

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**PABLO WENDERSON RIBEIRO COUTINHO**

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS, PRODUTIVAS E QUALIDADE PÓS-  
COLHEITA DO TOMATEIRO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM SILICATO DE  
CÁLCIO**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2019**

**PABLO WENDERSON RIBEIRO COUTINHO**

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS, PRODUTIVAS E QUALIDADE PÓS-  
COLHEITA DO TOMATEIRO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM SILICATO DE  
CÁLCIO**

Tese de doutorado apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia de Moraes Echer  
Coorientadores: Prof. Dr. Vandeir Francisco  
Guimarães  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo  
Lana

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Coutinho, Pablo Wenderson Ribeiro

Características Fisiológicas, produtivas e qualidade pós-colheita do tomateiro em resposta à adubação com silicato de cálcio. / Pablo Wenderson Ribeiro Coutinho; orientador(a), Márcia de Moraes Echer; coorientador(a), Vandeir Francisco Guimarães, coorientador(a)II, Maria do Carmo Lana, 2019.

95 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Solanum lycopersicum L. 2. Silício. 3. Trocas gasosas. 4. Conservação pós-colheita. I. Echer, Márcia de Moraes . II. Guimarães, Vandeir Francisco . III. Lana, Maria do Carmo. IV. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## PABLO WENDERSON RIBEIRO COUTINHO

Características fisiológicas, produtivas e qualidade pós-colheita do tomateiro em resposta à adubação com silicato de cálcio

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Marcia de Moraes Echer

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

Eurides Küster Macedo Junior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

Alfredo Richart

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

Romy Goto

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (UNESP)

Marechal Cândido Rondon, 22 de fevereiro de 2019

*Dedico esta tese a toda a minha família e  
“in memoriam” aos meus avós José e  
Ivanira Ribeiro*

## AGRADECIMENTOS

À Deus todo poderoso, por me conceder saúde e proteção em todos os momentos da minha vida, me dando força, coragem e discernimento para encarar esse desafio.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A empresa Sakata, especialmente ao Ricardo Rodrigues Félix dos Reis pela doação das sementes.

A empresa Agronelli, especialmente a Tallita Machado Oliveira pela doação do silicato de cálcio.

Agradeço a professora Dr<sup>a</sup>. Márcia de Moraes Echer, pela orientação, ensinamentos, conselhos e sugestões, pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, especialmente aos professores Dr. Vandeir Francisco Guimarães e Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Lana, pela coorientação e pelos conhecimentos repassados. Além dos professores Dr. Cláudio Y. Tsutsumi, Dr. Élcio Silvério Klosowski e Dr. Gilberto Costa Braga, que gentilmente sempre me ajudaram ao longo de todos esses anos e que contribuíram de forma significativa para minha formação.

Ao funcionário Flávio Goetz, pela sua admirável dedicação e colaboração na condução do trabalho. A Leila Allievi Werlang por sua extrema competência, e por sua admirável educação, paciência e simpatia com que trata as pessoas.

Aos meus pais Paulo Coutinho e Seleste Ribeiro, que nunca mediram esforços para continuar me incentivando nesta caminhada, ajudando-me a vencer todas as dificuldades, ensinando-me o caminho correto. Agradeço cada palavra de incentivo, cobrança e consolo durante todo esse período. Sou eternamente grato por ter vocês ao meu lado.

À minha filha Maria Heloisa pelo amor e carinho.

Aos meus irmãos Paulo Filho, Ana Paula, Ivana Larissa e Paulo Victor, pelo apoio, carinho e motivação.

Aos colegas, e aqueles que podemos chamar de amigos verdadeiros da Pós-Graduação, Adriano Inagaki, Danielle Cadorin, Débora Klein, Jaqueline Vanelli, Graciela Dalastra, Graziely Godoy, Thatiane Alves, Rafael Lucas, Leidiane Carvalho,

Viviane Ruppenthal, Tauane Brito, Eunice Lima, Mayra Abade, Soraia Fortado, Carlos Augusto e Bruna Penha pela amizade, companheirismo e ajuda no desenvolvimento do trabalho e pelos bons momentos de convivência.

Não poderia deixar de agradecer aos meus queridos amigos Arielly Andrade, Alice Machado, Ana Camila, Elder Santana, Juliane Brito, Lediane Lima, Lillian Oliveira, Lucas Dall’Agnol, Maya Reis, Michelle Miranda, Netto Roseno, Vivian Herrmann, Vlademir Herrmann, Vinicius Lemke, Saulo Rosa e Tamires Farias pelo companheirismo e amizade ao longo de tantos anos.

Enfim, a todos que colaboraram para minha formação pessoal e profissional, meus sinceros agradecimentos.

*“Nem todo pesquisador é cientista e nem toda pesquisa te faz um pesquisador”.*

Rafaela Hipólito

## RESUMO

COUTINHO, Pablo Wenderson Ribeiro, Dr., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro – 2019. **Características fisiológicas, produtivas e qualidade pós-colheita do tomateiro em resposta à adubação com silicato de cálcio.** Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia de Moraes Echer. Coorientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Lana

Avaliou-se as características produtivas, fisiológica e qualidade pós-colheita de dois híbridos de tomateiro em função de doses de silicato de cálcio. O experimento foi conduzido em ambiente protegido de agosto a dezembro de 2017, em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo o primeiro fator constituído de dois híbridos (Ivety e Natália) e o segundo fator por doses de silicato de cálcio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), sendo as doses aplicadas no mesmo dia que os vasos foram preenchidos. Os frutos foram avaliados quanto ao número, diâmetro longitudinal e transversal, massa média do fruto, produtividade comercial, não comercial e total. As plantas foram avaliadas quanto ao número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da planta, área foliar, dano da integridade de membrana, teor de lignina, massa seca do caule e folhas, o acúmulo e o teor de silício, cálcio e magnésio nas folhas e os teores nos frutos de tomateiro. Para os índice de trocas gasosas foi mensurada taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*), transpiração foliar (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), eficiência no uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*), além de ter sido analisado o índice SPAD e os teores dos pigmentos fotossintetizantes: clorofilas *a*, *b*, total. Essas análises do índice de trocas gasosas e pigmentos fotossintetizantes foram realizadas nos estádios de primeiro florescimento (17 DAT), pleno florescimento (58 DAT) e plena frutificação (78 DAT). Além destas, foram realizadas avaliações nos frutos, a saber: a produção de etileno, a respiração dos frutos, a firmeza, o número de lóculos, a atividade da poligalacturonase, os carotenóides totais, o licopeno, os compostos fenólicos, o teor de sólidos solúveis, o pH, a acidez titulável e o teor de ácido ascórbico. O aumento das doses de silicato de cálcio influenciou a produtividade não comercial dos frutos de tomate, dano da integridade de membrana na folha, *A*, *gs*, *E*, *ACi*, teores de clorofila *a*, *b* e total e a produção de etileno e a respiração dos frutos, apresentando uma redução destes com aumento das doses. Ocorreu também aumento do teor de silício

e cálcio no fruto para 'Natália', sendo que a mesma apresentou baixa atividade poligalacturonase, embora que o silício tenha demonstrado diferença, esta é devido a variabilidade genética. As concentrações de licopeno, compostos fenólicos, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ácido ascórbico dos frutos aumentaram em resposta às doses crescentes de silicato de cálcio para a 'Ivety'. Com base nesses resultados, conclui-se que os híbridos apresentam desempenho distintos sobre a influência da adubação com silicato de cálcio em tomateiro, reduzindo a produtividade não comercial dos frutos e podendo aumentar a conservação pós-colheita.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum* L. Silício. Trocas gasosas. Conservação pós-colheita.

## ABSTRACT

COUTINHO, Pablo Wenderson Ribeiro, Dr., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, In february 2019. **Physiologic, productive characteristics and post-harvest quality of tomatoes in response to fertilization with calcium silicate.** Advisor: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia de Moraes Echer. Co-Advisors: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães and Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Lana

Productive, physiologic and post-harvest quality of two tomato hybrids were evaluated in function of doses of calcium silicate. The experiment was conducted in a protected environment from August up to December 2017, in a randomized block design and in a factorial scheme 2 x 5, with four replicates, being the two tomato hybrids (“Ivety” and “Natália”) the first factor and the calcium silicate doses (0; 150; 300; 450 and 600 kg ha<sup>-1</sup>) the second, with the doses applied on the same day that the pots were filled. The fruits were evaluated for number, longitudinal and transversal diameter, average fruit mass and for commercial, non-commercial and total yield. Plants were evaluated for leaf number, stem diameter, aerial length, foliar area, damage of membrane integrity, lignin content, stem and leaves dry mass, accumulation and content of silicate, calcium and magnesium in the leaves and these contents in the fruits of tomatoes. For the gas exchange indexes, it was measured the CO<sub>2</sub> liquid assimilation rate (*A*), foliar transpiration (*E*), stomatal conductance (*gs*), internal CO<sub>2</sub> content (*Ci*), water use efficiency (WUE), intrinsic water use efficiency (iWUE) and instantaneous carboxylation efficiency (iCE), besides being evaluated the SPAD index and the photosynthetic pigment contents carried in the first flowering stage (17 DAT), full bloom (58 DAT) and full fructification (78 DAT). Besides these, fruit evaluations were made, namely: ethylene production, fruit’s respiration, firmness, number of locus, polygalacturonate activity, total carotenoids, lycopene, phenolic compounds, soluble solids content, pH, titratable acidity and the ascorbic acid content. The increase in the calcium silicate doses influenced the tomatoes non-commercial yield, damage of leaf membrane integrity, *A*, *gs*, *E*, *iCE*, chlorophylls *a*, *b* and total contents and the ethylene production and the fruit’s respiration, showing a reduction of these as the doses increased. There was also an increase in the silicon and calcium content in the fruit ‘Natália’, which presented low polygalacturonate activity, even though the silicate showed differences, which was due to the genetic variability. The contents of lycopene, phenolic compounds, soluble solids, pH, titratable acidity and ascorbic acid of fruits increased in response to crescent doses of calcium silicate for ‘Ivety’. Based on these

results, it is concluded that the hybrids presented different performances on the influence of fertilization with calcium silicate in tomato, reducing the fruits non-commercial yield and being able to increase the post-harvest conservation.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L. Silicon. Gas exchange. Post-harvest conservation.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I

**Figura 1.** Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar, média de umidade relativa do ar por dia (A) e radiação solar (B), durante o cultivo de tomateiro em ambiente protegido. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon (agosto a dezembro de 2017) ..... 10

**Figura 2.** Produtividade não comercial (A) e (B) diâmetro transversal de frutos de tomate em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017..... 15

**Figura 3.** Dano da integridade de membrana nas folhas (A) e teor de lignina do caule (B) de dois híbridos de tomateiro, em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017..... 17

**Figura 4.** Teor de silício (A) e cálcio (B) em frutos e teor de magnésio em folhas (C) e frutos (D) de dois híbridos tomateiro em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....20

### ARTIGO II

**Figura 1.** Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar, média de umidade relativa do ar por dia (A) e radiação solar (B), durante o cultivo de tomateiro em ambiente protegido. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon (agosto a dezembro de 2017) .....28

**Figura 2.** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), condutância estomática (*gs*), transpiração foliar (*E*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) aos 58 DAT em função das doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....32

**Figura 3.** Teores de clorofila *a*, *b* e total aos 58 DAT e índice de SPAD aos 17, 58 e 78 DAT em função das doses de silicato de cálcio na cultura do tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....37

**Figura 4.** Produtividade não comercial de frutos de tomate em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....41

### ARTIGO III

**Figura 1.** Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar, média de umidade relativa do ar por dia (A) e radiação solar (B), durante o cultivo de tomateiro em ambiente protegido. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon (agosto a dezembro de 2017) .....48

**Figura 2.** Produção de etileno (A) e respiração (B) de frutos, em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....53

**Figura 3.** Atividade da poligalacturonase de frutos de tomate em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....55

**Figura 4.** Licopeno (A), compostos fenólicos (B), sólidos solúveis (C), pH (D), acidez titulável (E) e ácido ascórbico (F) de híbridos de tomateiro, em função de diferentes doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....57

**Figura 5.** Teor de silício e cálcio em frutos de tomateiro, em função de híbridos de tomate e doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....60

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

**Tabela 1.** Número de frutos por planta (NFP), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), massa média de frutos (MMF), produtividade dos frutos normais (PN), produtividade dos frutos não comerciais (PNC) e produtividade total dos frutos (PT), em função das diferentes híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017..... 14

**Tabela 2.** Número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), área foliar (AF) e dano da integridade de membrana (DIM) de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....16

**Tabela 3.** Teor e conteúdo de silício (Si), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....18

### ARTIGO II

**Tabela 1.** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*E<sub>iUA</sub>*) e eficiência instantânea de carboxilação (*AC<sub>i</sub>*) em dois híbridos de tomateiro aos 17, 58 e 78 DAT. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....33

**Tabela 2.** Teores de clorofila *a*, *b* e total aos 17 e 78 DAT em folhas de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....38

**Tabela 3.** Coeficiente de correlação de Pearson em porcentagem entre as estimativas dos parâmetros de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*E<sub>iUA</sub>*), eficiência instantânea de carboxilação (*AC<sub>i</sub>*), clorofila *a*, *b*, total (CL *a*, CL *b* e CL T) e SPAD em híbridos de tomateiro aos 17, 58 e 78 DAT. Os valores relativos às medias de quatro repetições de dois híbridos de tomateiro submetidos à doses de silicato de cálcio. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....39

**Tabela 4.** Produtividade dos frutos normais (PN), produtividade dos frutos não comerciais (PNC) e produtividade total dos frutos (PT) de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....40

### ARTIGO III

**Tabela 1.** Respiração (CO<sub>2</sub>), firmeza dos frutos (F), número de lóculos (NL) e a atividade poligalacturonase (PG) em função dos híbridos de tomate. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....53

<b>Tabela 2.</b> Teor de carotenóides totais, licopeno e ácido ascórbico (AA) em função dos híbridos de tomate. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.....	56
--	----

## ANEXOS A

<b>Tabela 1.</b> Fertilizantes e quantidades utilizadas na fertirrigação ao longo do ciclo de dois híbridos de tomateiro. Marechal Cândido Rondon, 2017.....	66
--	----

