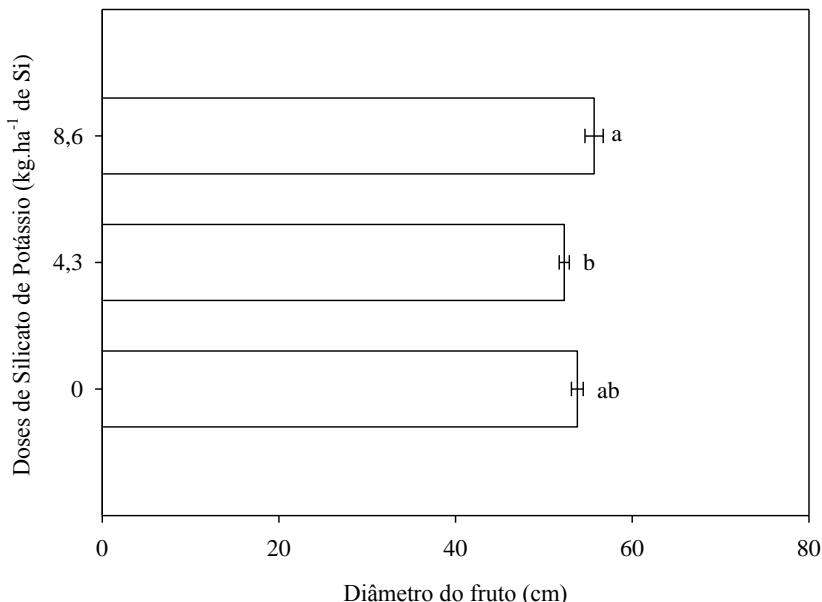
comprimento de fruto, espessura da casca, peso médio de fruto e número de frutos por planta (Tabela 6). Os maiores valores observados para comprimento dos frutos de pimentão, na terceira colheita, foram aqueles submetidos à tensão de -15 kPa ( $14,18 \pm 0,19$  cm). Esse padrão não foi observado para as características número de frutos por planta e espessura da casca do fruto, em que a tensão de -45 kPa originou maiores valores ( $3,17 \pm 0,24$  e  $8,37 \pm 2,88$  mm, respectivamente). Para o peso médio de frutos, a tensão de -25 kPa originou maior valor ( $140,88 \pm 4,5$  g) em comparação com  $125,52 \pm 4,37$  g dos frutos oriundos da tensão de -45 kPa (Figura 27D).



**FIGURA 27.** Médias ( $\pm EP$ ) do comprimento do fruto (A), diâmetro (B), espessura da casca do fruto (C), peso unitário de um fruto (D) e do número de frutos por planta (E) de pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) no decorrer de cinco colheitas a intervalos médios de 17 dias. Asteriscos (\*) entre tensões e dentro de cada colheita, para cada variável, indicam diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na quarta colheita, a tensão de água no solo interferiu significativamente nas características diâmetro de fruto e peso médio de frutos de pimentão (Tabela 6). De acordo com a figura 28B, os valores extremos para o diâmetro de frutos foram  $52,01 \pm 0,69$  e  $54,98 \pm 0,61$  cm para as tensões de -35 kPa e -15 kPa, respectivamente. A tensão de -35 kPa originou um peso médio de frutos de pimentão de  $100,81 \pm 3,55$  g e a

de -15 kPa originou frutos mais pesados ( $120,78 \pm 5,16$ g) (Figura 28D). O fator isolado doses de silicato de potássio também delimitou diferenças no diâmetro de frutos de pimentão (Tabela 6). Na figura 28 observa-se que o tratamento com a concentração de 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si originaram plantas com diâmetros maiores que as plantas submetidas à concentração de 4,3 kg ha<sup>-1</sup> de Si e a testemunha não diferiu entre os tratamentos.



**FIGURA 28.** Médias ( $\pm$ EP) do diâmetro de frutos de pimentão, colhidos na 4<sup>a</sup> colheita e submetidos a três doses de silicato de potássio (kg ha<sup>-1</sup> de Si) via pulverização foliar. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Já na última colheita nenhum dos dois fatores estudados, de maneira isolada ou com interação, interferiu no comprimento, diâmetro, espessura e peso médio de frutos para a quinta colheita (Tabela 6). Porém, plantas de pimentão submetidas à tensão de -45 kPa originaram menor número de frutos por planta em comparação com as demais tensões ( $F=3,11$ ;  $P=0,045$ ) (Figura 27E). Essa última característica sofreu influência da interação entre os fatores tensão de água no solo e doses de silicato de potássio (Tabela 6), porém com respostas diferentes daquelas encontradas para a interação na primeira colheita, ou seja, para a quinta colheita, as plantas tratadas com K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> nas concentrações de 4,3 e 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si originaram maior número de frutos por planta do que as plantas testemunha (sem K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) (Tabela 7).

**TABELA 7.** Médias ( $\pm EP^1$ ) do número de frutos por planta de pimentão, quantificados na primeira e última colheita sob influência de quatro tensões de água no solo (-kPa) e três doses de silicato de potássio ( $kg\ ha^{-1}$  de Si).

1 <sup>a</sup> colheita						
	Doses de silicato de potássio ( $kg\ ha^{-1}$ de Si)					
Tensões	0,0	4,3	8,6	F	P	CV
-15 kPa	4,31±0,28 Aa	4,25±0,54 Aa	4,25±0,21 Aa	0,016	>0,05	7,84
-25 kPa	3,71±0,32 Aa	3,65±0,11 Aa	3,68±0,37 Aa	0,008	>0,05	6,81
-35 kPa	2,18±0,18 Ba	1,59±0,12 Bb	1,87±0,21 Bab	5,585	0,026	7,60
-45 kPa	1,18±0,19 Ca	1,37±0,22 Ba	1,06±0,20 Ca	1,648	0,245	12,13
F	33,69	27,30	35,02			
P	0,000	0,000	0,000			
CV	7,84	8,91	8,42			
5 <sup>a</sup> colheita						
	Doses de silicato de potássio ( $kg\ ha^{-1}$ de Si)					
Tensões	0,0	4,3	8,6	F	P	CV
-15 kPa	3,98±0,58 Aa	4,00±0,68 Aa	3,18±0,19 Ba	0,730	>0,05	12,16
-25 kPa	2,53±0,52 Ab	3,93±0,31 Aa	4,75±0,17 Aa	8,195	0,009	9,95
-35 kPa	2,93±0,23 Aa	3,28±0,20 Aa	3,31±0,16 Ba	1,077	0,380	5,59
-45 kPa	3,06±0,25 Aa	2,71±0,37 Aa	2,93±0,28 Ba	0,342	>0,05	9,35
F	1,975	2,045	12,915			
P	0,171	0,161	0,0004			
CV	11,88	10,75	5,46			

<sup>1</sup>Valores dentro da coluna, seguidos pela mesma letra maiúscula não diferem entre sí a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Valores dentro de cada linha, seguidos pela mesma letra minúscula não diferem entre sí ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. CV= coeficiente de variação.

O que se observa é que os parâmetros de qualidade do fruto do pimentão são altamente sensíveis à falta de água, independentemente da colheita a ser avaliada. Todavia, as manutenções de níveis de água próximas à capacidade de campo podem comprometer outros parâmetros qualitativos não avaliados neste trabalho. A manutenção da irrigação a níveis de capacidade de campo diminuiu o grau brix de frutos de pimentão, o que não é satisfatório para produção de páprica (SHONGWE et al., 2010). Isso indica que o manejo da irrigação do pimentão, com o objetivo de manter desejáveis suas características físico-químicas, deverá ser realizado de acordo com a finalidade da produção, se *in natura* ou para processamento industrial.

Quando os parâmetros de qualidade do fruto de pimentão foram considerados em função de todo o ciclo da cultura, observou-se que não houve interação significativa entre os dois fatores para nenhuma variável e que o silicato quando considerado isolado também não interferiu na qualidade dos frutos de pimentão. Porém, o peso médio dos frutos dessa solanácea foi significativamente influenciado pelas diferentes tensões de água avaliadas ( $F= 4,35$ ;  $P= 0,01$ ) (Tabela 8).

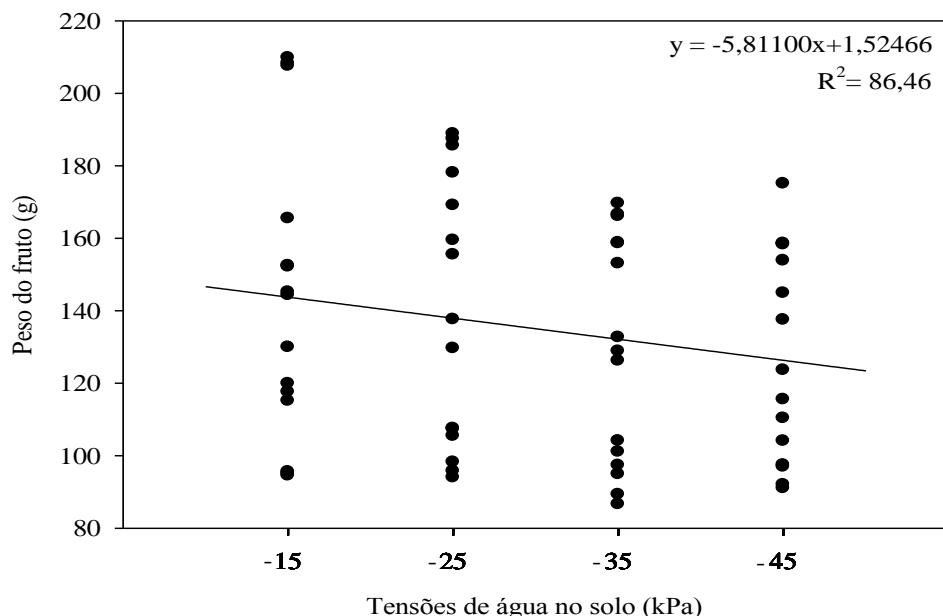
**TABELA 8.** Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcela) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (subparcelas) sobre características de qualidade de frutos do pimentão, tais como comprimento (cm), diâmetro (cm), espessura da casca (mm), peso unitário (g) e número de frutos por planta em todo o período experimental.

Variável	Fonte de variação	Gl	SQ	F	P
Comprimento (cm)	Bloco	4	0,107	67,36	0,000
	Tensão (T)	3	0,148	1,23	0,313
	Erro (a)	12	0,480		
	Silício (Si)	2	0,434	2,41	0,106
	T x Si	6	0,105	1,94	0,104
	Erro (b)	32	0,289		
Coeficiente de variação= 0,83					
Diâmetro (cm)	Bloco	4	12,123	117,76	0,000
	Tensão (T)	3	0,774	1,00	0,404
	Erro (a)	12	0,308		
	Silício (Si)	2	0,517	0,15	>0,05
	T x Si	6	0,248	0,24	>0,05
	Erro (b)	32	0,563		
Coeficiente de variação= 1,71					
Espessura da casca do fruto (mm)	Bloco	4	0,832	1,22	0,320
	Tensão (T)	3	0,154	0,30	>0,05
	Erro (a)	12	0,204		
	Silício (Si)	2	0,136	1,83	0,176
	T x Si	6	0,263	1,18	0,342
	Erro (b)	32	0,119		
Coeficiente de variação= 9,71					
Peso unitário do fruto (g)	Bloco	4	0,658	88,96	0,000
	Tensão (T)	3	0,241	4,35	0,011
	Erro (a)	12	0,222		
	Silício (Si)	2	0,233	0,29	>0,05
	T x Si	6	0,348	1,44	0,230
	Erro (b)	32	0,129		
Coeficiente de variação= 0,94					
Número de frutos por planta	Bloco	4	22,244	11,93	0,000
	Tensão (T)	3	0,649	0,46	>0,05
	Erro (a)	12	5,591		
	Silício (Si)	2	0,419	2,00	0,151
	T x Si	6	0,671	1,07	0,401
	Erro (b)	32	3,353		
Coeficiente de variação= 13,50					

Resultados semelhantes foram observados por Cavalcante (2008) que trabalhando com diferentes lâminas de irrigação e adubação na produção de pimentão não encontrou interação significativa entre os tratamentos e nem diferenças isoladas no número de frutos por planta e comprimento dos frutos e Albuquerque (2010) não

observou diferenças significativas para diâmetro de fruto e espessura da casca de pimentão.

O modelo de regressão linear foi o que melhor ajustou-se aos dados correspondentes ao peso médio do fruto em função das diferentes tensões ( $F= 20,17$ ;  $P= 0,04$ ) (Figura 29). Nesse caso, houve tendência do peso dos frutos diminuírem com o aumento da tensão de água no solo (Figura 29).



**FIGURA 29.** Peso unitário do fruto de pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa).

Macêdo e Alvarenga (2005) e Sezen et al. (2006) também constataram efeito linear significativo de lâminas de água sobre o peso médio dos frutos de pimentão e Frizzone et al. (2001) observaram que a maior frequência de irrigação contribuiu para o aumento do peso médio de frutos na cultura do pimentão, o que também foi observado no presente estudo. Shongwe et al. (2010) também observaram características qualitativas de frutos de pimentão para páprica serem afetadas em altas tensões de água no solo. Sob tais condições, ocorre indução de maior concentração de ABA nas folhas causando fechamento dos estômatos. Uma vez que ocorre fechamento dos estômatos, a capacidade de fotossíntese da planta é prejudicada e, consequentemente, a qualidade de seus frutos (DODD, 2008).

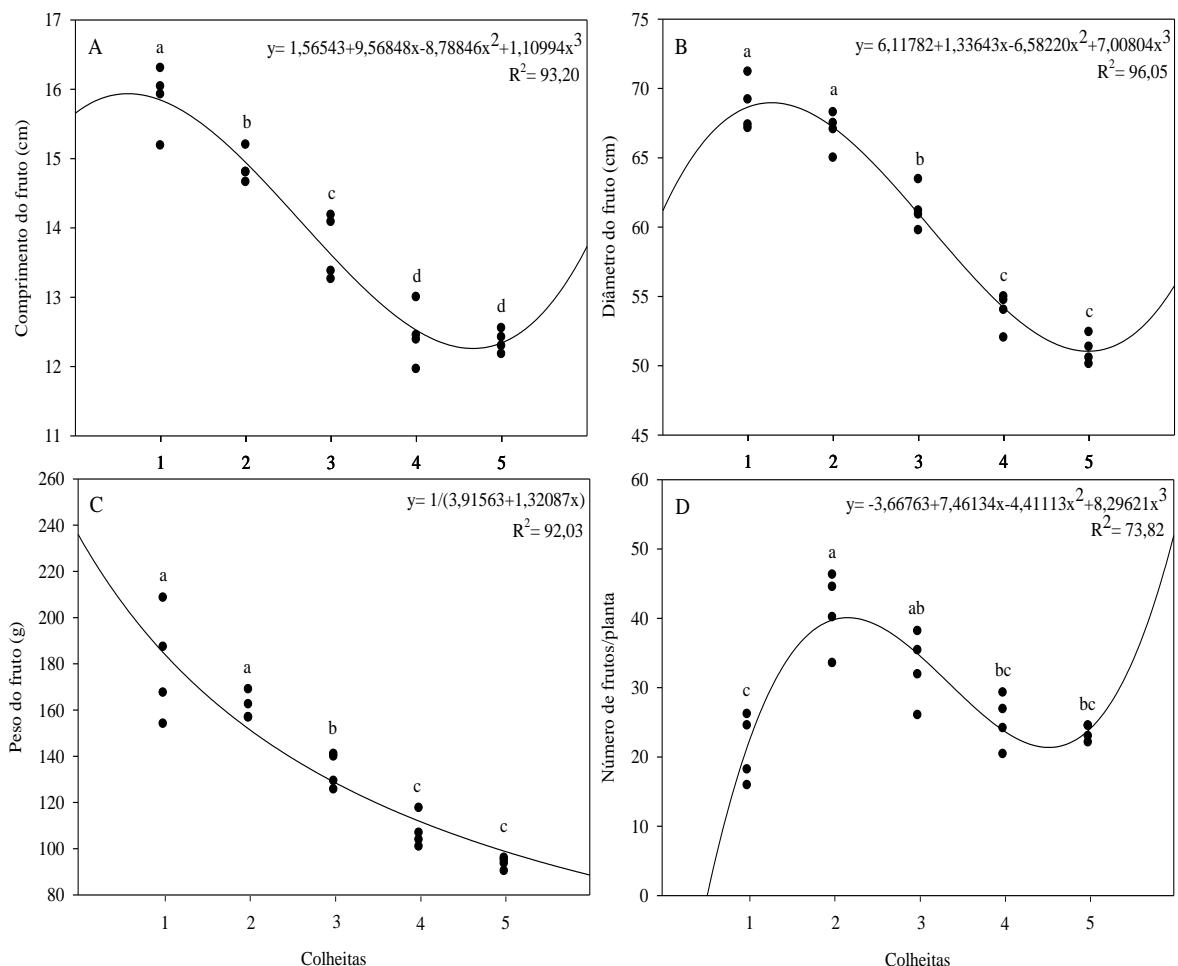
Na avaliação entre as colheitas sem levar em consideração as tensões de água no solo e as doses de silicato de potássio, apenas a espessura da casca dos frutos de pimentão não variou significativamente entre as cinco colheitas realizadas ( $F= 1,04$ ;  $P=$

0,425) (Tabela 9). Todavia, para as demais variáveis de qualidade do fruto, observou-se que houve diferenças significativas quando foram comparadas cinco colheitas realizadas a intervalos de aproximadamente 17 dias (Tabela 9).

**TABELA 9.** Avaliação da ANOVA entre características de qualidade do fruto do pimentão, tais como comprimento (cm), diâmetro (cm), espessura da casca do fruto (mm), peso unitário do fruto (g) e número de frutos por subparcela (8 plantas) entre as cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalo de 17 dias.

Fonte de variação	Gl	SQ	QM	F	P
Comprimento (cm)					
Bloco	3	0,5516	0,1838	1,38	0,2952
Colheitas	4	37,1129	9,2782	69,79	0,0000
Erro	12	1,5951	0,1329		
Diâmetro (cm)					
Bloco	3	6,0073	2,0024	0,92	>0,05
Colheitas	4	964,5320	241,1330	110,86	0,0000
Erro	12	26,1004	2,1750		
Espessura (mm)					
Bloco	3	1,5754	0,5251	0,45	>0,05
Colheitas	4	4,8024	1,2006	1,04	0,4254
Erro	12	13,8189	1,1515		
Peso unitário (g)					
Bloco	3	927,5198	309,1733	3,01	0,0716
Colheitas	4	20510,43	5127,607	50,07	0,0000
Erro	12	1228,780	102,3983		
Número de frutos/planta					
Bloco	3	31,1641	10,3880	0,46	>0,05
Colheitas	4	1067,750	266,9374	11,93	0,0003
Erro	12	268,3970	22,3664		

Os modelos de regressão cúbica foram significativos para explicar o comportamento dos dados de comprimento ( $F= 87,86$ ;  $P= 0,00$ ) e diâmetro do fruto ( $F= 155,17$ ;  $P= 0,00$ ) em função das diferentes tensões de água no solo (Figuras 30A e B, respectivamente).



**FIGURA 30.** Características de qualidade do fruto do pimentão, tais como comprimento (cm) (A), diâmetro (cm) (B), peso unitário (g) (C) e número de frutos por parcela (8 plantas) (D) em função de cinco colheitas com intervalo de 15 dias. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

O comportamento do peso médio dos frutos em função das cinco colheitas realizadas seguiu um modelo de regressão hiperbólico ( $F= 220,69; P= 0,00$ ) com tendência à drástica redução do peso dos frutos entre a primeira e a quinta colheita de até 50% do peso dos frutos (Figura 30C). O modelo de regressão que ajustou-se de maneira mais adequada para explicar o comportamento do número de frutos por subparcela (8 plantas) ao longo das cinco colheitas foi o cúbico ( $F= 18,86; P= 0,00$ ), como ocorrido para as variáveis comprimento e diâmetro de fruto. Porém, ao contrário desses dois últimos casos, o número de frutos por parcela (8 plantas) de pimentão atingiu seu máximo valor ( $41,09 \pm 2,84$ ) na segunda colheita (Figura 30D).

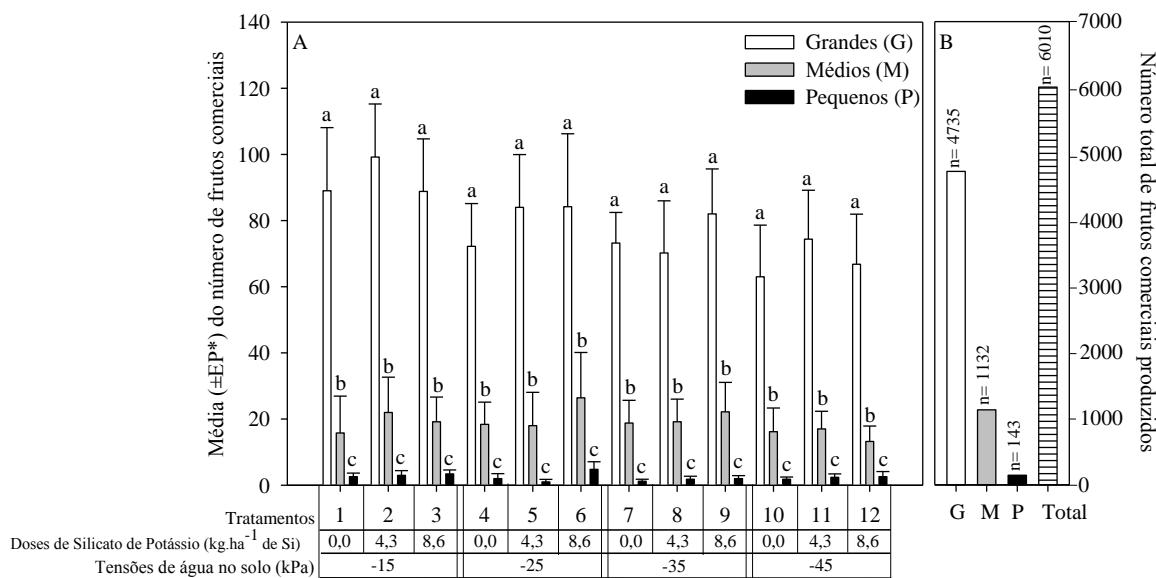
O número de frutos de pimentão, em função de cada categoria de classificação estudada, não sofreu influência da interação entre as tensões de água no solo e as doses

de silicato de potássio e nem quando esses fatores foram considerados isoladamente (Tabela 10).

**TABELA 10.** Avaliação da ANOVA do número de frutos de pimentão, de acordo com os seguintes parâmetros de classificação: Grande (>120 mm), Médios (>90 e <120 mm) e Pequenos (>60 e <90 mm) e em função de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (nas parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (nas subparcelas) para um total de cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalos médios de 17 dias.

Variável	Fonte de variação	Gl	F	P
Número de frutos da classificação G	Bloco	4	6,03	0,001
	Tensão (T)	3	1,04	0,390
	Erro (a)	12		
	Silício (Si)	2	2,00	0,151
	T x Si	6	0,92	>0,05
	Erro (b)	32		
Número de frutos da classificação M	Bloco	4	31,99	0,000
	Tensão (T)	3	0,73	>0,05
	Erro (a)	12		
	Silício (Si)	2	0,89	>0,05
	T x Si	6	1,04	0,417
	Erro (b)	32		
Número de frutos da classificação P	Bloco	4	7,45	0,000
	Tensão (T)	3	0,73	>0,05
	Erro (a)	12		
	Silício (Si)	2	3,21	0,063
	T x Si	6	1,25	0,307
	Erro (b)	32		

Todavia, observou-se para cada tratamento que o número de frutos de pimentão da categoria G (grandes) foi bem superior em comparação com as outras categorias M (médios) e P (pequenos) (Figura 31A). Do total de 6010 frutos de pimentão produzidos ao longo de cinco colheitas, 79% desses foram grandes, 19% foram médios e apenas 2% tiveram comprimento >60 e <90 mm (ou seja, pequenos) (Figura 31B).



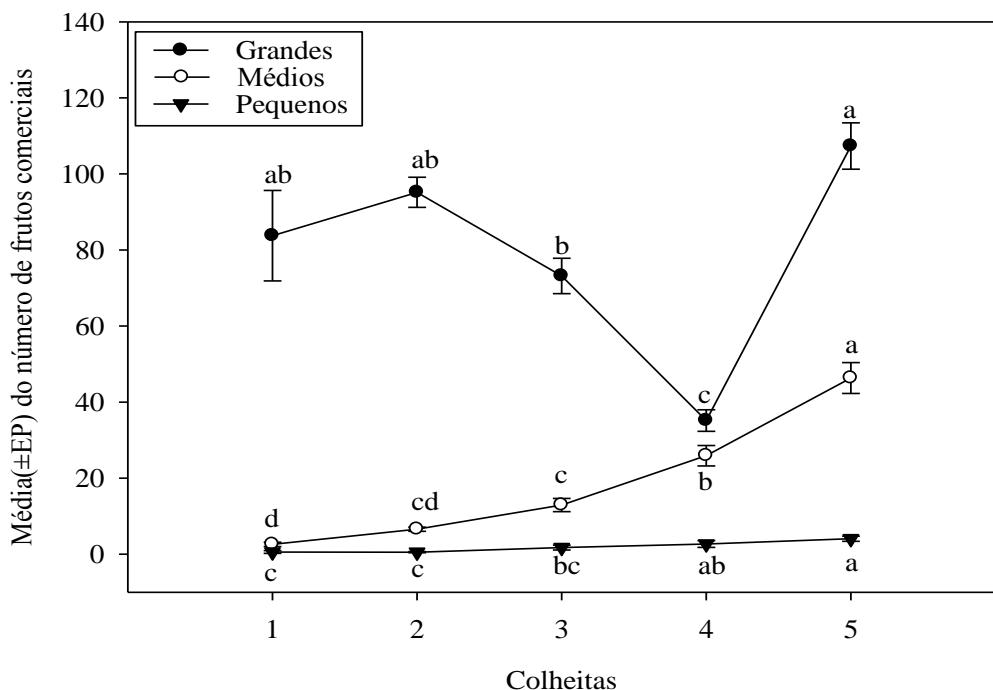
**FIGURA 31.** Número (Média $\pm$ EP\*) de frutos comerciais de pimentão, colhidos *in natura* e classificados em Grandes ( $>120\text{mm}$ ), Médios ( $>90$  e  $<120\text{mm}$ ) e Pequenos ( $>60$  e  $<90\text{mm}$ ) (A) e número total de frutos comerciais colhidos para cada categoria de tamanho estabelecida em função de diferentes doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) e tensões de água no solo (-kPa) (B). Na Figura A, encontra-se a média das cinco colheitas. As médias seguidas pela mesma letra, entre tratamentos e dentro de cada categoria de classificação, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Resultados diferentes foram observados por Gonçalves (2009) que encontrou incremento na classificação de tubérculos de batata na classe extra com adubação silicatada e Sá et al. (2005) que, trabalhando com a cultura do tomate, observaram que elevadas tensões de água no solo influenciam negativamente a classificação dos frutos colhidos.