## ANEXOS B

### ARTIGO I

<b>Tabela 1.</b> Resumo de análise de variância Número de frutos (NF), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal dos frutos (DLF), massa média de frutos (MMF), produtividade de frutos normais (PN), produtividade de frutos não comercial (PNC) e produtividade total de frutos (PT) de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	69
--	----

<b>Tabela 2.</b> Desdobramento de DTF e PNC de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	69
--	----

<b>Tabela 3.</b> Resumo de análise de variância número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), área foliar (AF) de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	69
---	----

<b>Tabela 4.</b> Resumo de análise de variância do dano de integridade de membrana de folhas (DIM) e teor de lignina do caule (LIG) de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	70
--	----

<b>Tabela 5.</b> Desdobramento de DIM e LIG de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	70
--	----

<b>Tabela 6.</b> Resumo de análise de variância do teor de silício (Si), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas e fruto de diferentes cultivares de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	70
---	----

<b>Tabela 7.</b> Desdobramento do teor de Si, Ca e Mg de folhas e frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....	71
---	----

### ARTIGO II

<b>Tabela 1.</b> Resumo de análise de variância da taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), transpiração foliar (E), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (ACi) em dois híbridos de tomateiro aos 17 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio.....	71
--	----

<b>Tabela 2.</b> Resumo de análise de variância da taxa de assimilação de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), transpiração foliar (E), eficiência do uso da água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (ACi) em dois híbridos de tomateiro aos 58 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio.....	72
--	----

**Tabela 3.** Desdobramento da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração foliar (*E*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) em dois híbridos de tomateiro aos 58 DAT, submetido a doses de cálcio.....72

**Tabela 4.** Resumo de análise de variância da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) em dois híbridos de tomateiro aos 78 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio.....73

**Tabela 5.** Resumo de análise de variância das clorofilas *a*, *b* e total e índice SPAD em dois híbridos de tomateiro aos 17 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio.....73

**Tabela 6.** Resumo de análise de variância das clorofilas *a*, *b* e total e índice SPAD em dois híbrido de tomateiro aos 58 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio.....74

**Tabela 7.** Resumo de análise de variância das clorofilas *a*, *b* e total e índice SPAD em dois híbridos de tomateiro aos 78 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio.....74

**Tabela 8.** Desdobramento de clorofila *a*, *b*, total e índice SPAD aos 58 DAT em dois híbridos de tomateiro, submetido a doses de cálcio.....74

**Tabela 9.** Resumo de análise de variância de produtividade de frutos normais (PN), produtividade de frutos não comercial (PNC) e produtividade total de frutos (PT) de dois híbridos de tomateiro submetidos a doses de silicato de cálcio.....75

**Tabela 10.** Desdobramento de índice SPAD aos 17 e 78 DAT e produtividade de frutos não comercial (PNC) em dois híbridos de tomateiro submetidos a doses de silicato de cálcio.....75

### ARTIGO III

**Tabela 1.** Resumo de análise de variância respiração de frutos (CO<sub>2</sub>), etileno (Eti), firmeza (F), número de lóculos (NL), atividade da poligalacturonase (POLI), teor de carotenóides totais (CARO), licopeno (LICO) e compostos fenólicos (CF) de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....75

**Tabela 2.** Desdobramento de CO<sub>2</sub>, ETI, POLI, LICO e CF de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....76

**Tabela 3.** Resumo de análise de variância sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA) de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....76

**Tabela 4.** Desdobramento de SS, pH, AT e AA de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....76

**Tabela 5.** Resumo de análise de variância do teor de silício (Si) e cálcio (Ca) em fruto de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....76

**Tabela 6.** Desdobramento do teor de Si e Ca em frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio.....77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGO I - Características morfológicas e nutricionais de tomateiro em função das doses de silicato de cálcio .....</b>	<b>6</b>
2.1	RESUMO .....	6
2.2	ABSTRACT.....	7
2.3	INTRODUÇÃO.....	8
2.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
2.6	CONCLUSÃO .....	21
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>ARTIGO II – Eficiência fotossintética de plantas de tomateiro submetidas a doses de silicato de cálcio .....</b>	<b>25</b>
3.1	RESUMO .....	25
3.2	ABSTRACT.....	26
3.3	INTRODUÇÃO.....	27
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
3.6	CONCLUSÃO .....	41
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>ARTIGO III - Efeito do silicato de cálcio em pré-colheita na qualidade pós-colheita de tomates .....</b>	<b>45</b>
4.1	RESUMO .....	45
4.2	ABSTRACT.....	46
4.3	INTRODUÇÃO.....	47
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	52
4.6	CONCLUSÃO .....	61
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>65</b>
	<b>ANEXOS A.....</b>	<b>66</b>
	<b>ANEXOS B.....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertence à família Solanaceae, é originária da região do norte do Equador, sendo uma das principais hortaliças cultivadas mundialmente, com uma produção de 161,17 milhões de toneladas. Neste cenário, o Brasil contribuiu com uma produção média de 2,21 milhões de toneladas de tomate (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2017), tendo como principais estados produtores Goiás com 28%, São Paulo com 21%, Minas Gerais com 15% e o Paraná com 6% (IBGE, 2017).

O tomate é uma hortaliça fruto, presente na alimentação diária de grande parte da população brasileira. O fruto, quando consumido *in natura*, apresenta uma das principais fontes naturais de vitamina do complexo B e beta caroteno (substância precursora da vitamina A), ácido ascórbico, licopeno e sais minerais como fósforo, ferro e elevados teores de potássio (MONTEIRO et al., 2008).

A oferta do produto apresenta grande amplitude, estando disponível em vários locais e épocas do ano, devido a sua versatilidade no uso e aroma muito agradável. No entanto, em épocas como a primavera-verão no centro-sul, é considerado um desafio cultivar tomates, pois a temperatura e umidade relativa do ar são elementos climáticos que exercem grande influência no crescimento e desenvolvimento das plantas. Sob alta temperatura, o tomateiro apresenta acentuada queda de flores, reduzindo significativamente a produtividade. A umidade relativa, quando em excesso proporciona condições favoráveis à incidência de doenças (SOUZA, 2010).

Convém salientar que, além da temperatura elevada, outros elementos como a radiação incidente e disponibilidade de água quando combinados com a deficiência de cálcio, estão diretamente relacionadas a uma das principais anomalias fisiológicas do tomateiro, que é a podridão apical (FONTES, 2003). Os sintomas desta anomalia ocorre inicialmente nos frutos verdes com formação de áreas brancas ou marrons na base do fruto, levando as manchas para marrom escuro ou pretas, tornando-o duro e seco, algo bem visível desde o início da formação do fruto.

A produção de tomate passou por grandes inovações tecnológicas, como a criação de híbridos que possuem em sua constituição genotípica a característica “longa-vida”, resultando em frutos firmes por maior período, prolongando a vida de pós-colheita (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000). Além disso, para melhorar a produtividade, qualidade e a aparência do fruto, destaca-se a adoção e o

aperfeiçoamento de técnicas adequadas de adubação, destacando-se a adubação silicatada que visa principalmente a redução de problemas fitossanitários (MENDES et al., 2011) e conservação pós-colheita (MARODIN et al., 2016).

O silício (Si) ocupa o segundo lugar como elemento mais disponível na crosta terrestre (MALAVOLTA, 2006), sendo encontrado em solos minerais com altos teores, principalmente na forma de silicatos e quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) (FONSECA, 2007). É considerado um elemento benéfico, pois apesar de não estar atuando diretamente nas vias metabólicas principais da planta, quando presente pode proporcionar maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (RODRIGUES et al., 2011). Como observado por Rodrigues et al. (2018), que relataram que o Si estimula o crescimento vegetativo do tomateiro em meio salino.

Korndörfer, Datnoff e Corrêa (1999), afirmam que o Si quando aplicado em plantas com estresse hídrico pode reduzir a transpiração das plantas, aumentando desta forma a condutância estomática e a fotossíntese, principalmente nos períodos em que é elevada a radiação solar. A adubação com silício influencia a arquitetura da planta, aumentando a exposição das folhas à luz, favorecendo assim a fotossíntese (SIDDIQUI et al., 2018). Em frutos ocorre a redução na transpiração, aumentando a conservação pós-colheita, devido à perda de água ser uma das principais causas da deterioração dos tecidos, resultando na alteração da aparência, perda de textura e de valor nutricional (CARNEIRO et al., 2015). Em tomateiro, Marodin et al. (2014) constataram a redução do número de frutos não comercial e aumentou a produtividade.

A aplicação de Si em tomateiro e pimentão reduz a incidência da anomalia fisiológica conhecida como podridão apical (STAMATAKIS et al., 2003; CANTUÁRIO et al., 2014). Além do efeito em condição de estresse, estudos indicam que o silício tem a capacidade de aumentar o tempo de conservação pós-colheita e melhorar a qualidade das hortaliças. No morango, o fornecimento de silício melhorou o produto final com o aumento dos teores de açúcares totais (FIGUEIREDO et al., 2010). Em alface, a aplicação de silício melhorou os parâmetros químicos de qualidade pós-colheita (LEMOS NETO et al., 2018). Estudo realizado por Marodin et al. (2016) demonstraram que o silício proporcionou melhor conservação pós-colheita, pois a aplicação de silício aumentou a firmeza e a concentração de sólidos solúveis, vitamina C e licopeno em frutos de tomate.

As plantas são classificadas em acumuladoras, não acumuladoras e intermediárias, sendo que são ditas como acumuladoras as gramíneas em geral. As não acumuladoras se caracterizam pelo baixo teor nos tecidos, mesmo com altos níveis de silício, como observado no trabalho de Lana et al. (2003), doses de 4000 kg ha<sup>-1</sup> de silicato de cálcio não diferindo das menores doses em tomateiro, o que observou em torno de 6 g kg<sup>-1</sup> em folhas maduras. As intermediárias são aquelas em que as plantas absorvem uma quantidade intermediária de silício, em um meio com altas doses, em geral as cucurbitáceas.

Os aspectos quantitativos e qualitativos do tomateiro são controlados geneticamente, podendo ser influenciados pela nutrição das plantas, condições ambientais e manejo pós-colheita. A partir do exposto foi realizado a pesquisa no período de primavera-verão tendo como hipótese de que a absorção e o acúmulo de silicato de cálcio pelas plantas de tomateiro alteraria os órgãos fotossintetizantes conhecidos como fonte e dreno, aumentando assim a produtividade e qualidade dos frutos.

Nesse contexto o presente trabalho tem como objetivo avaliar, as características produtivas, fisiológica e qualidade pós-colheita de dois híbridos de tomateiro em função de doses de silicato de cálcio. Para avaliar essa hipótese do trabalho a tese foi dividida em três artigos.

No artigo I intitulado “Características morfológicas e nutricionais de tomateiro em função das doses de silicato de cálcio” avaliou a influência do silicato de cálcio nas características morfométricas do tomateiro e na absorção de silício, cálcio e magnésio.

O artigo II intitulado “Eficiência fotossintética de plantas de tomateiro submetidas a doses de silicato de cálcio” avaliou o efeito das doses de silicato de cálcio nos teores dos pigmentos fotossintéticos e índices de trocas gasosas de dois híbridos de tomateiro.

O artigo III intitulado “Efeito do silicato de cálcio em pré-colheita na qualidade pós-colheita de tomates” avaliou a influência do silicato de cálcio sobre a atividade da enzima poligalacturonase, respiração, etileno e os parâmetros físico-químicos na qualidade pós-colheita dois híbridos de tomate.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Evolução das cadeias produtivas de tomate industrial e para mesa no Brasil, 1990-2016. **Informações Econômicas**, v. 47, n. 1, p. 50-59, 2017.
- CANTUÁRIO, F. S.; LUZ, J. M. Q.; PEREIRA, A. I. A.; SALOMÃO, L. C.; REBOUÇAS, T. N. H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 215-219, 2014.
- CARNEIRO, J. D. O.; SOUZA, M. D. A. D.; RODRIGUES, Y. D. M.; MAPELI, A. M. Efeito da temperatura e do uso de embalagem na conservação pós-colheita de frutos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 568-577, 2015.
- DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 3-4, 2000.
- FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P.; TEIXERA, C. P.; PETRAZZINI, L. L.; LOCARNO M.; CARVALHO, J. G. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.
- FONSECA, I. M. **Efeito da escória de siderurgia como fonte de silício e sua interação com a adubação nitrogenada em *Brachiaria brizantha***. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2007.
- FONTES, P.C.R. Podridão apical do tomate, queima dos bordos das folhas em alface e depressão amarga dos frutos em maçã: deficiência de Ca? **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 144, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola 2015**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; CORRÊA, G. F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna soils from Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 93-102, 1999.
- LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; JUNIOR, L. A. Z.; DA SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 2, p. 15-20, 2003.
- LEMONS NETO, H. S. L.; GUIMARÃES, M. A.; MESQUITA, R. O.; SAMPAIO, I. M. G.; HENDGES, A. R. A. A.; OLIVEIRA, A. B. Silicon Potential as Attenuator of Salinity Effects on Growth and Post-harvest Quality of Lettuce. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 7, p. 455-463, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Ceres, 2006. 443 p.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T.; MORALES, R. G.; SILVA, M. L.; GALVÃO, A. G.; ZANIN, D. S. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 220-224, 2014.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R.G. F.; FARIA, M. V.; TREVISAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; DIAS, D. M. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 361-366, 2016.

MENDES, L. S.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. **Cerrado agrociências**, n. 2, p. 51-63, 2011

MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. D. S.; HARACEMIV, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate tipo italiano. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

RODRIGUES, A. J. O.; NUNES, L. R. L.; NUNES, A. M. C. NUNES; UCHÔA, K. S. A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, p. 141-148, 2018.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, n. 134, p. 14-20, 2011.

SIDDIQUI, H.; YUSUF, M.; FARAZ, A.; FAIZAN, M.; SAMI, F.; HAYAT, S. 24-Epibrassinolide supplemented with silicon enhances the photosynthetic efficiency of Brassica juncea under salt stress. **South African Journal of Botany**, v. 118, n. 1, p. 120-128, 2018.