Frutos considerados não comerciais (menores que 60 mm) obtidos durante a realização deste trabalho foram insignificantes e não contabilizados. Esse resultado é conferido à genética da cultivar utilizada Magali R que possui excelente uniformidade dos frutos Filgueira (2000), não observando diferenças entre os tratamentos tensão de água no solo e doses de silicato de potássio.

Quando se considerou o número de frutos de acordo com a classificação, entre as cinco colheitas realizadas (Figura 32), observou-se que a quinta colheita produziu maior número de frutos grandes ( $107,33 \pm 6,10$ ) em comparação com as terceira e quarta colheitas ( $F=16,95$ ;  $P= 0,00$ ). A quinta e última colheita também produziu maior

número de frutos médios ( $F= 56,87; P= 0,00$ ) e pequenos ( $F= 11,28; P= 0,00$ ) do que as suas antecessoras (Figura 32).



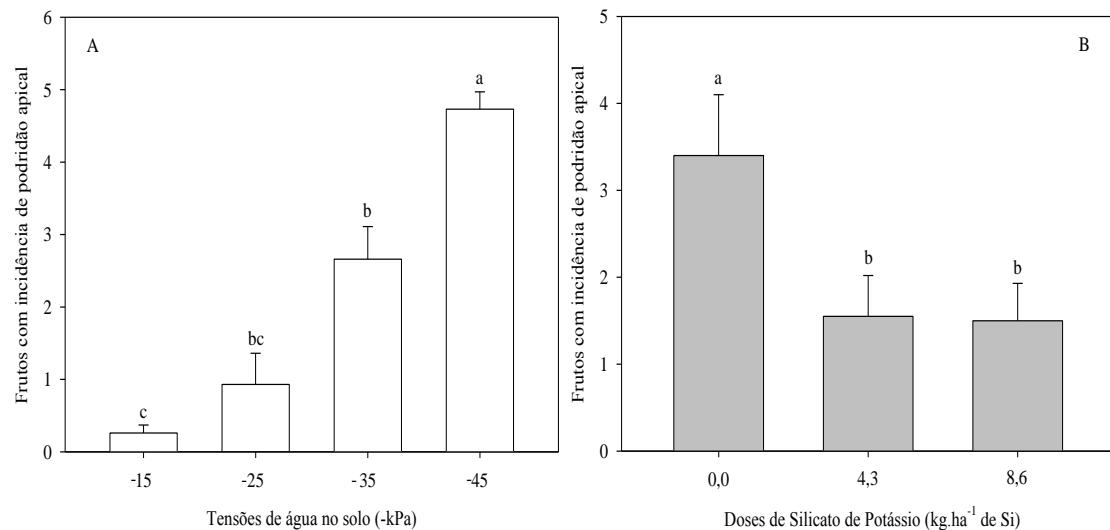
**FIGURA 32.** Número (Média±EP) de frutos comerciais de pimentão, colhidos *in natura* e classificados em Grandes ( $>120\text{mm}$ ), Médios ( $>90$  e  $<120\text{mm}$ ) e Pequenos ( $>60$  e  $<90\text{mm}$ ) em função de cinco colheitas. Médias seguidas pela mesma letra, entre as colheitas e dentro de cada categoria de classificação, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Um total de 129 e 70 frutos de pimentão foram acometidos com podridão apical e escaldadura, respectivamente, representando 2,14 e 1,16% do total de frutos colhidos ao longo de todo o período experimental. A interação entre a tensão de água no solo e o silicato de potássio não foi significativa para ambas as anomalias fisiológicas (Tabela 11) e a incidência de frutos de pimentão com escaldadura não sofreu influência de nenhum dos dois fatores quando tratados de forma isolada (Tabela 11). Todavia, a tensão de água no solo ( $F= 4,49; P= 0,009$ ) e o  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  ( $F= 5,81; P= 0,007$ ) influenciaram significativamente na incidência de podridão apical nos frutos de pimentão (Tabela 11).

**TABELA 11.** Avaliação da ANOVA do número de frutos de pimentão, com incidência de podridão apical e escaldadura em função de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (nas parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (nas subparcelas) para um total de cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalos médios de 17 dias.

Variável	Fonte de variação	Gl	F	P
Frutos com Podridão Apical	Bloco	4	0,65	>0,05
	Tensão (T)	3	4,49	0,009
	Erro (a)	12		
	Silício (Si)	2	5,81	0,007
	T x Si	6	1,54	0,198
	Erro (b)	32		
Frutos com escaldadura	Bloco	4	10,93	0,000
	Tensão (T)	3	0,73	>0,05
	Erro (a)	12		
	Silício (Si)	2	0,02	>0,05
	T x Si	6	1,91	0,108
	Erro (b)	32		

Para esses casos, a pouca quantidade de água no solo (maiores valores de tensão de água) e a ausência de aplicação de  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  originaram frutos com maiores incidência de podridão apical (Figuras 33 A e B, respectivamente).



**FIGURA 33.** Número de frutos (Média  $\pm$  EP) de pimentão, com incidência de podridão apical colhidos *in natura*, em função do fator tensão de água no solo (-kPa) (A) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (B). Médias seguidas pela mesma letra entre as barras, para ambas as figuras, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

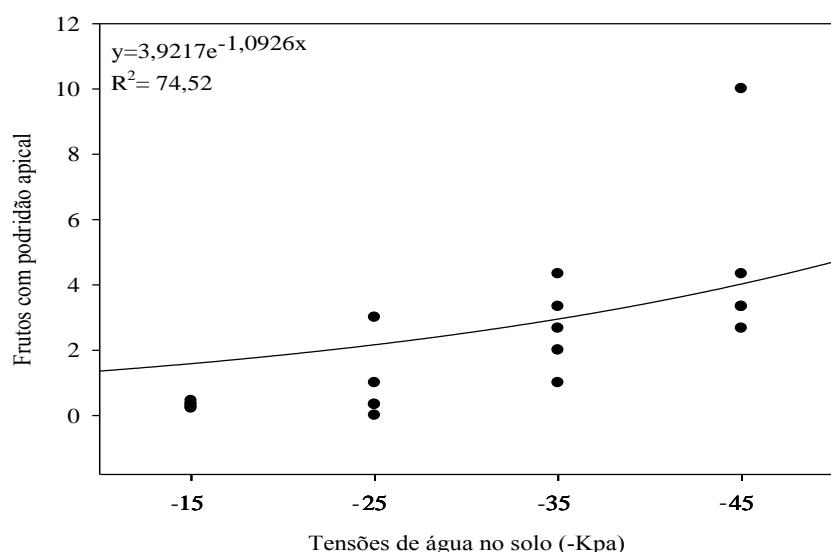
Apenas a correlação entre a tensão de água no solo e a incidência da podridão apical foi constatada como significativa e positiva no presente estudo (Tabela 12).

**TABELA 12.** Coeficiente de correlação entre a incidência das doenças fisiológicas podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) via aplicação foliar.

Doença	Número de observações	Correlação	Z	P
Tensões de água no solo				
Podridão apical	12	0,89*	2,9693	0,0015
Escaldadura	12	0,44	1,4846	0,0688
Doses de Silicato de Potássio				
Podridão apical	12	-0,2324	-0,7709	0,2204
Escaldadura	12	-0,0726	-0,2409	0,4048

\* Valor significativo a 5% de probabilidade pela correlação de Spearman.

Nesse caso, o número de frutos com sintoma de podridão apical tende a aumentar seguindo um modelo de regressão exponencial ( $F= 40,96$ ;  $P= 0,0001$ ) à medida em que o valor da tensão de água no solo aumenta (Figura 34).



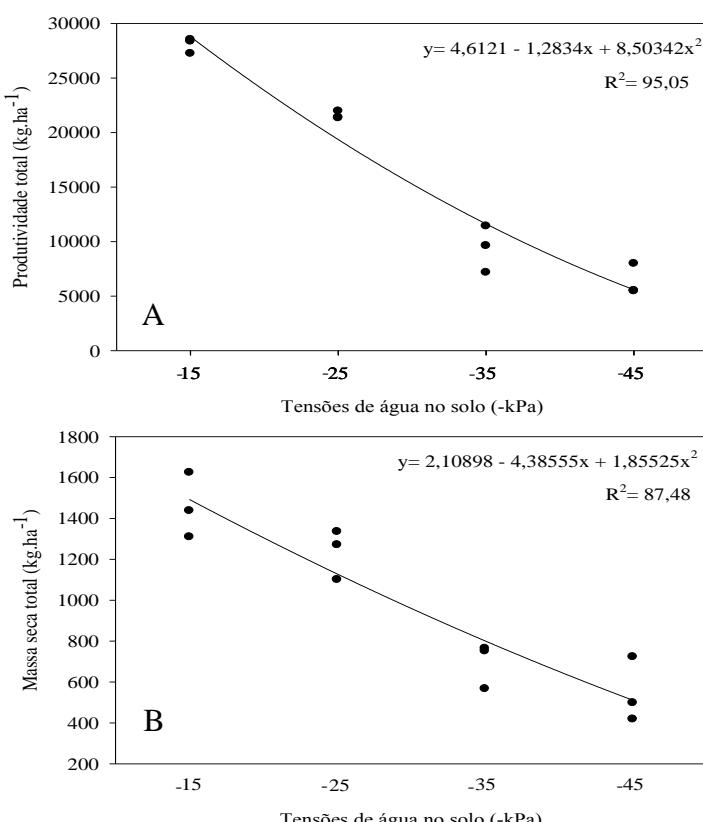
**FIGURA 34.** Correlação logarítmica entre a incidência da doença podridão apical em frutos de pimentão, colhidos *in natura*, e tensões de água no solo (-kPa). \*Valores compreendidos pela média do número de frutos com podridão apical para cinco colheitas.

Segundo Souza et al. (2011) a falta de água durante fases iniciais de frutificação pode restringir a translocação de nutrientes como o cálcio e reduzir a cobertura foliar das plantas de pimentão. Essa deficiência hídrica pode contribuir para o surgimento da podridão apical e da escaldadura, causando perdas significativas na qualidade e produção dos frutos (HARTZ et al., 2008; FILGUEIRA, 2008; SOUZA et al., 2011). Trabalhos realizados por Carvalho (2000) e Carvalho et al. (2002) demonstraram redução dos sintomas da podridão apical nos frutos de tomate utilizando adubações

silicatadas via solo, uma vez que esse elemento promover o uso mais eficiente da água, diminuindo a competição por cálcio pela transpiração foliar. Luz et al. (2006) trabalhando com plantas de alface, cultivadas em sistema hidropônico, observaram menores incidências de anomalias fisiológicas do tipo queima dos bordos. Pois, o Si aumenta a rigidez das células das plantas e regula a transpiração.

Comparando a produção ao longo das cinco colheitas foi observado que na primeira colheita para todos os parâmetros de produção avaliados houve interação significativa entre as tensões de água no solo e as doses de silicato de potássio (Tabela 13). O fator tensão de água no solo, quando considerado isolado, também influenciou significativamente nas respostas observadas na produção por planta, produção total, massa seca de frutos por planta e massa seca total (Tabela 13).

Nesse caso, houve tendência de maiores produções nas menores tensões de água no solo (-15 e -25 kPa) com diminuição severa nas tensões de -35 e -45 kPa (Figura 35) e todos os parâmetros de produção total ( $F= 98,17; P= 0,00$ ) e massa seca total ( $F= 29,24; P= 0,0001$ ) seguindo um modelo de regressão quadrática (Figura 35).



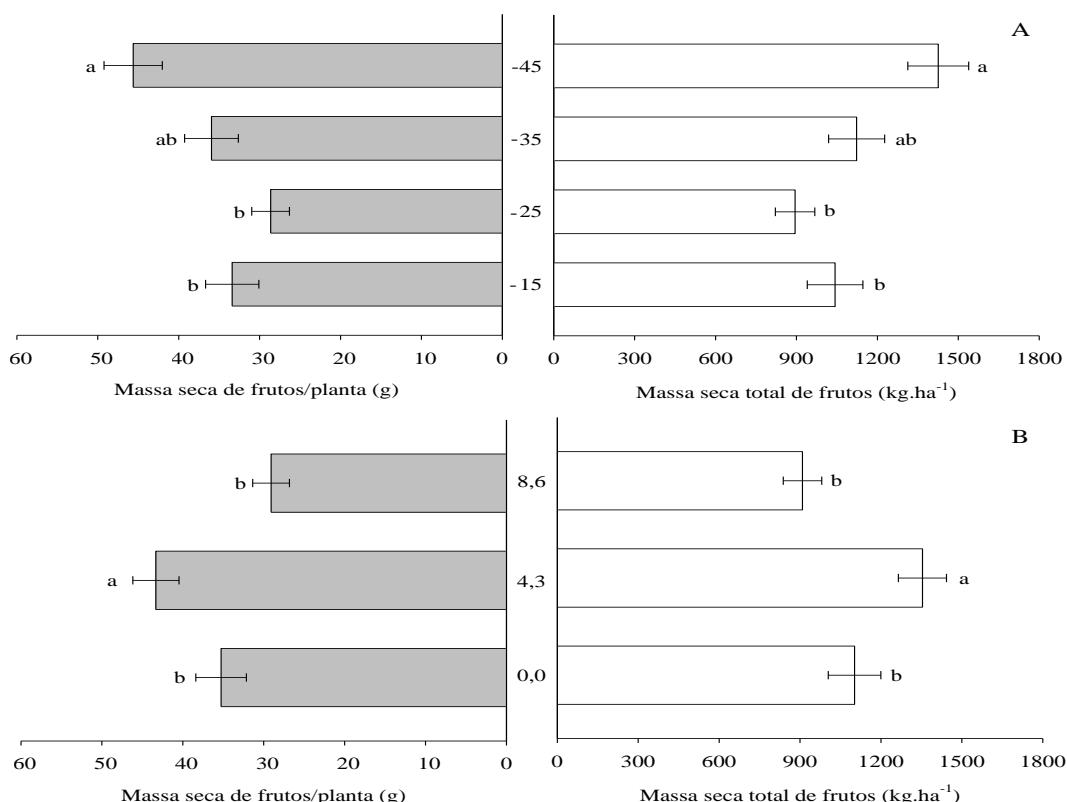
**FIGURA 35.** Produção total ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (A), massa seca total ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (B) do pimentão, submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) para a primeira colheita. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

**TABELA 13.** Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) (subparcelas) sobre parâmetros de produção do pimentão, tais como produção por planta (PROPL)(g), produção total (PROTOT)(kg/ha), massa seca total de frutos (MSTOT)( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) e massa seca de frutos por planta (MSPL)(g) para cada colheita.

1 <sup>a</sup> colheita			2 <sup>a</sup> colheita			3 <sup>a</sup> colheita			4 <sup>a</sup> colheita			5 <sup>a</sup> colheita				
Fonte de variação	gl	F	P	Fonte de Variação	Gl	F	P	Fonte de Variação	gl	F	P	Fonte de variação	gl	F	P	
PROPL	Bloco	3	0,23	>0,05	Bloco	3	1,06	0,384	Bloco	3	9,02	0,000	Bloco	3	0,72	>0,05
	Tensão (T)	3	40,82	0,000	Tensão (T)	3	2,00	0,140	Tensão (T)	3	1,89	0,157	Tensão (T)	3	0,85	>0,05
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,67	>0,05	Silício (Si)	2	1,14	0,336	Silício (Si)	2	0,18	>0,05	Silício (Si)	2	0,60	>0,05
	T x Si	6	3,50	0,012	T x Si	6	0,48	>0,05	T x Si	6	2,56	0,046	T x Si	6	3,05	0,023
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
PROTOT	Bloco	3	0,23	>0,05	Bloco	3	1,06	0,384	Bloco	3	9,67	0,000	Bloco	3	0,72	>0,05
	Tensão (T)	3	40,82	0,000	Tensão (T)	3	2,00	0,140	Tensão (T)	3	1,87	0,160	Tensão (T)	3	0,85	>0,05
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,67	>0,05	Silício (Si)	2	1,14	0,336	Silício (Si)	2	0,15	>0,05	Silício (Si)	2	0,60	>0,05
	T x Si	6	3,50	0,012	T x Si	6	0,48	>0,05	T x Si	6	2,33	0,065	T x Si	6	3,05	0,023
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
MSPL	Bloco	3	2,24	0,109	Bloco	3	1,15	0,351	Bloco	3	0,24	>0,05	Bloco	3	0,80	>0,05
	Tensão (T)	3	19,77	0,000	Tensão (T)	3	5,03	0,007	Tensão (T)	3	3,39	0,034	Tensão (T)	3	0,34	>0,05
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,58	>0,05	Silício (Si)	2	10,47	0,000	Silício (Si)	2	0,31	>0,05	Silício (Si)	2	0,60	>0,05
	T x Si	6	3,20	0,018	T x Si	6	0,68	>0,05	T x Si	6	1,28	0,303	T x Si	6	2,52	0,049
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		
MSTOT	Bloco	3	2,24	0,109	Bloco	3	1,15	0,351	Bloco	3	0,31	>0,05	Bloco	3	0,75	>0,05
	Tensão (T)	3	19,77	0,000	Tensão (T)	3	5,03	0,007	Tensão (T)	3	2,88	0,057	Tensão (T)	3	0,45	>0,05
	Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9			Erro (a)	9		
	Silício (Si)	2	0,58	>0,05	Silício (Si)	2	10,47	0,000	Silício (Si)	2	0,28	>0,05	Silício (Si)	2	0,35	>0,05
	T x Si	6	3,20	0,018	T x Si	6	0,68	>0,05	T x Si	6	1,52	0,215	T x Si	6	2,43	0,056
	Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24			Erro (b)	24		

Ao contrário da colheita anterior, para a segunda colheita não houve interação significativa para nenhuma das variáveis estudadas. Porém, para os dois fatores considerados isoladamente, ocorreram influências das doses de  $K_2SiO_3$  e das diferentes tensões de água aplicadas ao solo para as características massa seca de frutos de pimentão por planta e massa seca de frutos total (Tabela 13).

Considerando o fator tensão de água no solo, observou-se que as plantas de pimentão, na segunda colheita, submetidas à tensão de -45 kPa produziram maior quantidade de massa seca de frutos por planta e total em comparação com aquelas submetidas à tensão de -15 kPa (Figura 36A) e que as plantas submetidas a concentração de 4,3 kg  $ha^{-1}$  de Si demonstraram acréscimo na produção de massa seca de frutos por planta e total de 18,60 e 18,50%, respectivamente, em comparação com a testemunha (Figura 36B).



**FIGURA 36.** Produção de massa seca de frutos por planta (gramas) e massa seca total de frutos( $kg\ ha^{-1}$ ) de plantas de pimentão, submetida a diferentes tensões de água no solo (kPa) (eixo y) (A) e diferentes concentrações de silicato de potássio ( $kg\ ha^{-1}$  de Si) via aplicação foliar (eixo Y) (B) para a segunda colheita. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Na terceira colheita houve interação dos fatores estudados apenas para os parâmetros produção de frutos por planta e produção total de frutos de pimentão (Tabela

13). O fator doses de  $K_2SiO_3$  considerado isolado não influenciou nas respostas de produção na terceira colheita. Esse mesmo padrão foi observado nas tensões de água disponibilizadas ao solo (Tabela 13).

A tensão de -25 kPa proporcionou menores valores de produção total, quando considerou-se a concentração de 8,6 kg  $ha^{-1}$  de Si (Tabela 14).

**TABELA 14.** Interação entre os efeitos de diferentes tensões de água no solo (kPa) e doses de silicato de potássio ( $kg\ ha^{-1}$  de Si) sobre características de produção do pimentão, (Média $\pm EP^1$ ), tais como produção/planta (g), produção total ( $kg\ ha^{-1}$ ), massa seca total de frutos (g) e massa seca dos frutos por planta (g) para as 1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> colheitas.

		Tensões de água no solo (kPa)			
		-15	-25	-35	-45
1 <sup>a</sup> Colheita	$(kg\ ha^{-1}\ de\ Si)$	Produção total ( $kg\ ha^{-1}$ )			
		0,0 28.526,26 $\pm$ 2350,29 Aa	21.970,11 $\pm$ 2106,48 Ab	11.422,56 $\pm$ 714,43 Ac	5.509,37 $\pm$ 1173,95 ABd
		4,3 27.244,43 $\pm$ 2689,09 Aa	21.383,30 $\pm$ 1016,35 Ab	7166,60 $\pm$ 715,48 Bc	7988,47 $\pm$ 1582,40 Ac
		8,6 28.366,18 $\pm$ 2125,06 Aa	21.335,10 $\pm$ 2061,04 Ab	9625,48 $\pm$ 895,81 ABC	5472,55 $\pm$ 1482,28 Bd
3 <sup>a</sup> Colheita	$(kg\ ha^{-1}\ Si)$	Massa seca total (kg/ha)			
		0,0 1.437,61 $\pm$ 165,187 Aba	1100,94 $\pm$ 114,04 Aab	764,33 $\pm$ 144,90 Abc	498,27 $\pm$ 116,97 Ac
		4,3 1.309,47 $\pm$ 119,45 Ba	1335,25 $\pm$ 190,48 Aa	566,89 $\pm$ 119,06 Ab	723,63 $\pm$ 133,99 Ab
		8,6 1.624,38 $\pm$ 158,70 Aa	1270,97 $\pm$ 91,50 Ab	751,14 $\pm$ 104,89 Ac	418,78 $\pm$ 85,37 Ac
4 <sup>a</sup> Colheita	$(kg\ ha^{-1}\ de\ Si)$	Produção total ( $kg\ ha^{-1}$ )			
		0,0 10118,45 $\pm$ 2632,49 Aa	10175,78 $\pm$ 1422,64 Aa	10849,42 $\pm$ 814,53 Aa	13939,64 $\pm$ 2738,47 Aa
		4,3 10430,47 $\pm$ 4076,22 Aa	11377,83 $\pm$ 1149,00 Aa	12116,11 $\pm$ 2555,27 Aa	13481,64 $\pm$ 1725,63 Aa
		8,6 15192,49 $\pm$ 2071,35 Aa	7404,63 $\pm$ 682,84 Ab	13600,19 $\pm$ 1182,89 Aa	10578,22 $\pm$ 2329,92 Aab
5 <sup>a</sup> Colheita	$(kg\ ha^{-1}\ de\ Si)$	Produção total ( $kg\ ha^{-1}$ )			
		0,0 4500,97 $\pm$ 1086,18 Ba	8412,63 $\pm$ 1095,89 Aa	8299,27 $\pm$ 697,29 Aa	4842,43 $\pm$ 1459,75 Aa
		4,3 10101,60 $\pm$ 3333,25 Aa	5599,65 $\pm$ 821,28 Aa	5861,73 $\pm$ 862,09 Aa	6299,64 $\pm$ 1029,31 Aa
		8,6 7593,33 $\pm$ 1735,46 Aba	8102,72 $\pm$ 1253,61 Aa	8637,21 $\pm$ 369,35 Aa	5306,44 $\pm$ 624,61 Aa
	$(kg\ ha^{-1}\ Si)$	Massa seca total ( $kg\ ha^{-1}$ )			
		0,0 553,17 $\pm$ 127,92 Ba	1004,34 $\pm$ 142,16 Aa	1.112,55 $\pm$ 116,37 Aa	680,17 $\pm$ 235,16 Aa
		4,3 1391,47 $\pm$ 497,16 Aa	680,43 $\pm$ 124,30 Aa	806,10 $\pm$ 94,21 Aa	888,42 $\pm$ 147,70 Aa
		8,6 893,48 $\pm$ 378,03 Aba	985,12 $\pm$ 135,66 Aa	1.115,95 $\pm$ 127,04 Aa	675,11 $\pm$ 80,66 Aa
	$(kg\ ha^{-1}\ de\ Si)$	Produção total ( $kg\ ha^{-1}$ )			
		0,0 11752,36 $\pm$ 1740,63 Aa	7548,08 $\pm$ 1250,21 Ba	7906,81 $\pm$ 613,56 Aa	8848,13 $\pm$ 891,30 Aa
		4,3 11903,25 $\pm$ 2374,61 Aa	11711,46 $\pm$ 786,59 Aa	9724,38 $\pm$ 591,56 Aa	7483,54 $\pm$ 558,01 Aa
		8,6 9544,32 $\pm$ 966,50 Aa	13903,62 $\pm$ 670,23 Aa	9394,28 $\pm$ 307,76 Aa	8785,98 $\pm$ 420,52 Aa
	$(kg\ ha^{-1}\ Si)$	Massa seca total ( $kg\ ha^{-1}$ )			
		0,0 981,65 $\pm$ 91,39 Aba	723,35 $\pm$ 94,62 Ba	772,21 $\pm$ 34,43 Aa	694,54 $\pm$ 52,68 Aa
		4,3 1099,54 $\pm$ 174,10 Aa	938,53 $\pm$ 36,90 ABab	787,24 $\pm$ 64,13 Ab	669,26 $\pm$ 39,29 Ab
		8,6 744,22 $\pm$ 73,99 Bb	1153,33 $\pm$ 42,14 Aa	636,99 $\pm$ 192,96 Ab	705,59 $\pm$ 66,56 Ab

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra maiúscula dentro da coluna e minúscula dentro de cada linha não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A quarta colheita a interação entre as diferentes tensões de água no solo e as doses de silicato de potássio foram significativas para todos as características de produção avaliadas, a exemplo do que ocorreu na primeira colheita. Todavia, diferentemente dessa colheita, as tensões de água no solo, quando consideradas de forma isolada, não determinaram variações significativas na produção de frutos por planta ( $F= 0,85$ ;  $P> 0,05$ ), produção de frutos total ( $F= 0,85$ ;  $P> 0,05$ ), massa seca de frutos por planta ( $F= 0,34$ ;  $P> 0,05$ ) e massa seca de frutos total ( $F= 0,45$ ;  $P> 0,05$ ) (Tabela 13).