STAMATAKIS, A.; PAPADANTONAKIS, N.; SAVVAS, D.; LYDAKIS-SIMANTIRIS, N.; KEFALAS, P. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. **Acta Horticulturae**, n. 609, p. 141–149, 2003.

SOUZA, J. L. Sistema orgânico de produção de tomate. *In*: Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. **Tomate**. Vitória, ES: Incaper, 2010. cap. 2, p. 35-67.

## 2 ARTIGO I - CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E NUTRICIONAIS DE TOMATEIRO EM FUNÇÃO DAS DOSES DE SILICATO DE CÁLCIO

2.1 RESUMO – Avaliou-se a influência do silicato de cálcio nas características morfofisiológicas do tomateiro e a absorção de silício, cálcio e magnésio. O experimento foi conduzido em ambiente protegido de agosto a dezembro de 2017, em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, sendo o primeiro fator constituído de dois híbridos (Ivety e Natália) e o segundo fator por doses de silicato de cálcio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), sendo as doses aplicadas no mesmo dia que os vasos foram preenchidos. Os frutos foram avaliados quanto número, diâmetro longitudinal e transversal, massa média do fruto, produtividade comercial, não comercial e total. As plantas foram avaliadas quanto ao número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da planta, área foliar, dano da integridade de membrana, teor de lignina, massa seca do caule e folhas, o acúmulo e o teor de silício, cálcio e magnésio nas folhas e os teores nos frutos de tomateiro. O aumento das doses de silicato de cálcio influenciou a produtividade não comercial dos frutos de tomate, apresentando uma redução desta produção com aumento das doses. Ocorreu também um aumento do teor de silício e cálcio no fruto para 'Natália'. O silicato de cálcio influenciou de forma diferenciada em cada genótipo, sendo observado uma redução no dano da integridade da membrana nas folhas e um incremento do teor de lignina no caule com o aumento das doses.

**Palavras-chaves:** *Solanum lycopersicum* L., híbridos, silício.

## **Morphologic and nutritional characteristics of tomatoes in function of the doses of calcium silicate**

2.2 ABSTRACT - It was evaluated the calcium silicate influence in the tomatoes morphophysiological characteristics and the absorption of silicon, calcium and magnesium. The experiment was conducted in a protected environment from August up to December 2017, in a randomized block design and in a factorial scheme 2 x 5, with four replicates, being the two tomato hybrids (“Ivety” and “Natália”) the first factor and the calcium silicate doses (0; 150; 300; 450 and 600 kg ha<sup>-1</sup>) the second, with the doses applied on the same day that the pots were filled. Fruits were evaluated for number, longitudinal and transversal diameter, fruit average mass and for the commercial, non-commercial and total yield. Plants were evaluated for the number of leaves, stem diameter, aerial length, foliar area, damage of membrane integrity, lignin content, stem and leaves dry mass, accumulation and content of silicon, calcium and magnesium in the leaves and fruits of tomatoes. The increase in the silicate doses influenced the tomatoes non-commercial yield, showing a reduction in this parameter as the doses increased. An increase in the silicon and calcium increased occurred in the fruit of ‘Natália’. The calcium silicate influenced differently in each genotype, being observed a reduction in the leaves damage of membrane integrity and an increase in the stem lignin content as the doses increased.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L., hybrids, silicon.

## 2.3 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é considerado uma das mais importantes hortaliças cultivadas mundialmente e seu fruto é de grande importância econômica, pois é uma das principais hortaliças em volume, consumida *in natura* no mundo. O Brasil contribuiu com uma produção média de 2,21 milhões de toneladas de tomate (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2017).

O cultivo de tomateiro realizado sobre temperaturas elevadas, radiação incidente e disponibilidade de água são alguns dos elementos que, combinado com a deficiência de cálcio, estão diretamente relacionados com uma das principais anomalias fisiológicas do tomateiro que é a podridão apical. Tal desordem fisiológica é ocasionada pela baixa deposição de pectato e fosfato de cálcio nos frutos, podendo ocasionar tecido necrótico com coloração passando de marrom-claro a escuro (FONTES, 2003).

Os tomates longa vida comercializados no Brasil são os do tipo estrutural e os que apresentam os genes *rin*, *nor* ou *alc* são alelos específicos que retardam a maturação dos frutos, devido à sua característica de maior conservação pós-colheita (PEREIRA et al., 2012).

O sucesso da produção de tomate de mesa é garantido quando se tem alta produtividade combinada com frutos de qualidade. Para melhorar esses fatores é necessário que se realize uma adubação equilibrada, pois os elementos minerais exercem influência nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta e dos frutos (NASCIMENTO et al., 2013).

O silício (Si) é considerado um elemento benéfico, pois apesar de não estar atuando diretamente nas vias metabólicas principais da planta, quando presente pode proporcionar maior tolerância aos estresses bióticos e abióticos (RODRIGUES et al., 2011).

A importância da adubação silicatada vem sendo demonstrada ao promover uma série de alterações bioquímicas e estruturais na parede celular, podendo assim elevar os conteúdos de hemicelulose e lignina, aumentando a rigidez da célula. A quantidade de silício absorvida pelas espécies vegetais está relacionada com o sistema radicular, em que os teores podem variar de 0,1 a 10% na massa seca (CAMARGO, 2016).

As plantas são classificadas em acumuladoras, não acumuladoras e intermediárias, sendo que são ditas como acumuladoras as gramíneas em geral. As

não acumuladoras se caracterizam pelo baixo teor nos tecidos, mesmo com altos níveis de silício. As intermediárias são aquelas em que as plantas absorvem uma quantidade intermediária de silício, em um meio com altas doses, em geral as cucurbitáceas. Lana et al. (2003) observou que sua maior dose de 4000 kg ha<sup>-1</sup> de silicato de cálcio não diferiu das menores doses em tomateiro, onde observou em torno de 6 g kg<sup>-1</sup> em folhas maduras.

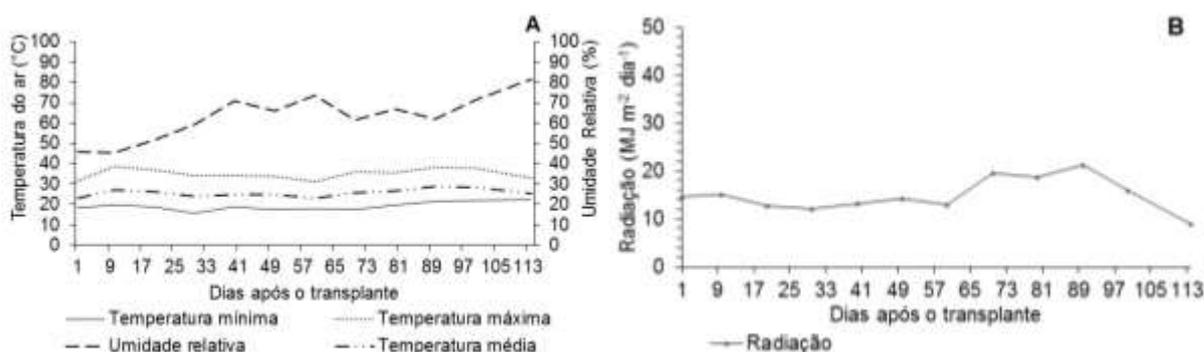
A adubação com silício influencia a arquitetura da planta, aumentando a exposição das folhas à luz favorecendo assim a fotossíntese (SIDDIQUI et al., 2018). Em tomateiro, Marodin et al. (2014) constataram redução do número de frutos não comercial e aumentou produtividade.

O uso do silicato de cálcio é uma alternativa no manejo nutricional do tomateiro, buscando produtos de melhor qualidade, maiores índices de produtividade e menores custos de produção. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do silicato de cálcio nas características morfométricas do tomateiro e na absorção de silício, cálcio e magnésio.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de agosto a dezembro de 2017 em ambiente protegido na Estação de Cultivo Protegido e Controle Biológico “Professor Dr. Mário César Lopes”, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no município de Marechal Cândido Rondon - PR. As coordenadas geográficas do local são 24° 46' S e 54° 22' W e altitude média de 420 m.

A cultura foi instalada sob estrutura de ferro galvanizado com teto em forma de arco, de dimensões 7 x 30 m e 3,5 m de pé direito, com teto revestido com filme de polietileno de baixa densidade de 150 µm, com transmissividade à radiação solar de 80% e laterais fechadas com tela branca de 40% de sombreamento. Para registrar os dados de temperatura e umidade relativa do ar a cada hora do dia foi instalado um datalogger da marca HOMIS modelo 494, que foi alocado em abrigo meteorológico posicionado a uma altura de 1,20 m do solo, no centro do ambiente protegido. Os valores de temperatura, umidade relativa do ar e radiação são apresentados na figura 1.



**Figura 1.** Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar, média de umidade relativa do ar por dia (A) e radiação solar (B), durante o cultivo do tomateiro em ambiente protegido. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon (agosto a dezembro de 2017).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa subtropical mesotérmico úmido de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante todo o ano e verões quentes (ALVARES et al., 2013).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5 com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se de dois híbridos de tomate do grupo salada (Ivety e Natália), sendo que estes apresentam hábitos de crescimento indeterminado com massa média de fruto entre 220 a 230 g. O híbrido Natália apresenta característica “longa-vida” com o gene *rin*, possuindo uma vida de pós-colheita mais prolongada, ocasionando a ocorrência da redução do processo de amadurecimento e consequentemente a degradação da parede celular do fruto. O híbrido Ivety não apresenta em sua constituição genética este gene.

O segundo fator correspondeu de cinco doses de silicato de cálcio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), no qual estes foram aplicados no mesmo dia em que os vasos foram preenchidos com uma mistura de substrato comercial para hortaliças e vermicomposto na proporção 1:1. O silicato de cálcio apresenta 20% de silício e 29% de cálcio em sua composição. Os vasos de 12 dm<sup>3</sup> foram dispostos no espaçamento de 1,20 x 0,5 m, utilizando um prato por vaso para evitar a perda dos nutrientes por lixiviação. Cada parcela experimental foi composta por quatro vasos, dispostas em fileira única.

A caracterização química da mistura utilizada foi: P = 468,23 mg dm<sup>-3</sup>, K = 2,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 13,72 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 4,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,40 mg dm<sup>-3</sup>, Zn = 44 mg dm<sup>-3</sup>, Mn = 136,58 mg dm<sup>-3</sup>, Fe = 91,10 mg dm<sup>-3</sup>, MO = 51,95 g dm<sup>-3</sup> e pH = 6,6.

As plantas foram conduzidas verticalmente em haste única, com uso de fitilhos plásticos até a altura aproximada de 1,90 m do vaso. Durante todo o ciclo, foram realizadas desbrotas com o intuito de manter uma única haste por planta e todas as plantas foram mantidas com seis cachos, realizando a retirada da gema apical após a terceira folha acima do sexto cacho.

A irrigação foi realizada via gotejamento quatro vezes durante ao dia conforme a necessidade da cultura, aplicando em torno de 1 a 2,5 L de água por dia, mantendo a umidade do substrato acima de 80%, utilizando fita flexível com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup> e emissores espaçados em 0,50 m, aplicando água manualmente quando necessário para se obter a uniformidade no vaso. A adubação foi realizada via fertirrigação, de acordo com a recomendação de Dalstra (2017), sendo aplicados no período de cultivo no total, 3084 g de fosfato monoamônico (MAP), 3900 g de sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>), 1824 g de nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>), 8148 g de sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 7008 g de nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) e 876 g de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), sendo aplicado também durante o ciclo 320 g de micronutrientes (Mg 3,8%, S 12%, B 5%, Cu 0,5%, Fe 0,1%, Mn 7%, Mo 0,1%, Zn 7 %).

O volume da solução preparada para a fertirrigação foi de 20 L por aplicação, sendo realizado 45 aplicações, onde 27 foram na fase de pleno florescimento e início de frutificação, aplicando nesta fase inicial um percentual entre 50-60% da quantidade total dos fertilizantes macro e micronutrientes. Em plena frutificação já estava sendo colhido o primeiro e o segundo cacho e foram aplicados o restante da adubação correspondendo entre 40-50% dos macro e micronutrientes, sendo realizado a fertirrigação até uma semana antes da última colheita.

Para o controle de mosca-branca (*Bemisia tabaci* biotipo B) e traça do tomateiro (*Tuta absoluta*) foram realizadas duas aplicações do produto Connect®, inseticida pertencente ao grupo químico, é dipel inseticida biológico. Essas aplicações ocorreram aos 15 e 44 DAT, seguindo-se as recomendações para a cultura. Para o controle preventivo de doenças foi realizada uma aplicação de calda bordalesa aos 20 DAT.

As avaliações das características foram realizadas partir do início da colheita que foi aos 70 dias após o transplante (DAT), onde os frutos foram colhidos no momento em que apresentavam 90% da superfície de coloração vermelha, sendo avaliado o número de frutos por planta e, posteriormente estes frutos foram classificados em comercial e não comercial, sendo considerados não comerciáveis

frutos inferiores a 50 mm de diâmetro e com presença de defeitos. Em seguida foram avaliadas a massa média do fruto (g), diâmetro transversal e longitudinal do fruto (mm), mensurados por meio da pesagem em balança de precisão e por um paquímetro digital, respectivamente. A produtividade comercial, não comercial e total foi estimada a partir da massa do fruto, expressa em  $\text{kg m}^{-2}$ .

Ao final do ciclo da cultura foram mensurados o número de folhas da planta, diâmetro do caule por meio de um paquímetro digital – medidas na base, altura da planta, com auxílio de uma trena graduada. A massa de matéria seca das folhas (MSF) e do caule (MSC) foi determinada no final do ciclo da cultura e área foliar (AF) foi determinada por meio do aparelho Area Meter da marca Li-cor, modelo LI 3100C.

Após ter sido realizada a MSC foi determinado o teor de lignina, seguindo a metodologia proposta por Van Soest (1994), com extração por detergente ácido. O dano da integridade de membrana foi realizada a partir da retirada de 10 discos de 10 mm de diâmetro de folhas jovens, de cada planta, seguindo a metodologia proposta por Lutts, Kinet e Bouharmont (1996).