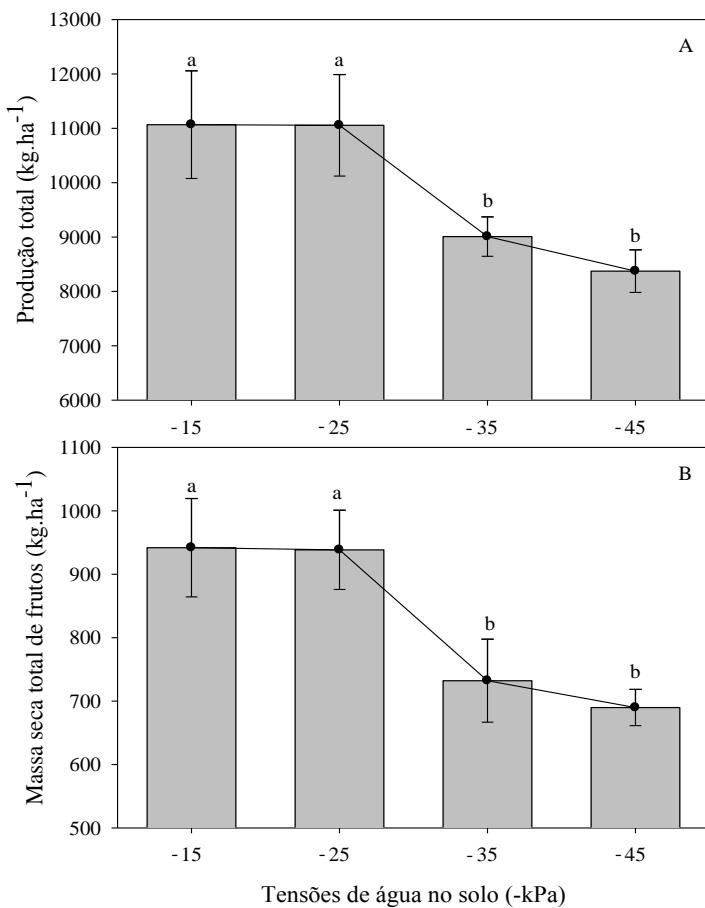
Houve interação significativa apenas entre a tensão de -15 kPa e as concentrações de 0,0 e 4,3 kg ha<sup>-1</sup> de Si (Tabela 14). Nesse caso, a concentração de 4,3 kg ha<sup>-1</sup> de Si proporcionou um incremento médio na produção total e massa seca de frutos total de 5.600,63 e 838,3 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em comparação com a testemunha (Tabela 14).

Para a última colheita, em todas as características de produção avaliadas houve interação significativa entre os dois fatores estudados. As tensões de água no solo, quando consideradas de forma isolada, também influenciaram em respostas significativamente diferenciadas para as características de produção de plantas de pimentão (Tabela 13).

A aplicação de 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si aumentou a produção de frutos de pimentão total em 45,71%, em comparação com a testemunha na quinta colheita, sob tensão de -25 kPa (Tabela 14). Na tensão que corresponde à maior oferta de água no solo (-15 kPa) ocorreu diminuição da massa seca de frutos total quando as plantas foram pulverizadas com 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si em comparação com a concentração de 4,3 kg ha<sup>-1</sup> Si e a testemunha (Tabela 14). Porém, essa característica não demonstrou o mesmo comportamento quando considerada a tensão de -25 kPa. Nesse caso, a testemunha produziu menor valor de massa seca de frutos total ( $723,35\pm94,62$  kg.ha<sup>-1</sup>) em comparação com as concentrações de 4,3 ( $938,53\pm36,90$  kg.ha<sup>-1</sup>) e 8,6 kg ha<sup>-1</sup> Si ( $1153,33\pm42,14$  kg.ha<sup>-1</sup>). Ainda para a massa seca de frutos total, ao passo em que ocorreu aumento nos valores de tensão de água no solo, para as duas doses de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, com exceção da testemunha, ocorreu diminuição nos valores dessas variáveis de produção (Tabela 14).

Independentemente das doses de silicato de potássio avaliadas no presente estudo, ou seja, considerando-se apenas o fator tensão de água no solo de forma isolada, observou-se uma forte tendência de diminuição nos valores de produção fresca e seca

dos frutos de pimentão à medida que as tensões de água no solo foram aumentando (Figura 37).



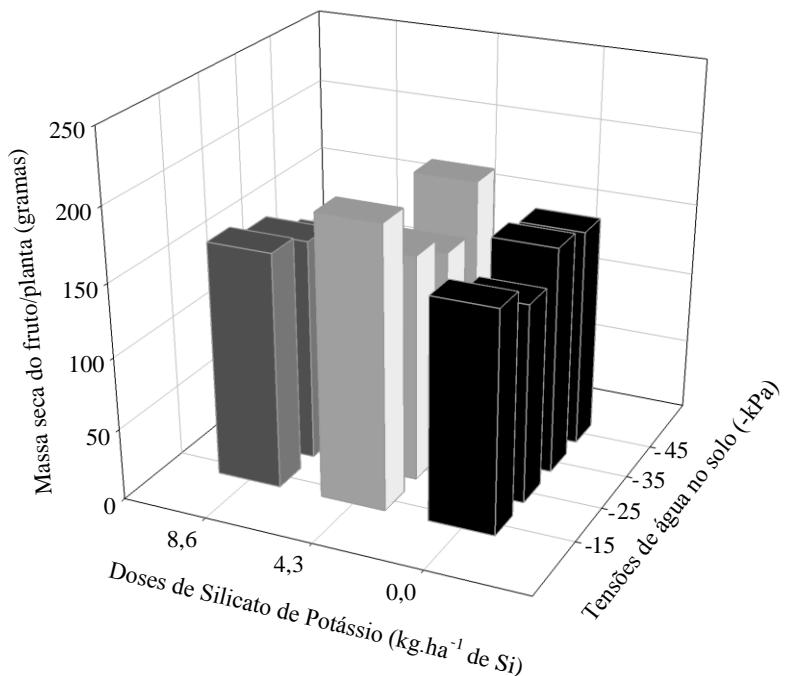
**FIGURA 37.** Produção total (g) (A), massa seca total de frutos ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (B) do pimentão submetido a diferentes tensões de água no solo (-kPa) para a quinta colheita. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

A interação entre os fatores doses de silicato e tensões de água no solo influenciou significativamente nas respostas observadas apenas para a massa seca de frutos por planta, conforme demonstrado na Tabela 15.

**TABELA 15.** Avaliação da ANOVA dos efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) (parcelas) e doses de silicato de potássio (kg ha<sup>-1</sup> de Si) (subparcelas) sobre características de produção do pimentão, tais como produção/planta (gramas), produção total (kg.ha<sup>-1</sup>), massa seca de frutos por planta (g) e massa seca total de frutos (kg.ha<sup>-1</sup>) durante todo o período experimental.

Variável	Fonte de variação	Gl	SQ	F	P
Produção/planta (g)	Bloco	3	15,076	0,55	>0,05
	Tensão (T)	3	464,851	17,01	0,000
	Erro (a)	9	81,968		0,169
	Silício (Si)	2	16,179	1,91	0,234
	T x Si	6	36,996	1,46	>0,05
	Erro (b)	24	101,404		
Produção total (kg.ha <sup>-1</sup> )	Bloco	3	430,742	0,50	>0,05
	Tensão (T)	3	14444,420	16,61	0,000
	Erro (a)	9	2609,532		
	Silício (Si)	2	498,610	1,90	0,171
	T x Si	6	1096,650	1,39	0,257
	Erro (b)	24	3144,896		
Massa seca fruto/planta (g)	Bloco	3	5995,583	5,53	0,0049
	Tensão (T)	3	4503,353	1,16	0,1660
	Erro (a)	9	3249,700		
	Silício (Si)	2	4311,867	7,90	0,0023
	T x Si	6	5856,778	3,58	0,0113
	Erro (b)	24	6550,617		
Massa seca total de frutos (kg.ha <sup>-1</sup> )	Bloco	3	0,4460	0,11	>0,05
	Tensão (T)	3	0,1138	1,85	0,0700
	Erro (a)	9	0,1200		
	Silício (Si)	2	0,2192	0,93	>0,05
	T x Si	6	0,1067	1,50	0,2199
	Erro (b)	24	0,2842		

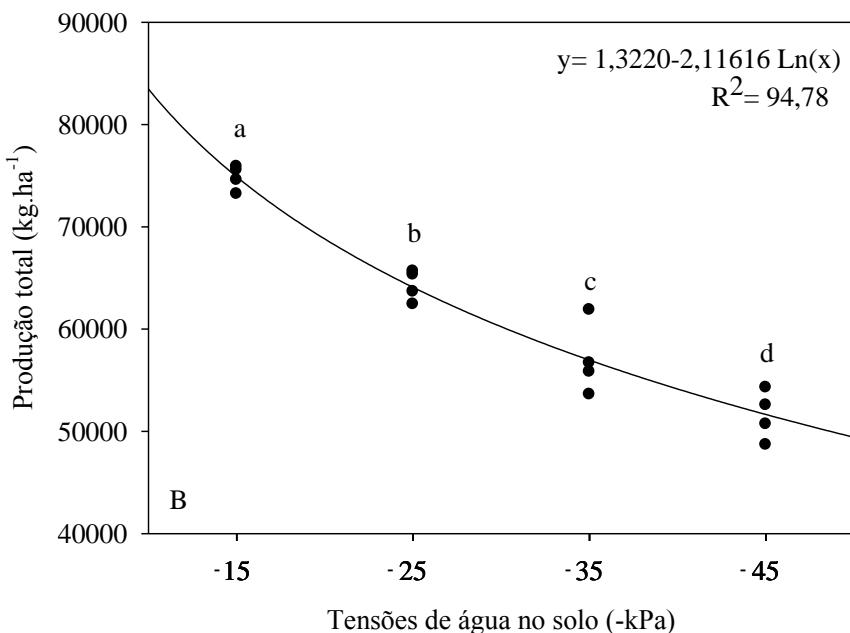
Na Figura 38 observa-se que a dose de 4,3 kg ha<sup>-1</sup> de Si originou maiores valores de massa seca de frutos por planta de pimentão nas duas tensões extremas de água no solo de -15 (195,97±8,25 g) e -45 kPa (175,42±12,70 g). Plantas de pimentão sob baixa disponibilidade de água no solo (-45 kPa) e pulverizadas com 8,6 kg ha<sup>-1</sup> de Si, produziram baixos valores de massa seca de frutos por planta (128,59±14,04 g) em comparação com as demais tensões de água no solo avaliadas e as demais doses de silicato aplicadas (Figura 38).



**FIGURA 38.** Interação entre os efeitos de diferentes tensões de água no solo (-kPa) e doses de silicato de potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$  de Si) sobre a massa seca do fruto/planta de pimentão, durante todo o período experimental.

O Si colabora para uma melhor eficiência fotossintética da planta, além de reduzir a transpiração celular, devido à baixa funcionalidade dos estômatos e da delgada camada de cera epicuticular, resultando em maior acúmulo de sólidos na planta (SILVA, 2007). Em sorgo, Hattori et al. (2005) verificaram que a aplicação de Si promoveu maior taxa fotossintética, aumento da taxa de crescimento e acumulo de massa seca sob deficiência hídrica. Em morangueiro, plantas pulverizadas com Si apresentaram significativamente maior quantidade de massa seca (parte aérea, e raízes), quando comparada com a testemunha (WANG e GALLETA, 1998). A concentração de 4,3  $\text{kg ha}^{-1}$  de Si certamente pode ter interferido positivamente na manutenção da massa dos frutos de pimentão, mantendo sua qualidade mesmo sob falta de água, podendo ser uma ferramenta importante na manutenção de parâmetros da pós-colheita desses frutos.

Todavia, para as características de produção de frutos total, a tensão de água no solo, tratada nesse caso de forma isolada, interferiu significativamente nas respostas observadas (Tabela 15). Nesse caso a resposta da produção total ( $F= 259,00$ ;  $P= 0,00$ ) demonstrou uma tendência de regressão logarítmica em função do aumento das tensões de água no solo avaliadas (Figura 39).



**FIGURA 39.** Relação logarítmica de produção total de pimentão, com diferentes tensões de água no solo (-kPa). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A produção de frutos total de pimentão em  $\text{kg ha}^{-1}$  também diminuiu bastante entre os valores extremos das tensões estudadas, com redução de 31% da maior para a menor disponibilidade de água no solo (Figura 39). Diversos autores obtiveram resultados semelhantes trabalhando com a cultura do pimentão, com maiores produtividades observadas nas menores tensões de água no solo e decréscimo considerável à medida que as tensões de água no solo aumentavam (SIRJACOBS e SLAMA, 1983; WIERENGA e SADDIQ, 1985; FRIZZONE et al., 2001; GADISSA e CHEMEDA, 2009; CARVALHO et al., 2011).

As doses de silicato de potássio, quando considerado como fator isolado, não interferiram significativamente nas respostas das variáveis de produção analisadas em função de todo o período experimental (Tabela 15). Trabalho realizado por Ruppenthal (2011) demonstrou não haver influência do silício aplicado via solo na tolerância ao déficit hídrico na cultura da soja. Diversos estudos tratam a questão da falta de água no solo como preponderante para a produção do pimentão. De acordo com Beese et al. (1982) sob déficit hídrico ocorre aumento nos níveis de ABA (ácido abisísico) que reduz o crescimento e resulta em menores produções.

A produtividade do pimentão, de aproximadamente  $75 \text{ t ha}^{-1}$ , obtida no desenvolvimento deste trabalho, na tensão de  $-15 \text{ kPa}$ , demonstra estar na média

brasileira que segundo Filgueira (2008) é acima de 60 t ha<sup>-1</sup>. A cultivar Magali R origina plantas vigorosas e muito produtivas, sendo capazes de produzir maior peso médio de frutos em comparação com outras cultivares de pimentão disponíveis no mercado (CESAR et al., 2006). Logicamente, apenas as características genéticas não são suficientes para expressar um alto potencial produtivo do pimentão, que varia de acordo com diversas características como implantação da cultura Gadissa e Chemedá (2009), manejo cultural, irrigação e fertirrigação Souza et al. (2011), ambiente protegido Beckmann-Cavalcante et al. (2007) e etc. Produtividades próximas a 200 t ha<sup>-1</sup> são citadas em diversos trabalhos (GADISSA e CHEMEDA, 2009; SOUZA et al., 2011). Todavia, tais valores são relacionados pelo prolongamento do tempo de colheita para essa cultura, de até seis meses. No caso do presente estudo, a colheita estendeu-se por aproximadamente dois meses.

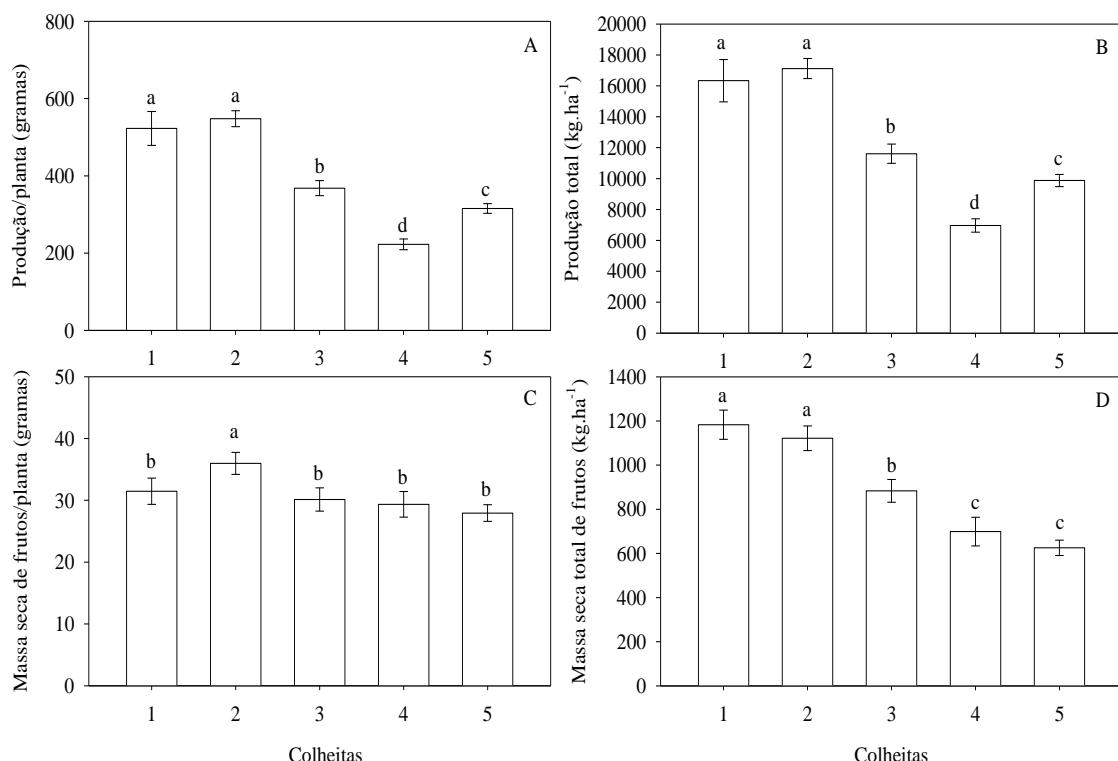
Sem considerar as doses de Silicato de Potássio e as tensões de água no solo, de forma interativa ou isolada, diagnosticaram-se diferenças significativas quanto aos parâmetros de produção fresca e seca em função das cinco colheitas de pimentão realizadas durante o período experimental (Tabela 16).

**TABELA 16.** Avaliação da ANOVA entre características de produção do pimentão, tais como produção/planta (g), produção total (kg.ha<sup>-1</sup>), massa seca de frutos por planta (g) e massa seca total de frutos (kg.ha<sup>-1</sup>) entre as cinco colheitas efetuadas ao longo do período experimental com intervalos médios de 17 dias.

Fonte de variação	Gl	SQ	QM	F	P
Produção/planta (g)					
Bloco	47	1,8382	0,3911	0,99	>0,05
Colheitas	4	4,7699	1,1924	30,25	0,000
Erro	188	7,4091	0,3941		
Produção total (kg ha <sup>-1</sup> )					
Bloco	47	1,8332	0,3900	0,98	>0,05
Colheitas	4	4,7673	1,1918	30,19	0,000
Erro	188	7,4220	0,3947		
Massa seca de frutos/planta (g)					
Bloco	47	1,8541	0,3944	0,80	>0,05
Colheitas	4	0,4719	0,1179	2,41	0,040
Erro	188	9,1714	0,4878		
Massa seca total de frutos (kg ha <sup>-1</sup> )					
Bloco	47	1,7240	0,3668	0,76	>0,05
Colheitas	4	39,3586	9,8396	204,80	0,000
Erro	188	9,0324	0,4804		

Apenas para a massa seca de frutos por planta não se observou drástica diferença entre as primeiras colheitas e as últimas, porém, a segunda colheita originou maior massa seca de frutos por planta em comparação com as demais colheitas ( $35,98 \pm 1,78$  g).

Para as demais características de produção analisadas, houve tendência de diminuição de valores ao passo em que as colheitas foram sendo realizadas. Por exemplo, a soma das médias das duas primeiras colheitas de pimentão originou maior valor de produção de frutos por planta (1070,51 g) em comparação com a soma das três últimas colheitas (906,32 g) com mesmo padrão observado para a variável produção de frutos total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ) (Figura 40).



**FIGURA 40.** Parâmetros (Média±EP) de produção do pimentão, em função de cinco colheitas realizadas em intervalos de 17 dias. (A) Produção/planta (g), (B) Produção total ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ), (C) Massa seca de frutos por planta (g) e (D) Massa seca total de frutos ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

No caso da produção de massa seca de frutos total, em  $\text{kg ha}^{-1}$ , houve diminuição em 47,12% dessa produção quando considerou-se as colheitas extremas (primeira e quinta).

Avaliando os teores de silício nos frutos de pimentão segundo as diferentes doses de silicato de potássio e tensões de água no solo (tabela 17), observa-se que não

houve influência das doses de silicato de potássio, das diferentes tensões de água no solo e da interação entre esses fatores.

**TABELA 17.** Avaliação da ANOVA para teor de Si no fruto do pimentão, sob diferentes tensões de água no solo e doses de silicato de potássio ao longo do experimento.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Bloco	4	0,1560	0,3900	3,54	0,0168
Tensão (T)	3	0,5315	0,1777	1,61	0,2067
Erro (a)	12	0,1321	0,1101		
Silício (Si)	2	0,1888	0,9443	0,84	> 0,05
T x Si	6	0,9083	0,1513	1,34	0,2678
Erro (b)	32	0,3609	0,1128		
CV (%)		9,65			

No caso da avaliação nos teores de silício nas folhas de pimentão a tabela 18 mostra que não houve diferenças significativas com aplicações de diferentes doses de silicato de potássio, avaliado no final do experimento.

**TABELA 18.** Avaliação da ANOVA para teor de Si nas folhas do pimentão, sob diferentes doses de silicato de potássio ao final do experimento.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	P
Tratamento	2	0,1858	0,9290	0,224	> 0,05
Resíduo	9	0,3724	0,4138		
CV (%)		5,80			

A tabela 19 mostra que o Si aplicado via foliar teve pouca influencia na acumulação do mesmo pela planta de pimentão, isto é, os incrementos de Si foliares não foram significativos, indicando que não foi possível observar aumento na concentração de Si nas folhas e frutos de pimentão. Resultados semelhantes foram encontrados por Buck et al. (2008), trabalhando com aplicação de silicato de potássio via foliar na cultura do arroz. Segundo o mesmo autor a pouca eficiência na absorção de Si pela folha se deve à formação de polímeros pela solução de silicato de potássio na superfície da cutícula foliar, dificultando a absorção do Si. Menzies et al. (1992) observaram, logo após aplicação do silicato de potássio a formação de um resíduo sobre a folha sugerindo que esta “película” fortaleça a atividade da cutícula como uma barreira mecânica.

Segundo Buck (2006), não se pode afirmar definitivamente que o Si aplicado via foliar não foi absorvido, pelo fato de existirem limitações na metodologia para análise de Si em plantas (tecido vegetal). O nível de detecção é muito alto, bem como a variabilidade. Portanto pequenas diferenças no conteúdo de Si das folhas são difíceis de serem detectadas. Em contrapartida, as doses aplicadas de Si via foliar são extremamente baixas se comparadas às aplicações via solo, isso torna mais difícil conseguir detectar diferenças entre tratamentos ao utilizar a análise foliar. Haja vista que mesmo com pequenas variações no teor de si nas folhas, ou seja, o incremento irrigório de Si foliar, Menzies et al. (1992) encontrou resultados positivos nos tratamentos que receberam Si via folha na redução da severidade de patógeno. Rodrigues et al. (2010) também observaram resultados positivos no controle da mancha angular no feijoeiro, provavelmente pela formação de uma barreira física de Si depositado na superfície da folha.

Tonin (2005) observou que as plantas de pimentão também absorvem pouco silício via solo.

**TABELA 19.** Teor de Si (%) nas folhas e frutos na cultura do pimentão, sob diferentes doses de silicato de potássio.

Tratamentos	Folha	Fruto
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (0,0 kg ha <sup>-1</sup> de Si)	0,21 a	0,16 a
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (4,3 kg ha <sup>-1</sup> de Si)	0,22 a	0,22 a
K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (8,6 kg ha <sup>-1</sup> de Si)	0,27 a	0,28 a
F	0,224	0,84
P	> 0,05	> 0,05
CV	5,81	9,65

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Epstein e Bloom (2006) e Ma e Yamaji (2006) plantas que acumulam quantidades inferiores a 0,5% de silício na matéria seca, são classificadas como não acumuladoras desse elemento. O presente trabalho observou que a cultura do pimentão acumulou teores médio de Si na matéria seca das folhas e frutos abaixo de 0,5% onde foram encontrados 0,23 e 0,22 % respectivamente (tabela 19), concordando com Tonin (2005) que trabalhando com adubação silicatada via solo na cultura do pimentão encontrou teores médio de silício nas folhas de 0,35 e nos frutos 0,47, valores esses abaixo de 0,5%.

## 5. CONCLUSÕES

A cultura do pimentão é favorecida pela adubação silicatada, apresentado maior área foliar, tanto nas condições de déficit hídrico ou nas condições de pleno fornecimento de água às plantas na concentração de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si.

A aplicação de silicato de potássio na concentração de  $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Si originou maiores valores de massa seca de frutos por planta de pimentão nas duas tensões extremas de água no solo, interferindo positivamente na manutenção da massa seca, mantendo sua qualidade, mesmo sob a falta de água.

A aplicação de Si via foliar na cultura do pimentão não resultou em aumento da concentração de Si nas folhas e frutos.

As tensões de água no solo e as aplicações de  $\text{K}_2\text{SiO}_3$ , influenciaram significativamente na incidência de podridão apical nos frutos de pimentão. Maior tensão e a ausência da aplicação de silicato de potássio aumentaram a incidência desta anomalia.

Considerando-se apenas o fator tensão de água no solo, observou-se diminuição nos valores de altura de planta, peso de fruto, produção fresca e seca dos frutos de pimentão à medida que as tensões de água no solo foram aumentando.

A maior produtividade de frutos de pimentão foi de aproximadamente  $75 \text{ t ha}^{-1}$  na tensão de -15 kPa.

## REFERÊNCIAS

AGARIE S, N.; HANAOKA, O.; UENO, A.; MIYAZAKI, F.; KUBOTA, W.; AGATA P. B.; KAUFMAN. Effects of silicon tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryziasativa L.*), monitored by electrolyte leakage. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 1, p. 96-103, 1998.

AHMED, S.; HASSEN, F. U.; QADEER, U.; ALAM, M. A. Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 3, p. 594-607, 2011.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field evaluation of micro irrigation systems**: ASAE EP458. ASAE Standards 1997. 44. ed. St. Joseph, 1997.

ALBUQUERQUE, F. S. **Lâminas de irrigação e doses de potássio em um cultivo de pimentão fertirrigado na região metropolitana do Recife**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

ANTHONY, E.; SHINGANDHUPE, R. B. Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annuum L.*). **Agricultural Water Management**, Amsterdan, v. 65, p.121-132, 2004.

BECKER, T. W.; FOCK, H. P. The activity of nitrate reductase and poll sizes of some amino acids and some sugar in water-stressed maize lives. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v. 8, p.74-267, 1986.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; MENDEZ, M. E.G.; CAVALCANTE, Í. H. L.; CAVALCANTE, L. F. Características produtivas do tomateiro cultivado sob diferentes tipos de adubação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n.1, p. 180-184, 2007.

BEESE, F.; HORTON, R.; WIERENGA, P. Physiological response of Capsicums to trickle irrigation. **Agronomy Journal**, Madson, v.74, p. 551-555, 1982.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2003.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. de A.; MARTINS, M. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.730–735, 2010.