O teor de Si, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram determinados em amostras de dois frutos maduros e oito folhas com pecíolos por parcela, sendo retiradas do tomateiro entre o segundo e terceiro cacho durante o florescimento. As amostras foram secas até atingirem massa constante, em estufa de circulação forçada de ar e, após secagem foram moídas. O teor de Si em folhas e frutos foi determinado por meio da metodologia descrita por Korndörfer, Pereira e Nolla (2004) com valores expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  de massa seca. O Ca e Mg foi determinado segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), com valores expressos em  $\text{g kg}^{-1}$  de massa seca. O conteúdo de Si, Ca e Mg foi calculado com os dados de massa seca da planta.

Os dados experimentais foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $p \leq 0,05$ ). Em seguida, procedeu-se a análise de variância e de regressão ( $p \leq 0,05$ ), mediante a utilização do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação ao longo do período de condução do experimento em ambiente protegido são apresentados na figura 1. A temperatura média variou entre 23 a 29 °C, a umidade relativa entre 45,43 a 81,70% e a radiação solar entre 8,88 a 21,13  $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 1). Para cada

genótipo de tomateiro e fase do ciclo há uma temperatura adequada, estes elementos climáticos estão dentro do recomendável para a cultura.

Embora tenha ocorrido altas temperaturas em alguns dias, isso não afetou fisiologicamente o híbrido Ivetty que não apresenta o gene *rin*, pois os híbridos que apresentam esse gene são uma alternativa para produção em regiões com estação do ano de temperaturas mais elevadas, devido à ampla adaptabilidade e alta estabilidade destes híbridos (PEREIRA et al., 2012).

A radiação solar do interior do ambiente protegido é reduzida em relação ao ambiente externo devido à reflexão e à absorção pelo material de cobertura, sendo que neste estudo foi utilizado um material com menos de um ano de uso, apresentando 80% de transmissividade à radiação solar. Os resultados fenológicos e produtivos dos cultivos em ambiente protegido só acontecem quando o nível de radiação no interior do ambiente é de aproximadamente  $8,40 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , pois quantidades inferiores reduzem a produção de fotoassimilados para a manutenção e desenvolvimento da planta, podendo ocorrer radiações inferiores causadas por dias com nebulosidade ou até mesmo devido ao tempo do uso do plástico que pode reduzir a transmissividade (BECKMANN et al., 2006).

A produção de tomate satisfatória depende da ação conjunta de fatores tanto intrínsecos quanto extrínsecos. Os intrínsecos podem ser amenizados com o uso de melhoramentos genéticos, como a utilização de híbridos melhorados, enquanto os extrínsecos dependem das atividades de manejo adotadas, como a utilização de fertilizantes minerais, pois os elementos minerais exercem influência nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas e dos frutos.

Para as características morfométricas dos frutos não houve interação entre os híbridos e doses de silicato de cálcio, desta forma estes foram avaliados isoladamente. Foi observada a diferença entre os híbridos para as características número de frutos por planta (NFR), diâmetro transversal do fruto (DTF), massa média do fruto (MMF), produtividade não comercial (PNC) e total (PT) de frutos de tomate (Tabela 1).

O híbrido Natália apresentou maior NFP, podendo aumentar a competição por fotoassimilados entre drenos afetando a fixação nos frutos, ocorrendo assim menor MMF por planta. Este aumento de frutos por planta causou um aumento de PNC e conseqüentemente um aumento da PT, pois o rendimento da cultura é determinado pelo NFP, que vem alterar o número, tamanho e qualidade dos frutos comerciais.

**Tabela 1.** Número de frutos por planta (NFP), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), massa média de frutos (MMF), produtividade dos frutos normais (PN), produtividade dos frutos não comerciais (PNC) e produtividade total dos frutos (PT), em função dos diferentes híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

Híbridos	NFP	DTF mm	DLF mm	MMF g	PN kg m <sup>-2</sup>	PNC kg m <sup>-2</sup>	PT kg m <sup>-2</sup>
Ivety	30,88 b*	64,02 a	52,99	157,97 a	13,11	3,36 b	16,46 b
Natália	40,93 a	60,43 b	53,14	143,37 b	13,42	5,28 a	18,29 a
CV %	8,74	2,18	2,21	4,85	16,78	27,48	13,15

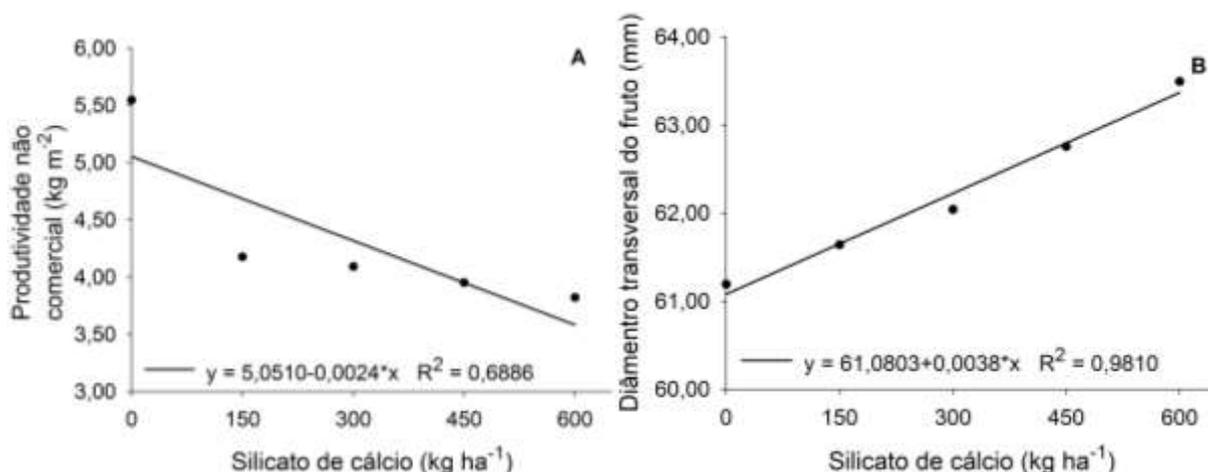
\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Observou-se que houve uma redução da MMF por planta, pois de acordo com as informações obtidas da empresa os híbridos Ivety e Natália tem capacidade de chegar a 220 a 230 g, respectivamente. Esta redução provavelmente foi obtida devido a diferença do número de frutos por planta, demonstrando que o desenvolvimento dos frutos é um poderoso dreno de carboidratos, podendo ser observado por ‘Ivety’ que apresentou menor NFP e maior MMF, pois a mesma deveria apresentar menor massa que a ‘Natália’, de acordo com a empresa.

A ‘Natália’ apresentou maior produtividade não comercial e total de frutos de tomate. Este aumento de produtividade é explicado devido ao aumento do número de frutos (Tabela 1), o que levou a um crescimento e desenvolvimento desuniforme e obtendo vários frutos fora do padrão e com a presença de rachaduras.

A produtividade não comercial e o diâmetro transversal dos frutos de tomate, apresentam também influência para dose de silicato de cálcio (Figura 2). O aumento das doses de silicato de cálcio levou a redução de frutos não comerciais de tomate (Figura 2 - A). Pode-se afirmar que, desta forma, a adubação com silicato de cálcio é essencial para a formação do fruto de tomate, pois ao aumentar as doses de silicato de cálcio diminuiu a ocorrência de frutos rachados e fora do padrão comercial.

O processo de amadurecimento dos frutos ocorreu diferente entre os híbridos nos quais as enzimas são liberadas pela parede celular de forma e em tempos diferentes, também devido à natureza das substâncias pécticas e outros componentes da estrutura da parede celular, podendo ocorrer assim a redução da elasticidade da parede celular e a pressão dos solutos e água do lóculo do fruto (ILIC et al., 2018), ocorrendo pequenas rachaduras que podem ser reduzidas utilizando silicato de cálcio.



**Figura 2.** Produtividade não comercial (A) e (B) diâmetro transversal de frutos de tomate em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

A deposição de silício na parede celular reduz as rachaduras dos frutos, conforme Marodin et al. (2014), que estudaram fontes de silício na cultura do tomateiro verificaram essa redução de frutos não comerciais com o aumento da dose, obtendo a melhor resposta na dose 505 kg ha<sup>-1</sup> de SiO<sub>2</sub>. Foi encontrado também o mesmo resultado por Lana et al. (2003), que trabalharam com doses de silicato de cálcio em tomateiro, onde observo a redução da produtividade não comercial com o aumento das doses até 4000 kg ha<sup>-1</sup>.

A 'Ivety' apresentou maior DTF, sendo que em relação ao DLF não foi observada diferença entre os híbridos (Tabela 1). O silicato de cálcio também influenciou o DTF (Figura 2 - B), pois por meio do aumento das doses teve-se o aumento do diâmetro, o que se confirma através do padrão comercial do tomate no segmento salada. Filgueira (2013) considera que os materiais genéticos do grupo salada apresentam formato globular achatado, com o diâmetro transversal maior que o longitudinal, desta forma os frutos dos híbridos testados demonstraram estar dentro do padrão desejado.

Além das características morfométricas do fruto foram analisadas também as características da planta, onde foi observado que não houve interação entre os híbridos de tomateiro e as doses de silicato de cálcio, os quais foram estudados isoladamente e demonstram diferenças entre os híbridos para o altura da planta (AP) e massa seca do caule (MSC) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), área foliar (AF) e dano da integridade de membrana (DIM) de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

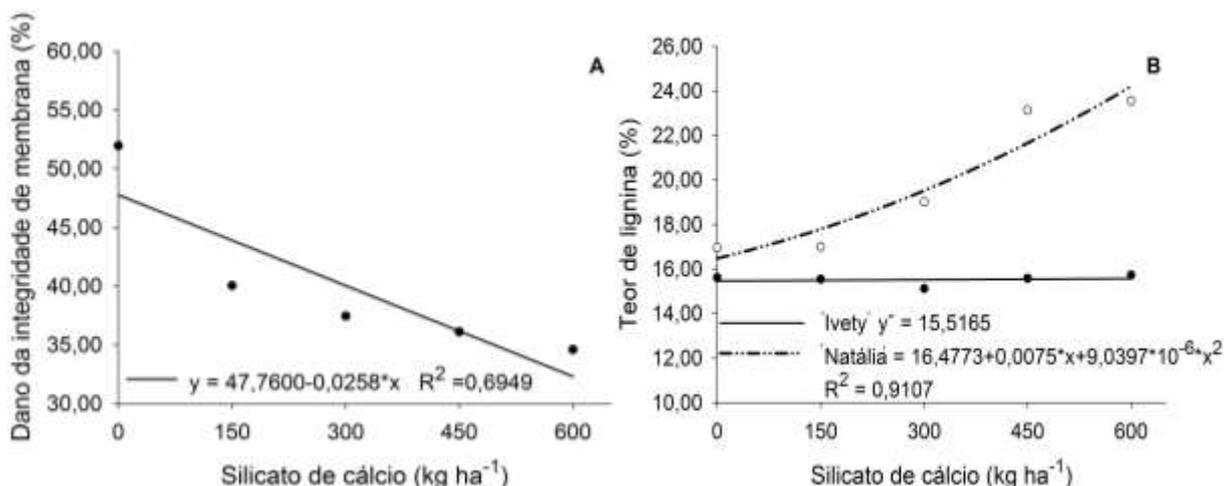
Híbridos	NF	DC mm	AP m	MSC g	MSF g	AF cm <sup>2</sup>	DIM %
Ivety	21,37*	16,22	1,70 a	54,77 a	113,25	5253,33	49,82 a
Natália	21,45	15,48	1,50 b	42,99 b	108,53	4618,77	30,25 b
CV %	4,90	8,84	5,57	16,14	15,04	21,69	26,12

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A altura de plantas é uma característica genética inerente de material, e neste estudo, as plantas foram conduzidas com haste única e o mesmo número de cacho, observando-se, contudo, que a 'Ivety' apresentou plantas altas e conseqüentemente com maior massa seca de caule, o que demonstra também que a altura de planta não alterou o número de folhas, massa seca de folhas e área foliar, pois para estas características não foi observado diferença (Tabela 2). O híbrido Natália apresentou plantas com uma altura inferior, reduzindo o gasto de fotoassimilados para altura de planta, o que provavelmente foi translocado para a produção de frutos, pois este híbrido apresentou aumento do número de frutos por planta (Tabela 1).

Para o dano da integridade de membrana não foi observada interação entre a cultivar e a dose de silicato de cálcio, porém constatou-se que o híbrido Natália apresenta maior integridade da membrana (Tabela 2), devido a redução da ruptura na parede celular, o que resulta na perda da turgescência celular, alterando assim o potencial da água.

O silicato de cálcio também influenciou no dano da integridade de membrana, onde o modelo que apresentou o melhor ajuste foi o potencial, apresentando uma redução da liberação dos íons no decorrer do aumento das doses (Figura 3 - A), demonstrando que ocorreu uma deposição de silício e cálcio na parede celular da folha, reduzido assim o dano que venha a ser causado por qualquer tipo de estresse.



**Figura 3.** Dano da integridade de membrana nas folhas (A) e teor de lignina do caule (B) de dois híbridos de tomateiro, em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

Segundo Guerrero, Borges e Fernandes (2011), o silício se acumula na epiderme das folhas, podendo se acumular em outras partes da planta dependendo da espécie. Enquanto o cálcio é um dos nutrientes essenciais para manter a estruturação e estabilização da parede celular (MOSCHINI et al., 2017).

O dano da integridade de membrana das folhas apresentou o mesmo desempenho da produtividade não comercial de frutos, onde se obteve a redução dos frutos não comerciais, demonstrando assim que o silicato de cálcio altera significativamente a parede celular do fruto e folha do tomateiro. Além disso, este acúmulo de silício na planta vai interferir na arquitetura devido ao aumento do teor de lignina no caule, além de fornecer folhas mais eretas quando se tem o acúmulo em folhas, o que vem aumentar a radiação incidente e eficiência fotossintética.