BLAT, S. F.; BRAZ, L. F.; ARRUDA, A. S. da. Avaliação de híbrido duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p.350-354, 2007.

BOWEN, P.; MENEZIES, J. G.; EHRET, D. L.; Solute silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, p. 906-912, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Legislação aplicação à agricultura**: classificação de produtos vegetais. Art 3º. Classificação do pimentão. Disponível em <[http://agridata.mg.gov.br/legislação/classificacao\\_cer.../laclasseprodvegetalpimentao.nt](http://agridata.mg.gov.br/legislação/classificacao_cer.../laclasseprodvegetalpimentao.nt)>. Acesso em: 25 dez. 2011.

BRAY, E. A. Plant responses to water déficit. **Trends in Plant Science**, London, v. 2, n. 1 p. 48-54, 1997.

BUCK, G. B. **Silicato de potássio aplicado via foliar e a incidência da brusone em arroz**. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2006.

BUCK, G. B.; KORNDÖFER, G. H.; NOLLA, A.; COELHO, L. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control, **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 2, p. 231-237, 2008.

BURIOL, G. A.; RIGHI, E. Z.; SCHINEIDER, F. M.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p.11-18, 2000.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas, Instituto Agronômico, 1986 (Boletim Técnico n. 106).

CANUTO, V. T. B.; CANUTO, N. N.; NUNES FILHO, J.; SANTOS, V. F. Efeito da época de paralisação da irrigação e de níveis e fontes de nitrogênio na produção do tomateiro industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, 2003.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2004. (Circular Técnica, 32).

CARVALHO, J. de A.; REZENDE, F. C.; AQUINO, R. F.; FREITAS, W. A.; OLIVEIRA, E.C. Análise produtivo do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, p. 569-574, 2011.

CARVALHO, J. de A.; SANTANA, M. J. DE; PEREIRA, G. M.; PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. de. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura de berinjela (*Solanum melongena L.*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.24, p. 320-327, 2004.

CARVALHO, J. de G.; MACHADO, A. Q.; NASCIMENTO, I. R. do; BOAS, R. C. V. Desempenho da cultura do tomate adubado com silifértil. **Horticultura Brasileira**, Brasília,DF, v. 20, p. 2, jul. 2002. Suplemento 2.

CARVALHO, J. C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função de escória de siderurgia como fonte de silício**. 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CAVALCANTE, R. R. R. **Diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de pimentão**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Ceará, Fortaleza, 2008.

CERMEÑO, Z. S. Necessidades dos vegetais. In: \_\_\_\_\_. **Estufas: instalação e manejo**. Cidade? Litexa, 1990.

CESAR, M. N. Z.; RIBEIRO, R. L. D.; MANERA, T. C.; PAULA, P. D.; POLIDORO, J. C.; GUERRA, J. G. M. **Desempenho de duas cultivares de pimentão sob manejo orgânico em consórcio com crotalária**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. (Comunicado Técnico, 85).

CHAVES, M. M. Effect of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1-16, 1991.

CHAVES, M. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from gêneses to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Victoria, v. 30 p. 239-264, 2003.

CHENG, C.; KAO, C. H. Osmotic stress and water stress have opposite effects on putrecine and praline production in excised rice leaves. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 13, p. 197-202, 1993.

CORDEIRO, M. C. R.; SÁ, M. F. G. Interação planta-patógenos e uso da biotecnologia na obtenção de plantas resistentes. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 10 n. 23, p. 34-39, 2001.

CÔTÉ-BEAULIEU, C.; CHAIN, F.; MEINZIES, J. G.; KINRADE, S. D.; BÉLANGER, R. R. Absorption of aqueous inorganic and organic silicon compounds by wheat and their effect on growth and powdery mildew control. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford , v. 65, p. 155-161, 2009.

CRUSCIOL, 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**, Madison, v. 49, p. 949-954, 2009.

CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

DALMAGO, G. A.; STRECK, N. A.; HELDEWEIN, A. B. Efeito do tipo de plástico sobre a temperatura mínima nas estufas. In: JORNADA INTEGRADA DE PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO, v. 1, 1994, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1994. v.1, p. 345-775.

DATNOFF, L. E.; DEREN, C.W.; SNYDER, G.H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida, **Crop Protection**, Guildford, v. 16, p. 525-531, 1997.

DAVIS, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in ryegrass soil. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, p. 55-76, 1991.

DAYANANDAM, P.; KAUFMAN, P. B.; FRAKIN, C. I. Detection of silica in plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 70, p.1079-1084, 1983

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMAB, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, V. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.

DERMITAS, C.; AYAS, S. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum*L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food, Agricultural and Environment**, Helsinki, v.7, p.989-1003, 2009.

DINGKUHN, M.; CRUZ, R. T.; O'TOOLE, J. C.; TURNER, N. C.; DOERFFLING, K. Responses of seven diverse rice cultivars to water deficits. III – Accumulation of abscisic acid and proline in relation to leaf water-potential and osmotic adjustment. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 27, p. 103-117, 1991.

DODD, I. C. Measuring and modeling xylem ABA concentration ([X-ABA]) in tomato plants exposed to convection deficit irrigation (DI) and partial root zone drying (PRD). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 792, p. 225-231, 2008.

DORJI, K.; BEHBOUDIAN, M. H.; ZEGBE-DOMINGUEZ, J. A. Waterrelations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.105, p.138–149, 2005.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPANS, J. W.; PARLANGE, M. B. **Programa SWRC (Version 1.00): Soil-Water Retention Curve**. Piracicaba: ESALQ; Davis: University of California, 1995. 1 CD-ROM.

ECHER, M. M.; FERNANDES, M. C. A.; RIBEIRO, R. L. D.; PERACCHI, A. L. Avaliação de genótipos de *Capsicum* para resistência a ácaro branco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, p. 217-221, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EMBRAPA Hortaliças. Planaltina, Disponível em:  
<http://www.cnph.embrapa.br/util/tabelas/index.htm>. Acesso em: 28 dez. 2011.

EPSTEIN, E. ; BLOOM, J. A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United states of America**, Washington, v.91, n. 1, p. 11-17, 1994.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C. de; VILELLA JÚNIOR, V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12 n.2, p.143-149, 2008.

FAQUIM, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEP, 1994. 227p.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de solos, Universidade Federal de Lavras, 2000.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R.; BERLATO, M. A.; OLIVEIRA, A. C. B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 51-62, 1993b.

FAVER, K. L.; GERIK, T. J.; THAXTON, P. M. et. al. Late season water stress in cotton: Leaf gas exchange and assimilation capacity. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 922, 1996.

FERERES, E.; SORIANO, A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.58, p.147–159, 2007.

FERNANDES, P. D. **Estudo de nutrição mineral do pimentão (*capsicum annuum L.*) variedades Avelar e Ikeda- Absorção e Deficiência de macronutrientes**. 1971. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). – Escola superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1971.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió, AL. Editora EDUFAL, 2000. 419p.

FIGUERÊDO, S. F. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro**. 1998. 94 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

FIGUEIREDO, E. B.; MALHEIROS, E. B.; BRAZ, L. T. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.22, n.1, p.66-71, 2004.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3<sup>a</sup>ed. Viçosa. UFV, 2008. 421p.

FILGUEIRA F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, UFV, 2000. 402p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**. 1<sup>a</sup> Ed., Lavras: Editora UFLA, 2003. 333p.

FREITAS, K. K. C. de. **Produção, qualidade e acúmulo de macro nutrientes em pimentão cultivado sob arranjos espaciais e espaçamentos na fileira**. 2009. 101 f. Tese (Doutorado em Ciências em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró RN, 2009.

FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Produtividade do pimentão amarelo, *Capsicum annuum*L., cultivado em ambiente protegido, em função do potencial mátrico de água no solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, p.1111-1116, 2001.

FUMIS, T. F. **Variação nos teores de prolina, de amina e poliaminas em cultivares de trigo (*Tricum aestivum* L.) submetida a déficits hídricos**. 1996. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica ). Botucatu SP. UNESP, 1996.

FUMIS, T. F.; PEDRAS, J. F. Variação dos níveis de prolina, de amina e poliaminas em cultivares de trigo submetida a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.37, p. 449-459, 2002.

GADISSA, T.; CHEMEDA, D. Effects of drip irrigation levels and planting methods on yield and yield components of green pepper (*Capsicum annuum*, L.) in Bako, Ethiopia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, p.1673–1678, 2009.

GUANG-CHENG, S.; YU, Z. Z.; NA, L.; SHUANG-EN. Y.; XENG-GANG, X. Comparative effects of deficit irrigation (DI) and partial root zone drying (PRD) on soil water distribution, water use, growth and yield in greenhouse grown hot pepper. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.119, p.11-16, 2008.

GONÇALVES, V. G. **Arquitetura de planta, teores de clorofila e produtividade de batata, CV. Atlantic, sob doses de silicato de potássio via foliar**. 2009. 37 f.

Dissertação (Mestrado Agronomia) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

GOTO, M.; EHARA, H.; KARITA, S.; TAKABE, K.; OGAWA, N.; YAMADA, Y.; OGAWA, S.; YAHDAYA, M.S.; MORITA, O. Protective effect of silicon on phenolic biosynthesis and ultraviolet spectral stress in rice crop. **Plant Science**, New York, v.164, p.349-356, 2003.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W (Org). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. 319p.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p. 149-190, 1980.

GUÉVEL, M. H.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants, **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 119, p. 429-436, 2007.

GUIMARÃES, V. F. **Efeito do estress induzido por polietileno glicol (PEG 600) em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2001. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

HAMDY, A.; RAGAB, R.; SCARASCIA-MUGNOZZA, E. Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity. **Irrigation and Drainage**, New York, v. 52, p. 3-20, 2003.

HARTZ, T. K.; CANTWELL, M.; LESTRANGE, M.; SMITH, R. F.; AGUIAR, J.; DAUGOVISH, O. **Bell pepper production in California**. Oakland: University of California- Division of Agriculture and Natural Resources, 2008. 4p. (Vegetable Production Series. Publication, 7217).

HASHEMI, A.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H. R. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.56, p. 244-253, 2010.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVA, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 123, p.459-466, 2005.

HEINE, G.; TIKUM, G.; HORST, W. J. Silicon nutrition of tomato and bitter gourd with special emphasis on silicon distribution in root fractions. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.168, p.600-606, 2005.

HOCHMUTH, G. J. **Fertilization of pepper in florida**. Gainesville: University of Florida: IFAS Extension, Circular, 1168, 2003. 10p.

HOOGENBOOM, G.; HUCK, M. G.; PETERSON C. M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 614-697, 1987.

HORIGUCHI, T. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. IV – Effects of silicon on alleviation of manganese toxicity of rice plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 34, p. 65-73, 1988.

KARAN, F.; MASAAD, R.; BACHOUR, R.; RHAYEM, C.; ROUPHAEL, Y. Water and radiation use efficiencies in drip-irrigated pepper (*Capsicum annuum*L.): Response to full and deficit irrigation regimes. **International Journal of Horticultural Science**, Budapest, v.74, p.79-85, 2009.

KASSAM, A.; SMITH, M. FAO methodologies on crop water use and crop water productivity: expert meeting on crop water productivity. **FAO Paper No. CWP-M07**, Rome.

KELLING, C. R. S. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro**. 1995. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 1995.

KIRDA, C.; CETIN, M.; DASGAN, Y.; TOPCU, S.; KAMAN, H.; EKICI, B.; DERICI, M. R.; OZGUVEN, A. I. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.69, p.191–201, 2004.

KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. **A aplicação de silício no solo**. Universidade Federal de Uberlândia, I.C.A. 2003.

KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Silício na Agricultura. **Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura**. Viçosa. 2010. 3p .

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. UFU/ICIAG, 2002, 23p. (GPSi-ICIG-UFU. Boletim Técnico, 01).

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: UFU, 2004. 46p. (Boletim Técnico).

KULKARNI, M.; PHALKE, S. Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot peper (*Capsicum annuum* L.) under water stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 120, p. 159-166, 2009.

LEIGH, R. A.; AHMAD, N.; JONES, R. G. W. Assessment of glycine betaine and proline compartmentation, by analysis of isolated beet vacuoles. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 55, p. 34-41, 1981.

LIANG, Y. C.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W. H.; DING, R. X. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 160, p. 1157-1164, 2003.

LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; SI, J. Effects of foliar-and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*, **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, p. 678-685, 2005.

LIMA FILHO, O. F. O silício é um fortificante e antiestressante natural das plantas. **Campo e Negócio**, Uberlândia, p. 67-70, 2005.

LIMA, M. D. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 135-340, 2004.

LIMA, P. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIRA JUNIOR, M. A.; SANTOS, F. X.; PEDROSA, E. M. R. Efeito do manejo da irrigação com água moderadamente salina na produção de pimentão, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v. 1, n. 1, p. 73-80, 2006.

LOPEZ, C.C. **Fertirrigacion: Cultivos hortícolas y ornamentales**. 2. ed. Madrid: Mundi Prensa, 2000. 475p.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G.; LANA, M. M.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Classificação de hortaliças**. Embrapa hortaliças, Brasília-DF, documento 22, 1999. 47p.

LUZ, J. M. Q.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖRFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício, **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n.3, p. 295-300, 2006.

LUZ, J. M. Q.; RODRIGUES, C. R.; CARVALHO, P. C.; CANTUÁRIO, F. S.; SOUSA, V. B. F. Aplicação de silicato de potássio via foliar em morangueiro: produtividade e qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50. **Anais**. Guarapari: ABH, 2010.

MACÊDO, L. S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 296-304, 2005.

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

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, New York, v. 11, p. 392-397, 2006.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Functions and transport of silicon in plants. Cel. Molec. **Life Science**, Beijing, v. 65, p. 3049-3057, 2008.

MA, J. F.; MIYAKE , Y.; TAKASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: Datnoff , E. E.; Snyder G. H.; Korndörfer , G. H. (Eds). 2<sup>nd</sup> Edition. Silicon in Agriculture. **Elsevier Science**, p. 17-39, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípio e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, p.642-650, 2005.

MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Análise de crescimento e curva de acúmulo de nutrientes de um híbrido de pimentão sob condições de ambiente protegido e fertirrigação In: Congresso de iniciação científica da UNESP, 12. 2000, São José do Rio Preto. **Resumos...** São José do Rio Preto: Editora UVESP, p. 176. 2000.

MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, R. L. V. Teores de macronutrientes no desenvolvimento da planta de pimentão sob fertirrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 120-131, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. New York: Academic Press, 1995. 887p.

MCCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 353-360, 1989.

MELO, A. M. T. de. **Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão**. Piracicaba. 1997. 112 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MENZIES, J. ; BOWEN, P.; EHRET, D.; GLASS, A. D. M. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n. 6, p. 902-905, 1992.

MERRIGHI, A. L. N.; FERNANDES, A. L. T.; FIGUEIREDO, F. C. Novas pesquisas reforçam os efeitos do silício líquido solúvel aplicado via foliar em cafeeiros. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, ano 4, n. 56, p. 25-27, 2007.

MITANI, N.; MA, J.F. Uptake system of silic on in different plant species. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, p. 1255-1261, 2005.

NANETTI, D. C.; SOUZA, R. J. de.; FAQUIN, V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.18, p.843-845, 2000.

NANETTI, D. C. **Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós colheita do pimentão**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**, Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 22-31p.

NOLLA, A.; FARIA, R. J. de.; KORNDÖRFER, G. H.; SILVA, T. R. B. Effect of silicon on drought tolerance of unland Rice, **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 10, p. 269-272, 2012.

NWUGO, C. C.; HUERTA, A. J. Effects of silicion nutrition on cadmium uptake, growth and photosynthesis of rice plants exposed to low-level cadmium, **Plant and Soil**, The Hague, v, 311, p. 73-86, 2008.

OLIVEIRA, L. A.; CASTRO, N. M. Ocorrência de sílica nas folhas de *Curatella americana* L.e de *Davilla elliptica* St. Hill. **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 4, p.116, 2002 .

PANELO, M. S. Adaptabilidade de cultivares pimiento a condiciones de cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n.1, p.101, 1995.

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.97, p.131-138, 2010.

PEREIRA, A. L. **Cultura do pimentão**. Fortaleza: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 1990. 49p.

PEREIRA, E. P. **Avaliação do crescimento e da produtividade de pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) sob diferentes potenciais matriciais de água no solo, em condições de casa de vegetação**. 1995. 61 f. Dissertação (Mestrado em irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Paulista, Botucatu, 1995.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Manejo de doença de plantas com macro e micronutrientes, **Revista Brasileira de Fitopatologia**, Brasilia, DF, v.28, p. 52-54, 2003.

PUIATTI, M.; FINGER , F. L. **Fatores Climáticos**. In: Fontes, P.C.R. (Ed) Olericultura: teoria e prática. Viçosa: Editora UFV, 2005. 17-30p.

PULZ, A. L. **Estresse hídrico e adubação silcatada em batata (*Solanumtuberosum* L.) cv. Bintje**. 2007. 45 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agronômica UNESP - Campus Botucatu-SP, 2007.

REIS, T. H. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; FIGUEIREDO, F. C.; POZZA, A. A. A.; NOGUEIRA, F. D.; RODRIGUES, C. R. O silício na nutrição e defesa de plantas. EPAMIG, **Boletim Técnico**, nº82. 2007. 119p.

REZENDE, F. C.; FRIZZONE, J. A.; PEREIRA, A. S.; BOTREL, T. A. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub>. II. Produção de matéria seca. **Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v. 24, p.1527-1533, 2002.

RIBEIRO JUNIOR, J. I.; MELO A. L. P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa, MG. Editora UFV, 2009. 288p.

RICHMOND, K. E.; SUSSMAN, M. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. **Current Opinion in Plant Biology**, Stuttgart, v. 6, p. 268-272, 2003.

RYLSKI, I.; ALONI, B.; KARNIM, L.; ZAIDMAN, Z. Flowering, fruit set, fruit development and fruit quality under different environmental conditions in tomato and pepper crops. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 366, p. 45-55, 1994.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação de silício líquido solúvel via foliar em batata: Aumento de 5 toneladas/ha de batata extra. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, v.10, p. 66-70, 2007a.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, v. 24, p. 34-40, 2007b.

RODRIGUES, F. A. Relação entre doenças e a nutrição das plantas: O caso elemento silício In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA M. A. R. e SOUZA, H. A. **Nutrição de plantas: Diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV, Capes / Fundunesp. 2008. 301p.

RODRIGUES, F. Á; DUARTE, H. S. S.; REZENDE, D. C.; WORDELL FILHO, J. A.; KORNDÖRFER, G. H.; ZAMBOLIM, L. Foliar spray of potassium silicate on the control of angular leaf spot on beans. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, p. 2082-2093, 2010.

RODRIGUES, F. A.; MCNALLY, D. J.; DATNOFF, L. E.; JONES,J. B.; LABBÉ, C.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BÉLANGER, R. R. Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: A potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 94, p. 177-183, 2004.

ROMERO-ARANDA, M. R.; JURADO, O.; CUARTERO, J. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 163, p. 847-855, 2006.

ROSSI, C.; LIMA, G. P. P.; HAKVOORT, D. M. R. Atividade de peroxidase (ec 1.11.1.7) e teor de prolina em feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. cultivado em condições de salinidade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, p. 123-127, 1997.

RUPPENTHAL, V. **Adubação silicatada na cultura da soja e sua influência na tolerância ao déficit hídrico**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, 2011.

SÁ, N. S. A. de; PEREIRA, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; MATTIOLI, W.; CARVALHO, J. A. Comportamento da cultura do tomateiro sob diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido. **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, 2005.

SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0. Universidade Federal de Viçosa. UFV, Viçosa, 1999. 150p.

SALEH, M. M.; IBRAHIM, M. A. Effects of different irrigation levels on production, quality and storage ability of cantaloup (*Cucumis melo* L.) grown under polyethylene low tunnels in a newly reclaimed land. **Egyptian Journal of Agricultural**, Giza, v. 32, p. 1109-1124, 2007.

SAMMIS, T. W. Comparison of sprinkler, trickle, subsurface, and furrow irrigation methods for row crops. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n.5, p.701-704, 1980.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; EHRET, D. L.; MENZIES, J. G. The effect of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. **Annals of Botany**, London, v. 72, n. 5, p. 433-440, 1993.

SANTOS, D. M.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; BOTELHO, C. E.; SOUZA, P. E. Intensidade de cercosporiose em mudas de cafeiro em função de doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 6, p. 582-588, 2005.

SALOMÃO, L. C.; SANCHES, L. V. C.; SAAD, J. C. C.; BÔAS, R. L. V. **Manejo de irrigação: um guia prático para o uso racional da água**. Botucatu –SP. UNSP, 2009. 14-26p.

SANTANA, M. J. de.; CARVALHO, J. A.; FAQUIN, V.; QUEIROZ, T. M. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 28, n. 6, p1385-1391, 2004.

SASILAKA, D. P. P.; PRASSAD, P. V. D. Salinity effects on *in vitro* performance of some cultivars of potato. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, PR, v. 1, p. 1-6, 1994.

SAVVAS, D.; GIOTIS, D.; CHATZIEUSTRATIOU, E.; BAKEA, M.; ATAKIOUTAS, G. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. Environ. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 65, p. 11-17, 2009.

SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P. F. Estresse de água no crescimento, produtividade e acumulo de prolina em feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 40, p. 157-56, (1981b).

SAWAZAKI, H. E.; TEIXEIRA, J. P. F. Variação do teor de prolina em folhas de feijão em função da disponibilidade de água no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 40, p. 47-166, (1981a).

SCHAFLEITNER, R. Growing more potatoes with less water. **Tropical Plant Biology**, New York, v. 2, p. 111-121, 2009.

SCIVITTARO, W. B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1119-1207, suplemento, Piracicaba, 1999.

SCIVITTARO, W. B.; MELO, A. M. T.; AZEVEDO FILHO, J. A.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B. Caracterização de híbridos de pimentão em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasilia, DF, v.17, n.2, p.147-150, 1999.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; EKER, S. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. **Agricultural Water Management**, v.81, p.115–131, 2006.

SHEVYAKOVA, N. I. Metabolism and the physiological role of proline in plants under condition of water and salt stress. **Soviet Plant Physiology**, v. 30, p. 597-608, 1984.

SHONGWE, V. D.; MAGONGO, B. N.; MASARIRAMBI, M. T.; MANYATSI, A. M. Effects of irrigation moisture regimes on yield and quality of paprika (*Capsicum anuum* L). **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 35, p. 717 – 722, 2010.

SILVA, E. L.; PEREIRA, G. M.; CARVALHO, J. A.; VILELA, L. A. A.; FARIA, M. A. Manejo de irrigação das principais culturas. **Curso especialização em Sistemas pressurizados de irrigação**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 89p.

SILVA, D. P. **Meios de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gérbera**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2007.

SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; MORETTI, C. L. Resposta do tomateiro para processamento industrial a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21 (nº2), 2003. Suplemento, CD-ROM.

SILVA, M. A. G.; BOARETTO, A. E.; MELO, A. M. T.; FERNANDES, H. M. G.; SCIVITTARO, W. B. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1199-1207, 1999.

SINGH, G. A review of the soil-moisture relationship in potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 46, p. 398-403, 1969.

SIVIERO, P.; BERNARDONI, M. Un tutto perperone. **L' Informatore Agro**, Verona, v. 46, n. 1, p. 73-82, 1990.

SIRJACOBS, M.; SLAMA, H. Irrigation localisé d'une culture de poivrons sous serre en région aride: Approche pratique de la gestion des apports d'eau. **Bull. Rech. Agron.** Gembloux, v.18, n. 2, p. 137-148, 1983.

SOUZA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteira e hortaliças**. Brasília DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2011.721-736 p.

STANGHELLINI, C. Evapotranspiration in Green house with special reference o mediterraneam conditions. **Acta Horticultural**, v.335, p.296-304, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1998. 565p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TIVELLI, S. W. A cultura do pimentão. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: Condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

TONIN, F. B. **Atividade de enzimas antioxidativas e absorção de silício em plantas submetidas a estresse salino**. 2005. 58p. Dissertação (Mestrado Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômica, UNESP-Campus de Botucatu-SP, 2005.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em hortaliças**. Campinas: Instituto Agronômico, (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 196), 2004. 53p.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. 2007. Calagem e adubação para hortaliças sob cultivo protegido. Disponível em: <[www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/cp/index.html](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/cp/index.html)>, Acessado em 11 de junho de 2011.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. S. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1988. 374p.

TUBEROSA, R.; SANGUINETI, M. C.; LANDI, P. Abscisic acid concentration in feaf and xylema SAP, leaf water potencial, and stomatal conductance in maize. **Crop Science, Madison**, v. 34, p. 1537-1563, 1994.

VILAS-BOAS, R. C.; CARVALHO, J. de A.; GOMES, L. A. A.; SOUSA, A. M. G. de; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, K. D. de. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32. p.525-531, 2008.

WANG, S. Y.; GALLETA, G. J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n.1, p. 157-167, 1998.

WAKRIM, R.; WAHBI, S.; TAHI, H.; AGANCHICH, B.; SERRAJ, R. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation sand water use efficiency in common bean (*Phaseolous vulgaris* L.). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.106, p.275–287, 2005.

WIERENGA, F. J.; SADDIQ, M. H. Optimum soil water tension for trickle irrigated Chile peppers. In: International Drip/Trickle Irrigation Congress, 3, 1985, Fresno, California. Proceedings... Fresno: **American Society of Agriculture Engineers**, v. 1, p.193-197, 1985.

YAMAGUCHI, M. World vegetables: Principles, production and nutritive values. **Van Nostrand Reinhold**, New York, 415 p. 1983.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 8, p. 15-21, 1962.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Role of silicon in rice nutrition. **Soil Plant Food**, v. 5, p. 127-133, 1959.

XIONG, Y. C.; LI, F. M.; ZHANG, T. Performance of wheat crops with different chromosome ploidy: root-sourced signals, drought tolerance, and yield performance. **Planta**, v.224, p.710-718, 2006.

ZEEVAART, Z. R.; CREELMAN, R. A. Metabolism and physiology of abscisic acid. Annual Review, **Plant Physiology**, v. 39, p. 439-473, 1988.

ZENG, C.; BIE, Z.; YUAN, B. Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo L.*) in plastic greenhouse. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.96, p.595-602, 2009.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN, Q.; YU, J. Silicon alleviates salt stress and increase antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus L.*). **Plant Science**, New York, v. 167, p. 527-533, 2004.

ZUCARINI, P. Effects of silicon on photosynthesis, Water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 52, p.157-160, 2008.