Para o teor de lignina no caule foi verificado que houve interação entre os híbridos de tomateiro e doses de silicato de cálcio (Figura 3 - B). Apenas o híbrido Natália apresentou incremento do teor de lignina no caule em função das doses de silicato de cálcio, apresentando aumento no decorrer das doses. O híbrido Natália é recomendado para épocas chuvosas, apresentando resistência a bacteriose, manchas e rachaduras, embora que o mesmo tenha apresentado maior produtividade não comercial por apresentar frutos fora do padrão.

O aumento de silício na parede celular da planta, eleva o conteúdo de hemicelulose e lignina, o que vem aumentar a rigidez da célula, desempenhando importante papel na estruturação das plantas, aumentando assim, segundo Camargo (2016), a resistência da planta às adversidades climáticas, edáficas e biológicas.

O cobre presente no substrato, fertirrigação e calda bordalesa auxiliou no metabolismo de carboidratos e nitrogênio, da síntese de lignina e de clorofila, a alteração dos seus níveis na planta também pode causar alterações nestes processos (DECHEN; NACHTIGALL, 2006), sendo que no presente estudo o nível de cobre foi aplicado de forma uniforme no experimento.

Ao analisar os teores de Si, Ca e Mg em folhas e frutos e conteúdo Si, Ca e Mg na planta do tomateiro, foi observado interação entre os híbridos e doses de silicato de cálcio apenas para os teores de Si e Ca em frutos e Mg em folhas, sendo estudado as demais variáveis isoladamente (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teor e conteúdo de silício (Si), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

Híbrido	Si folha (g kg <sup>-1</sup> )	Ca folha (g kg <sup>-1</sup> )	Mg folha (g kg <sup>-1</sup> )	Conteúdo Si (g/planta)	Conteúdo Ca (g/planta)	Conteúdo Mg (g/planta)
Ivety	3,15 a*	10,39 b	3,45 b	0,36	1,16	0,39
Natália	2,89 b	12,22 a	3,71 a	0,31	1,33	0,40
CV (%)	11,21	18,37	6,31	18,52	24,51	15,47

\*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

O híbrido Ivety apresentou maior teor de silício na folha de tomateiro (Tabela 3), não apresentou diferença para doses de silicato de cálcio, sendo que o mesmo apresentou redução da produtividade não comercial. Diferindo do trabalho realizado Pereira e Vitti (2004), ao trabalharem com fonte de xisto que apresenta elevado teor de silício (52%), observaram maiores teores de silício em folhas de tomateiro nos tratamentos com a maior dose de 12 t ha<sup>-1</sup>. Este aumento do teor de silício em folha torna estas mais eretas e rígidas, facilitando assim de acordo com Ma et al. (2007), a maior interceptação da luz, o que vem aumentar a eficiência fotossintética.

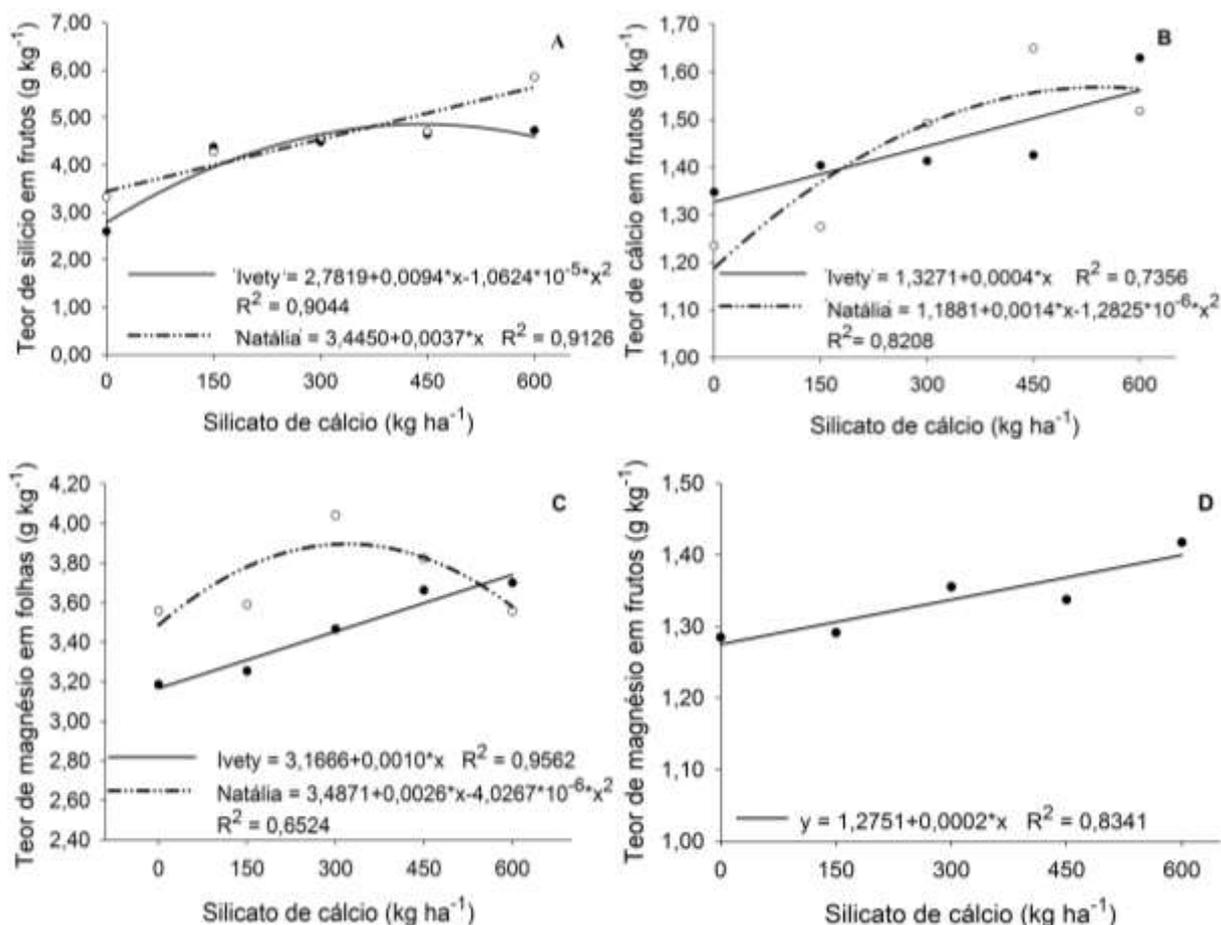
Segundo Lana et al. (2003), as plantas são classificadas em relação ao acúmulo de silício na massa de matéria seca das folhas em acumuladoras, não acumuladoras e intermediários, sendo que são ditas como acumuladoras as gramíneas em geral. As não acumuladoras se caracterizam pelo baixo teor nos tecidos, onde o tomateiro se encontra, não demonstrando diferença entre as doses utilizadas. Os mesmos autores informam em seu trabalho que o tomateiro se comportou como planta não acumuladora de silício nas folhas.

O estudo demonstra que o conteúdo de Si, Ca e Mg não apresentaram diferença significativa entre os híbridos e as doses de silicato de cálcio testadas, demonstrando assim que o tomateiro não é acumulador de Si, Ca e Mg na folha (Tabela 3). O tomateiro, ao absorver o silicato de cálcio é translocado pelas raízes para a parte aérea, via xilema, sendo posteriormente translocado para os principais drenos da planta, que são os frutos, apresentando assim uma alternativa para a redução da produção não comercial de frutos e deficiência de Ca na planta sabendo que o cálcio permanece imóvel na planta, podendo apresentar deficiência em tecidos dos frutos jovens.

O teor de silício no fruto apresentou interação entre os híbridos e doses (Figura 4 - A), onde o modelo que melhor se ajustou para 'Ivety' foi quadrático e 'Natália' linear, apresentando aumento do teor de silício no fruto com o aumento das doses de silicato de cálcio, sendo que a 'Natália' se sobressaiu em relação a 'Ivety' que também o teor do silício foi crescente em relação as doses.

O aumento de silício na parede celular do fruto colaborou com a redução da produção não comercial de frutos de tomate (Figura 2 - A). Da mesma forma ocorreu em estudo realizado por Marodin et al. (2014), em que o aumento do teor de silício no fruto promoveu melhor conservação pós-colheita, pois houve o acréscimo do teor de Si na parede celular dos frutos, aumentando a rigidez das células epidérmicas, causando lignificação o que vai resultar em uma maior resistência mecânica.

A forma de aplicação do silício pode levar a maior absorção, e a diferença entre as doses mostra que a aplicação no substrato foi viável, embora que não se tenha observado diferença entre as doses no tecido foliar, pois este nutriente foi translocado para o fruto, sendo essencial no cultivo de verão pelo fato de ocorrer menor translocação dos solutos e água para os frutos, podendo ocorrer rachaduras. Sendo, observado no cultivo de primavera-verão a ocorrência de temperaturas altas 31 a 39 °C (Figura 1 - A), ficando acima do tolerável para a cultura que, segundo Filgueira (2013) é de 18 a 24 °C no estágio de florescimento e início da frutificação.



**Figura 4.** Teor de silício (A) e cálcio (B) em frutos e teor de magnésio em folhas (C) e frutos (D) de dois híbridos de tomateiro em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

O híbrido Natália apresentou o maior teor de cálcio na folha (Tabela 3). O cálcio no tomateiro é de suma importância, pois no cultivo de tomate esse nutriente tem pouca ou nenhuma mobilidade no floema, sendo que este aproveita o fluxo transpiratório para o seu deslocamento para os frutos, pois apresenta frequentemente sintomas de deficiência e anomalias fisiológicas nos tomateiros (FONTES, 2003).

O teor de cálcio no fruto de tomate apresentou interação significativa entre os híbridos e doses de silicato de cálcio (Figura 4 - B) e o modelo que melhor se ajustou foi linear para 'Ivety' e quadrática para Natália, apresentando um pequeno aumento do teor de cálcio no fruto no decorrer do aumento das doses de silicato de cálcio. Segundo Moschini et al. (2017), a carência de Ca resulta em baixo crescimento dos tecidos meristemáticos, podendo refletir na planta em regiões de maior expansão celular como em frutos de tomateiro.

O aumento do teor de cálcio no fruto de tomate dos dois híbridos, pode ter causado um desbalanço nutricional, deslocando o cálcio da folha para o fruto (Figura

4 - B), reduzindo assim o dano da integridade de membrana das folhas (Figura 3 -A), pois este nutriente é ligado às membranas plasmática, alterando a sua integridade estrutural e funcional (MARSCHNER, 1995).

O teor de magnésio no tecido foliar demonstrou aumento crescente para a 'Ivety', diferenciando-se da 'Natália' onde o modelo que apresentou o melhor ajuste foi o quadrático (Figura 4 - C). Para o teor de magnésio no fruto do tomate não foi observado diferença entre os híbridos, demonstrando diferença apenas para a dose que apresentou comportamento linear crescente (Figura 4 - D).

O cálcio e o magnésio são dois elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo que ambos necessitam de um equilíbrio, pois o desequilíbrio do mesmo pode causar deficiência de cálcio, magnésio ou potássio. A absorção de potássio pelas plantas está relacionada com a disponibilidade dos cátions divalentes Ca e Mg (OLIVEIRA; CARMELLO; MASCARENHAS, 2001).

O tecido foliar apresentou maiores concentrações de magnésio que os frutos, mostrando também que as folhas do tomateiro apresentou maior concentração de cálcio em relação ao magnésio. Sabe-se que estes nutrientes apresentam inter-relação na nutrição vegetal, onde a presença de um pode prejudicar a adsorção e absorção do outro (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Diante dos resultados, pode-se considerar que a aplicação do silicato de cálcio não interferiu na produtividade dos híbridos testadas, embora tenha observado aumento do teor de silício, cálcio e magnésio no fruto de tomate em função das doses de silicato de cálcio. Apesar de não ter sido observado efeito das doses de silicato de cálcio no teor de silício nas folhas ocorreu acúmulo no caule, pois houve aumento do teor de lignina do caule no decorrer do aumento das doses resultando em maior lignificação ou a silicificação das células, o que vem melhorar a estruturação das plantas, aumentando a resistência às adversidades climáticas e patógenos (CAMARGO, 2016).

## 2.6 CONCLUSÕES

As características morfométricas dos híbridos de tomateiro Ivety e Natália não foram alteradas pelas doses crescentes de silicato de cálcio.

As doses de silicato de cálcio proporcionaram maior teor de silício e cálcio nos frutos do híbrido Natália.

As doses de silicato de cálcio incrementaram de forma linear os teores de magnésio nas folhas e nos frutos para a 'Ivety'.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. D.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 86-92, 2006.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Evolução da produção e da comercialização das principais hortaliças no mundo e no Brasil, 1990-2015. **Informações Econômicas**, v. 47, n. 3, p. 5-15, 2017.

CAMARGO, M. S. D. Efeito do silício na tolerância das plantas aos estresses bióticos e abióticos. **Informações Agrônômicas**, n. 155, 2016.

DALASTRA, G. M. **Características agrônômicas e índices de trocas gasosas de cultivares de tomateiro com diferentes números de hastes por planta**. 2017. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. **Micronutrientes**. In: Fernandes, M. S. (ed.) *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.328-352. 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª, ed. Viçosa: UFV, 412 p., 2013.

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

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

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; ŠUNIC, L.; MANOJLOVIC, M. Color Shade Nets Improve Vegetables Quality at Harvest and Maintain Quality During Storage. **Contemporary Agriculture**, v. 67, n. 1, p. 9-19, 2018.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Instituto de Ciências Agrárias, Uberlândia, MG: GPSi-ICIAG-UFU, p. 1-37, 2004. (Boletim Técnico, 2).

LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; JUNIOR, L. A. Z.; DA SILVA, A. F.; LANA, A. M. Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 2, p. 15-20, 2003.

LUTTS, S.; KINET, J. M.; BOUHARMONT, J. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. **Annals of botany**, v. 78, n. 3, p. 389-398, 1996.

MA, J. F.; YAMAJI, N.; MITANI, N.; TAMAI, K.; KONISHI, S.; FUJIWARA, T.; KATSUHARA, M.; YANO, M. An efflux transporter of silicon in rice. **Nature**, v. 448, n. 7150, p. 209-212, 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T.; MORALES, R. G.; SILVA, M. L.; GALVÃO, A. G.; ZANIN, D. S. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 220-224, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MOSCHINI, B. P.; COELHO, V. A. T.; PECHE, P. M.; DE SOUZA, F. B. M.; COUTINHO, G.; DE ALCANTRA BARBOSA, C. M.; FREIRE, A. I. Crescimento e diagnose de deficiências nutricionais em *Physalis peruviana* L. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 4, p. 169-176, 2017.

NASCIMENTO, A. D. R.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P.; CARVALHO, W. T. D. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

PEREIRA, H. S.; VITTI, G. C. Efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 317-322, 2004.

PEREIRA, M. A. B.; DE AZEVEDO, S. M.; DE FREITAS, G. A.; DOS SANTOS, G. R.; DO NASCIMENTO, I. R. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de tomateiro em condições de temperatura elevada. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 330-337, 2012.

RODRIGUES, F. D. A.; OLIVEIRA, L. D.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações agrônômicas**, v. 134, p. 14-20, 2011.

SIDDIQUI, H.; YUSUF, M.; FARAZ, A.; FAIZAN, M.; SAMI, F.; HAYAT, S. 24-Epibrassinolide supplemented with silicon enhances the photosynthetic efficiency of *Brassica juncea* under salt stress. **South African Journal of Botany**, v. 118, n. 1, p. 120-128, 2018.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, p. 476. 1994.

### 3 ARTIGO II - EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS A DOSES DE SILICATO DE CÁLCIO

3.1 RESUMO – Avaliou-se o efeito de doses de silicato de cálcio nos teores dos pigmentos fotossintéticos e índices de trocas gasosas de dois híbridos de tomateiro. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por dois híbridos de tomateiro Ively e Natália e o segundo por cinco doses de silicato de cálcio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), sendo estas aplicadas no momento do preenchimento do vasos com o substrato. Neste arranjo quantificou-se os parâmetros de trocas gasosas: taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*), taxa de transpiração foliar (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), eficiência no uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca no uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*), além de ter sido analisado o índice SPAD e os teores dos pigmentos fotossintetizantes: clorofilas *a*, *b*, total. Sendo avaliado também a produtividade comercial, não comercial e total de frutos do tomateiro. Essas análises foram realizadas nos estádios de primeiro florescimento (17 DAT), pleno florescimento (58 DAT) e plena frutificação (78 DAT). O silicato de cálcio causou a redução dos índices de trocas gasosas e pigmentos fotossintetizantes aos 58 DAT. A produtividade não comercial dos frutos de tomate reduziu com aumento das doses de silicato de cálcio. A 'Natália', em plena frutificação, apresentou maior *A*, *EUA*, *EiUA* e *ACi*.

**Palavras-chaves:** *Solanum lycopersicum* L., taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, híbridos.

## Photosynthetic efficiency of tomato plants submitted to doses of calcium silicate

4.2 ABSTRACT - It was evaluated the effect of doses of calcium silicate in the photosynthetic pigments and gas exchange indexes of two tomato hybrids. The experimental design used was of randomized blocks in a factorial scheme 2 x 5, with four replications. The first factor constituted of two tomato hybrids 'Ivety' and 'Natália' and the second by five doses of calcium silicate (0; 150; 300; 450 and 600 kg ha<sup>-1</sup>), these being applied in the moment that the pots were filled with the substrate. In this arrange it was quantified the gas exchange parameters: CO<sub>2</sub> liquid assimilation rate (*A*), foliar transpiration (*E*), stomatal conductance (*g<sub>s</sub>*), internal CO<sub>2</sub> content (*C<sub>i</sub>*), water use efficiency (*WUE*), intrinsic water use efficiency (*iWUE*) and instantaneous carboxylation efficiency (*iCE*), besides being evaluated the SPAD index and the photosynthetic pigments contents: chlorophylls *a*, *b* and total. Being also evaluated the tomato fruits commercial, non-commercial and total yield. These evaluations were made in the stages first flowering (17 DAT), full bloom (58 DAT) and full fructification. The calcium silicate caused a reduction in the gas exchange indexes and in the photosynthetic pigments at 58 DAT. The tomato fruits non-commercial yield reduced as the doses of calcium silicate increased. 'Natália', in full fructification, presented higher *A*, *WUE*, *iWUE* and *iCE*.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L., CO<sub>2</sub> liquid assimilation rate, hybrids.

### 3.2 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça que está presente na alimentação diária da população. O seu cultivo é realizado em todo o mundo, sendo altamente exigente em tecnologia, respondendo a elevadas doses de fertilizantes minerais (FAYAD et al., 2002). As características quantitativas e qualitativas do tomateiro são controlados geneticamente, podendo ser influenciados pela nutrição das plantas, condições ambientais e manejo pós-colheita. Desta forma, os elementos minerais podem influenciar a morfologia e a fisiologia dos órgãos fotossintetizantes (FERREIRA et al., 2006).

Dentre os macro e micronutrientes o silício (Si) tem sido estudado nos últimos anos, pois a presença deste na parede celular do tecido vegetal resulta em benefícios aos vegetais, visto que apesar de não estar atuando diretamente nas vias metabólicas principais da planta, quando presente pode proporcionar maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (RODRIGUES et al., 2011).

A cultura do tomateiro é classificada como não acumuladora de silício na folha, apresentando baixos teores no tecido vegetal mesmo com altos níveis de silício no solo (LANA et al., 2003). Todavia, mesmo com o menor acúmulo, a utilização do silício pode proporcionar vários benefícios como aumento de produtividade e do tempo de conservação pós-colheita do tomate (MARODIN et al., 2014).

O silício é absorvido na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), sendo considerado um nutriente benéfico para as plantas, pois o mesmo se acumula na parede celular, nos vasos do xilema e nos pontos de transpiração. Desta forma, o Si age como barreira física, o que pode aumentar a concentração interna de  $CO_2$ , taxa de assimilação líquida de  $CO_2$ , condutância estomática e eficiência do uso da água em plantas de tomateiro cultivados em diferentes níveis de salinidade (HAGHIGHI; PESSARAKLI, 2013).

A eficiência fotossintética pode ser aumentada com a aplicação de silício em algumas espécies, ocorrendo conseqüentemente o aumento dos teores de clorofila nas folhas, além de reduzir o processo de transpiração (MURILLO-AMADOR et al., 2007). Em tomateiro a adubação silicatada apresentou aumento da produtividade da cultura chegando a  $60,80 t ha^{-1}$  na dose de  $401 kg ha^{-1}$  de  $SiO_2$  (MARODIN et al., 2014).

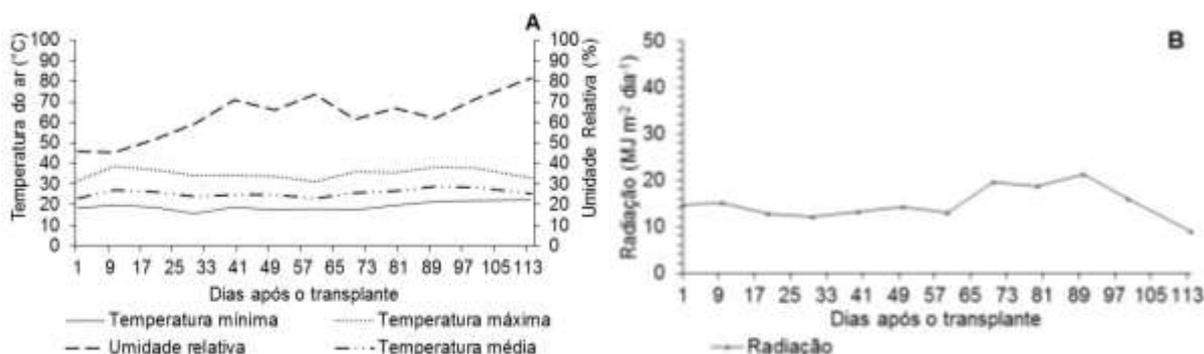
Poucos estudos destacam os benefícios do silício com aumento de produtividade, embora que a cultura não seja considerada acumuladora. Além disso falta informação sobre o efeito fisiológico que o silício acarreta. Neste contexto, avaliou-se o efeito das doses de silicato de cálcio, nos teores dos pigmentos fotossintéticos e índices de trocas gasosas de dois híbridos de tomateiro.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de agosto e dezembro de 2017, em ambiente protegido, na Estação de Cultivo Protegido e Controle Biológico “Professor Dr. Mário César Lopes”, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no município de Marechal Cândido Rondon - PR. As coordenadas geográficas do local são 24° 46' S e 54° 22' W e altitude média de 420 m. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cfa subtropical mesotérmico úmido de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante todo o ano e verões quentes (ALVARES et al., 2013).

A cultura foi instalada sob estrutura de ferro galvanizado com teto em forma de arco, de dimensões 7 x 30 m e 3,5 m de pé direito, com teto revestido com filme de polietileno de baixa densidade (150 µm de espessura), com transmissividade à radiação solar de 80% e laterais fechadas com tela branca de 40% de sombreamento.

Para registrar os dados de temperatura e umidade relativa do ar a cada hora do dia, foi instalado um datalogger da marca HOMIS modelo 494 que foi alocado em abrigo meteorológico posicionado a 1,20 m do nível do solo, no centro do ambiente protegido. Os valores de temperatura, umidade relativa do ar e radiação são apresentados na figura 1.



**Figura 1.** Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar, média de umidade relativa do ar por dia (A) e radiação solar (B), durante o cultivo do tomateiro em ambiente protegido. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon (agosto a dezembro de 2017).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se de dois híbridos de tomateiro (Ivety e Natália) e o segundo fator de cinco doses de silicato de cálcio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>).

Os híbridos Ivety e Natália são do grupo salada e apresentam hábito de crescimento indeterminado, com massa média de fruto entre 220 a 230 g. A 'Natália' apresenta característica "longa-vida" com o gene *rin*, possuindo desta forma uma vida de pós-colheita mais prolongada, pois ocorre a redução do processo de amadurecimento e conseqüentemente degradação da parede celular. A 'Ivety' não apresenta em sua constituição genética este gene.

As doses de silicato de cálcio foram aplicadas no momento do preenchimento dos vasos, que foi feito com uma mistura de substrato comercial para hortaliças e vermicomposto na proporção 1:1. O silicato de cálcio apresenta 20% de silício e 29% de cálcio em sua composição.

Os vasos de 12 dm<sup>3</sup> foram dispostos no espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, utilizado um prato por vaso. Cada parcela experimental foi composta por quatro vasos, dispostas em uma fileira única.

A caracterização química da mistura foi: P = 468,23 mg dm<sup>-3</sup>, K = 2,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 13,72 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 4,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,40 mg dm<sup>-3</sup>, Zn = 44 mg dm<sup>-3</sup>, Mn = 136,58 mg dm<sup>-3</sup>, Fe = 91,1 mg dm<sup>-3</sup>, MO = 51,95 g dm<sup>-3</sup> e pH = 6,6.

As plantas foram conduzidas verticalmente em haste única, com o uso de fitilhos plásticos até a altura aproximada de 1,90 m do vaso. Durante todo o ciclo da cultura foram realizadas desbrotas com o intuito de manter uma única haste por planta e todas as plantas foram mantidas com seis cachos, sendo retirada a gema apical após a terceira folha acima do sexto cacho.

A irrigação foi realizada via gotejamento quatro vezes ao dia, conforme a necessidade da cultura, sendo aplicado em torno de 1 a 2,5 L de água por dia mantendo a umidade do solo acima de 80%. Utilizou-se fita flexível com vazão de 1,6 L h<sup>-1</sup>. A adubação foi realizada via fertirrigação de acordo com as recomendações de Dalstra (2017), aplicada durante o ciclo, 3084 g de MAP, 3900 g de MgSO<sub>4</sub>, 1824 g de KNO<sub>3</sub>, 8148 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 7008 g de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e 876 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, sendo aplicado também 320 g de micronutrientes (Mg 3,8%, S 12%, B 5%, Cu 0,5%, Fe 0,1%, Mn 7%, Mo 0,1%, Zn 7%).

O volume da solução preparada para a fertirrigação foi de 20 L por aplicação, sendo realizado 45 aplicações, uma a cada semana, onde 27 aplicações foram nos estádios de pleno florescimento e início de frutificação, aplicando nesta fase entre 50-60% da quantidade total dos fertilizantes macro e micronutrientes. Em plena frutificação já estava sendo colhido o primeiro e segundo cacho, onde foram aplicados o restante dos fertilizantes correspondendo um percentual entre 40-50% dos macro e micronutrientes, sendo realizada a fertirrigação até uma semana antes da última colheita.

Para o controle de mosca-branca (*Bemisia tabaci* biotipo B) e traça do tomateiro (*Tuta absoluta*) foram realizadas duas aplicações do produto Connect®, inseticida pertencente ao grupo químico, é dipel inseticida biológico. Essas aplicações ocorreram aos 15 e 44 DAT, seguindo-se as recomendações para a cultura. Para o controle preventivo de doenças foi realizada uma aplicação de calda bordalesa aos 20 DAT.

Os índices de trocas gasosas foram mensurados três vezes durante o ciclo da cultura, sendo em estágio do primeiro florescimento aos 17 DAT, pleno florescimento 58 DAT, plena frutificação 78 DAT, onde os frutos do primeiro e segundo cacho estavam em período de amadurecimento e colheita. A primeira avaliação foi realizada na quarta folha da base para o ápice da planta e outras duas na quarta folha do ápice para a base localizada abaixo do último cacho. As folhas utilizadas para a avaliação estavam totalmente expandidas e sem presença aparente de lesões ou sintomas de deficiência nutricional.

As medidas de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se um analisador portátil de gás por radiação infravermelha (Infra Red Gas Analyser - IRGA, modelo Li-6400XT, LI-COR). Foram medidas taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), taxa de transpiração foliar ( $E$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Sendo calculado posteriormente a eficiência no uso de água ( $EUA$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ), eficiência intrínseca no uso da água ( $EiUA$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e eficiência instantânea de carboxilação ( $ACi$ ) ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

As medidas foram realizadas em dias sem nebulosidade das 9:00 às 11:00 horas, sob luz saturada artificial de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e concentração de CO<sub>2</sub> a 380  $\mu\text{mol}$ .

Foram realizadas leituras de índice SPAD nas mesmas folhas que foram medidas os índices de trocas gasosas, sendo obtido com o auxílio do medidor portátil SPAD 502 Plus Daminolta, com três medidas por planta. Posteriormente essas folhas foram coletadas para a determinação dos teores dos pigmentos como clorofila *a*, *b* e total (SIMS; GAMON, 2002). As concentrações dos pigmentos foram estimadas de acordo com Lichtenthaler (1987).

As avaliações das características produtivas foram realizada partir do início da colheita que foi aos 70 dias após o transplante (DAT), onde os frutos foram colhidos no momento em que apresentavam 90% da superfície de coloração vermelha, sendo avaliado a produtividade comercial, não comercial e total dos frutos, sendo estimado a partir da massa do fruto, expressa em  $\text{kg m}^{-2}$ .

Os dados foram testados quanto à normalidade das variâncias pelo teste de Lilliefors e, em seguida foram submetidas à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro e a regressão. Foi realizada também a análise de correlação (Pearson) entre os parâmetros mensuradas mediante a utilização do software GENES (CRUZ, 2013).

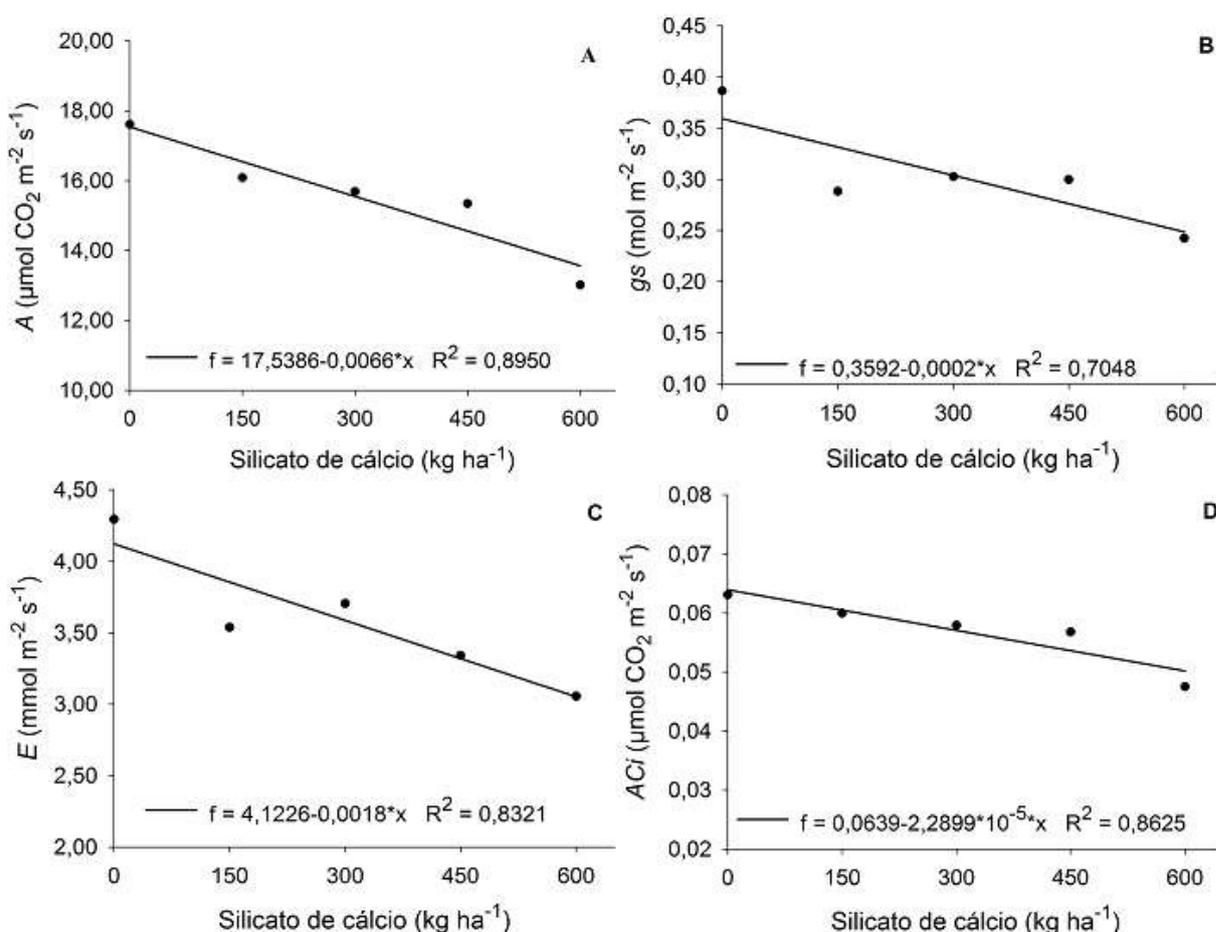
### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação ao longo do período de condução do experimento em ambiente protegido, são apresentados na figura 1. Quanto às variações da temperatura e a radiação registradas no decorrer do horário que foram realizadas as medidas de trocas gasosas, obteve-se uma oscilação de temperatura de 34 a 39 °C e uma radiação solar de 16,22  $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  na primeira avaliação aos 17 DAT. Aos 58 DAT a temperatura oscilou de 27 a 31 °C com uma radiação solar de 23,54  $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ , aos 78 DAT a temperatura registrada foi de 32 a 33 °C com uma radiação solar de 24,05  $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ .

Para cada genótipo de tomateiro e fase do ciclo há um temperatura ótima, estes elementos climáticos estão dentro do recomendável para a cultura, embora que tenha sido observado temperatura acima de 35 °C apenas no primeiro estágio da cultura. De acordo com Alvarenga (2004), a temperatura ideal para a cultura é superior a 10 °C e inferior a 35 °C.

Não houve interação entre os híbridos e doses de silicato de cálcio para nenhum estágio fenológico em nenhum índice de trocas gasosas estudada. Desta forma, os fatores foram estudados isoladamente. Na figura 2 observa-se diferença

entre doses apenas no estágio de florescimento aos 58 DAT para os índices da *A*, *gs*, *E* e *ACi*.



**Figura 2.** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração foliar (*E*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) aos 58 DAT dos tomateiro em função das doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

A *A* não apresentou diferença significativa entre os fatores estudados aos 17 DAT (Tabela 1). Aos 58 DAT apresentou redução de *A* com o aumento das doses de silicato de cálcio (Figura 2 - A), sendo que neste estágio a planta estava em pleno florescimento com os primeiros cachos formados. Esta diferença apenas neste estágio pode ter ocorrido devido a questão hormonal da planta, pois neste período está estava se preparando para frutificação.

O desbalanço hormonal na planta, faz com que está presente uma baixa redistribuição de assimilados para flores e frutos, proporcionando alteração do número de frutos, crescimento desequilibrado da planta na fase sucessiva do desenvolvimento desses frutos, alterando o tamanho e o formato de alguns.

**Tabela 1.** Taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) em dois híbridos de tomateiro aos 17, 58 e 78 DAT. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

**17 DAT				
Híbridos	<i>A</i> μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>gs</i> mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>C<sub>i</sub></i> μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>E</i> mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
'Ivety'	27,17	0,32	232,08	7,76
'Natália'	27,21	0,31	225,95	8,17
CV %	14,37	24,86	7,52	16,26
Híbridos	<i>EUA</i> μmol CO <sub>2</sub> /mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>EiUA</i> μmol CO <sub>2</sub> /mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>ACi</i> μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	
'Ivety'	3,51	86,27	0,12	
'Natália'	3,37	89,59	0,12	
CV %	7,31	12,66	13,43	
58 DAT				
Híbridos	<i>C<sub>i</sub></i> μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>EUA</i> μmol CO <sub>2</sub> /mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>EiUA</i> μmol CO <sub>2</sub> /mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	
'Ivety'	275,12	4,47	53,92	
'Natália'	272,71	4,45	54,53	
CV %	6,90	14,81	22,22	
78 DAT				
Híbridos	<i>A</i> μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>gs</i> mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>C<sub>i</sub></i> μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>E</i> mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
'Ivety'	24,58 b*	0,37	293,61 a	3,05
'Natália'	31,51 a	0,39	269,39 b	3,41
CV %	20,32	19,15	9,05	17,42
Híbridos	<i>EUA</i> μmol CO <sub>2</sub> /mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>EiUA</i> μmol CO <sub>2</sub> /mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	<i>ACi</i> μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	
'Ivety'	8,34 b	68,70 b	0,09 b	
'Natália'	9,47 a	81,13 a	0,12 a	
CV %	18,70	19,43	27,24	

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\* Estádios fenológicos.

Aos 78 DAT apresentou diferença entre os híbridos, sendo observado que a 'Natália' foi mais eficiente neste estágio, pois apresentou maior *A*, *EUA*, *EiUA* e *ACi* (Tabela 1). Esta ausência de diferença significativa em função das doses de silicato de cálcio aos 78 DAT pode ter ocorrido devido à translocação dos fotoassimilados para os principais drenos da planta neste momento, que são os frutos. As mudanças nas *A* durante o estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura ocorrem também em resposta a temperatura, pois está exerce um papel importante nas

adaptações das plantas e contribuem para que elas sejam produtivas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Esta resposta evidencia que a 'Natália' no período de plena frutificação, aos 78 DAT, apresenta a maior  $A$ , confirmada pela maior  $AC_i$  (Tabela 1). Considerando que os dois híbridos apresentam metabolismo  $C_3$ , não tendo mecanismos de concentração de  $CO_2$ , essas diferenças devem estar relacionadas à maior eficiência de utilização de ATP e NADPH no ciclo de Calvin.

A  $A$  apresentou correlação com todas os índices de trocas gasosas, sendo que para  $C_i$  foi observado uma correlação negativa apenas aos 78 DAT, o que demonstrou nesta fase da planta, uma correlação positiva para  $EUA$  e  $EiUA$  (Tabela 3). Ao contrário do obtido no estudo, Jadoski, Klar e Salvador (2005) afirmam que a  $A$  e a  $C_i$  são variáveis que se correlacionam, pois a maior concentração de  $CO_2$  nas folhas é resultado da maior assimilação nas plantas.

Embora tenha ocorrido altas temperaturas em alguns dias (Figura 1) isso não afetou fisiologicamente os híbridos. O índice de trocas gasosas podem variar em função do estágio fenológico da cultura, entre cultivares e híbridos (DRIEVER et al., 2014), pelas condições de manejo (ZEIST et al., 2018), e em função das condições climáticas no momento da avaliação.

Ao avaliar a  $g_s$  foi observada redução com o aumento das doses de silicato de cálcio no estágio de pleno florescimento aos 58 DAT (Figura 2 - B), não havendo efeito significativo para esta parâmetro nas demais avaliações. Esta redução pode ter ocorrido devido algum estresse momentâneo, pois segundo Oliveira et al. (2002) a  $g_s$  é uma medida pontual e irá determinar a quantidade de estômatos abertos na hora da leitura.

A redução da  $g_s$  em função das doses de silicato de cálcio pode ter ocorrido devido ao acúmulo de íons na parede celular (MUNNS; TESTER, 2008), embora o tomateiro não seja uma cultura acumuladora de silício na folha (LANA et al. 2003), sendo que este elemento foi ser translocado para a formação dos frutos, que são os principais drenos. Quando tal fato ocorre, a  $g_s$  limita o fluxo de  $CO_2$  nas folhas, o que causa uma redução da  $A$ , este mesmo acontecimento foi observado por Kusvuran (2012), que estudou o efeito da seca e do estresse salino em genótipos de melão.

A  $g_s$  apresenta correlação positiva para  $C_i$  e  $E$ , que são características que podem causar aumento ou diminuição do rendimento fotossintético (FERRAZ et al., 2012). A  $g_s$  apresentou uma correlação negativa para  $EUA$  e  $EiUA$  (Tabela 3), isto

ocorre devido a limitação da abertura e fechamento estomático, o que vem controlar a perda de H<sub>2</sub>O pela *E*, podendo limitar *A* (ADAMS et al., 2016). A *E* é o principal mecanismo que os vegetais dispõem para se proteger da radiação excessiva e para a regulação da temperatura foliar. Esta por sua vez, depende do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A *E* apresentou diferença significativa em função das doses de silicato de cálcio apenas aos 58 DAT (Figura 2 - C), observando-se uma redução da *E* com o aumento das doses. A taxa de *E* foliar correlacionou-se positivamente com *AC<sub>i</sub>*, e da mesma forma como observado para *g<sub>s</sub>*, apresentou correlação negativa para *EUA* e *EiUA* (Tabela 3). Esta redução da perda de água para o ambiente de cultivo em forma de vapor demonstrando no estágio 58 DAT, é regulada pela atividade das células-guardas (SHIMAZAKI et al., 2007).

As plantas que receberam as maiores doses de silicato de cálcio apresentaram menores valores de *E* e, conseqüentemente, menor perda de vapor d'água. Esses resultados estão de acordo com as testemunhas do estudo de Haghighi e Pessarakli (2013), que trabalharam com plantas de tomateiro cultivados em diferentes níveis de salinidade e obterão em torno de 3 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

A *C<sub>i</sub>* não apresentou diferença significativa em função das doses de silicato de cálcio aplicadas, apresentando diferença apenas entre os híbridos no estágio de plena frutificação (78 DAT), onde a 'Ivety' se sobressaiu (Tabela 1). Foi observado também que este índice apresenta correlação negativa para *EUA*, *EiUA* e *AC<sub>i</sub>* (Tabela 3), o que influenciou a abertura e o fechamento estomático, a entrada e saída de CO<sub>2</sub>, a perda de água e conseqüentemente sua fixação na formação de novos carboidratos. Segundo Jadoski, Klar e Salvador (2005), menores valores de *C<sub>i</sub>* estimulam o fechamento dos estômatos com conseqüente diminuição na taxa de assimilação de dióxido de carbono.

A *EUA* e *EiUA* não foi influenciada significativamente pelas doses de silicato de cálcio, apresentando diferença entre os híbridos apenas no estágio de plena frutificação (78 DAT), sendo o híbrido Natália superior (Tabela 1). Neste estudo, a demanda hídrica foi suprida e sabe-se que o silício, quando presente na parede celular das folhas, é capaz de aumentar a *EUA*, sendo este fato comprovado em um trabalho realizado com abóbora sobre estresse salino (SIDDIQUI et al., 2014). A *EUA* apresenta correlação positiva entre os índices de *EiUA* e *AC<sub>i</sub>* (Tabela 3).

A  $AC_i$  foi influenciada pelas doses de silicato de cálcio no estágio de pleno florescimento aos 58 DAT (Figura 2 - D), demonstrando uma redução com o aumento das doses. Aos 78 DAT foi observada diferença estatística entre híbridos, sendo a 'Natália' superior para este índice (Tabela 1).

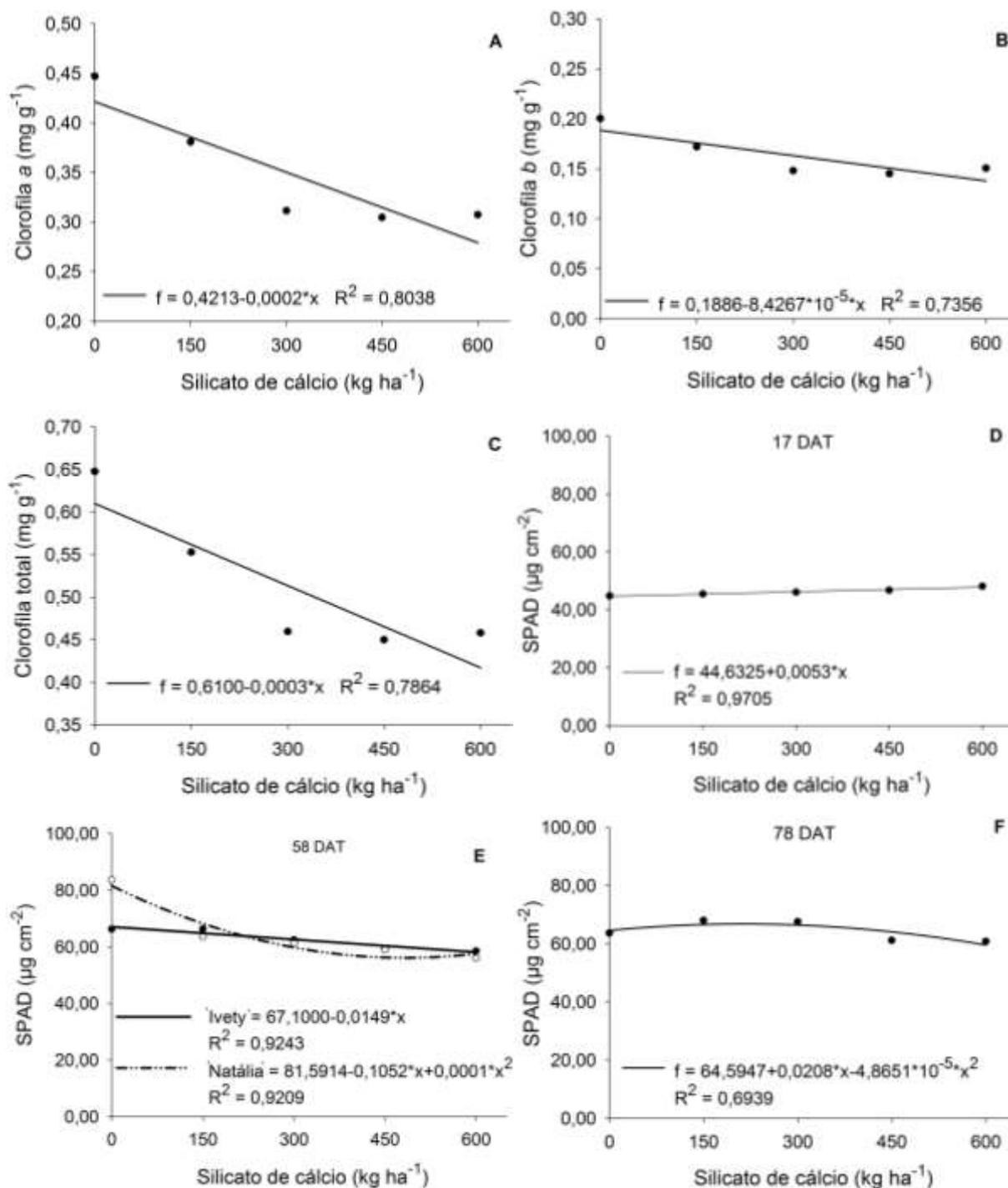
A redução de  $AC_i$  aos 58 DAT pode ser resultante de  $C_i$ , pois este pode proporcionar a redução de  $A$  devido à diminuição da concentração de  $CO_2$  para a enzima RUBISCO (ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase), reduzindo sua eficiência na captação e incorporação ao ciclo de Calvin.

Esses resultados obtidos em diferentes estágios fenológico nos dois híbridos em função do silicato de cálcio, pode ocorrer alteração devido as condições climáticas de cada local de cultivo, além da fase que se encontra a cultura e entre outros fatores.

Para os pigmentos fotossintetizantes, não foi observada interação significativa entre os híbridos de tomateiro e doses de silicato de cálcio, para nenhuma estágio fenológico, de forma que os fatores foram estudados isoladamente. Apenas ao 58 DAT foi observado diferença significativa em função das doses de silicato de cálcio para os teores foliares de clorofila  $a$ ,  $b$  e total (Figura 3).

O teor de clorofila  $a$  nas folhas não diferiu significativamente entre os híbridos para nenhuma estágio fenológico (Tabela 2), sendo observado ajuste linear decrescente aos 58 DAT, ocorrendo uma redução do teor em função do aumento das doses de silicato de cálcio (Figura 3 - A). Este pigmento fotossintético se correlacionou apenas com os teores de clorofila  $b$  e total (Tabela 3). A clorofila  $a$  é um pigmento de suma importância na planta, pois apresenta-se na fase fotoquímica, enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia para os centros de reação (STREIT et al., 2005).

A clorofila  $b$  apresentou o mesmo comportamento da clorofila  $a$ , apresentando diferença significativa para os teores foliares apenas no estágio de florescimento aos 58 DAT, ocorrendo uma redução do teor deste pigmento com o aumento das doses de silicato de cálcio (Figura 3 - B). Entretanto, apesar de apresentar resultados semelhantes, os teores de clorofila  $a$  e  $b$  se apresentam em proporções diferentes e isso ocorre porque a proporção de clorofila  $a$  e  $b$  é 3:1, via de regra, porém é variável com a espécie, idade da folha, localização da folha e da copa da planta (TAIZ; ZEIGER, 2017). As folhas coletadas para realizar os teores dos pigmentos foram as mesmas que foram medidas os índices de trocas gasosas, sendo retirado a ponta do limbo foliar.



**Figura 3.** Teores de clorofila a, b e total aos 58 DAT e índice de SPAD aos 17, 58 e 78 DAT em função das doses de silicato de cálcio na cultura do tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

Os teores totais de clorofila seguiram o mesmo desempenho da clorofila a e b, não apresentando diferença entre os híbridos para nenhum em estágio fenológico em que foi mensurado, apenas demonstrando uma redução do teor de clorofila total com o aumento das doses de silicato de cálcio aos 58 DAT (Figura 3 - C).

**Tabela 2.** Teores de clorofila *a*, *b* e total aos 17 e 78 DAT em folhas de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

**17 DAT			
Híbridos	Clorofila <i>a</i> mg g <sup>-1</sup>	Clorofila <i>b</i> mg g <sup>-1</sup>	Clorofila total mg g <sup>-1</sup>
Ivety	0,1491	0,0499	0,1991
Natália	0,1547	0,0421	0,1968
CV %	22,65	44,50	23,50
78 DAT			
Híbridos	Clorofila <i>a</i> mg g <sup>-1</sup>	Clorofila <i>b</i> mg g <sup>-1</sup>	Clorofila total mg g <sup>-1</sup>
Ivety	0,1480	0,0856	0,2337
Natália	0,1303	0,0709	0,2012
CV %	31,95	29,23	29,42

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\*Estádios fenológicos.

As clorofilas são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia, sob a forma de ATP e NADPH. Desta forma estes pigmentos fotossintetizantes estão relacionados com a *A* que apresentou neste mesmo estágio fenológico uma redução com aumento das doses. Segundo Gill e Tuteja (2010) é importante destacar que ambas as clorofilas cumprem papel diferente no metabolismo vegetal, a clorofila *b* é um pigmento acessório o qual juntamente aos carotenóides auxiliam na fotoproteção da clorofila *a*, maximizando a absorção de energia que atua efetivamente nas reações fotoquímicas.

Esta ausência de diferença para os demais estágio fenológicos para os teores de pigmentos fotossintetizantes, colabora para o estudo de Haghghi e Pessarakli (2013), que estudaram tolerância à salinidade com tomate cereja, e observaram também uma redução da *A* devido a *gs*, com a adição de silício em tomateiro.

**Tabela 3.** Coeficiente de correlação de Pearson em porcentagem entre as estimativas dos parâmetros de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*), eficiência instantânea de carboxilação (*AC<sub>i</sub>*), clorofila *a*, *b*, total (*CL a*, *CL b* e *CL T*) e SPAD em híbridos de tomateiro aos 17, 58 e 78 DAT. Os valores relativos às medias de quatro repetições de dois híbridos de tomateiro submetidos à doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

	Estádio	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>C<sub>i</sub></i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>EiUA</i>	<i>AC<sub>i</sub></i>	<i>CL a</i>	<i>CL b</i>	<i>CL T</i>
<i>gs</i>	17	77,39**									
	58	70,12**									
	78	50,01**									
<i>C<sub>i</sub></i>	17	-2,62 <sup>ns</sup>	56,58**								
	58	-5,08 <sup>ns</sup>	63,54**								
	78	-73,00**	19,96 <sup>ns</sup>								
<i>E</i>	17	89,03**	84,24**	17,55 <sup>ns</sup>							
	58	75,08**	87,56**	40,34**							
	78	49,69**	84,79**	4,02 <sup>ns</sup>							
<i>EUA</i>	17	1,95 <sup>ns</sup>	-30,03 <sup>ns</sup>	-45,85**	-42,75**						
	58	-3,62 <sup>ns</sup>	-53,73**	-69,54**	-66,84**						
	78	48,21**	-31,41*	-73,47**	-50,35**						
<i>EiUA</i>	17	-12,99 <sup>ns</sup>	-68,16**	-98,70**	-32,59*	48,20**					
	58	-19,90 <sup>ns</sup>	-80,14**	-96,49**	-61,78**	74,22**					
	78	65,07**	-30,89*	-99,08**	-16,54 <sup>ns</sup>	78,39**					
<i>AC<sub>i</sub></i>	17	82,93**	32,19*	-56,73**	62,07**	28,29 <sup>ns</sup>	43,41**				
	58	92,49**	39,42*	-41,98**	52,77**	22,35 <sup>ns</sup>	18,05 <sup>ns</sup>				
	78	97,06**	30,15 <sup>ns</sup>	-86,01**	35,18*	58,92**	79,90**				
<i>CL a</i>	17	-33,72*	-31,82*	-4,21 <sup>ns</sup>	-35,45*	13,24 <sup>ns</sup>	9,79 <sup>ns</sup>	-25,81 <sup>ns</sup>			
	58	33,69*	12,90 <sup>ns</sup>	-8,01 <sup>ns</sup>	18,93 <sup>ns</sup>	4,28 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	35,46*			
	78	-28,45 <sup>ns</sup>	-28,69 <sup>ns</sup>	9,66 <sup>ns</sup>	-18,37 <sup>ns</sup>	-10,35 <sup>ns</sup>	-6,84 <sup>ns</sup>	-24,95 <sup>ns</sup>			
<i>CL b</i>	17	-33,00*	-18,71 <sup>ns</sup>	18,95 <sup>ns</sup>	-37,17*	20,06 <sup>ns</sup>	-12,14 <sup>ns</sup>	-36,43*	41,69**		
	58	18,97 <sup>ns</sup>	-8,10 <sup>ns</sup>	-25,48 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	14,53 <sup>ns</sup>	20,34 <sup>ns</sup>	28,93 <sup>ns</sup>	88,94**		
	78	-33,09*	-30,51 <sup>ns</sup>	13,65 <sup>ns</sup>	-26,52 <sup>ns</sup>	-7,18 <sup>ns</sup>	-10,17 <sup>ns</sup>	-27,37 <sup>ns</sup>	76,89**		
<i>CL T</i>	17	-39,35 <sup>ns</sup>	-31,43*	5,68 <sup>ns</sup>	-42,51**	18,71 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	-35,26*	90,86**	75,85**	
	58	30,11 <sup>ns</sup>	6,98 <sup>ns</sup>	-13,37 <sup>ns</sup>	14,02 <sup>ns</sup>	7,42 <sup>ns</sup>	5,90 <sup>ns</sup>	34,35*	99,08**	94,31**	
	78	-31,79*	-30,99*	11,69 <sup>ns</sup>	-22,42 <sup>ns</sup>	-9,78 <sup>ns</sup>	-8,46 <sup>ns</sup>	-27,27 <sup>ns</sup>	97,17**	89,82**	
SPAD	17	-8,76 <sup>ns</sup>	-7,90 <sup>ns</sup>	-12,51 <sup>ns</sup>	-2,01 <sup>ns</sup>	-5,69 <sup>ns</sup>	13,70 <sup>ns</sup>	-1,88 <sup>ns</sup>	18,79 <sup>ns</sup>	-1,45 <sup>ns</sup>	12,82 <sup>ns</sup>
	58	20,00 <sup>ns</sup>	4,46 <sup>ns</sup>	-18,46 <sup>ns</sup>	15,03 <sup>ns</sup>	-1,22 <sup>ns</sup>	10,47 <sup>ns</sup>	27,01 <sup>ns</sup>	17,38 <sup>ns</sup>	20,89 <sup>ns</sup>	18,82 <sup>ns</sup>
	78	29,15 <sup>ns</sup>	23,80 <sup>ns</sup>	-12,66 <sup>ns</sup>	18,81 <sup>ns</sup>	10,35 <sup>ns</sup>	10,08 <sup>ns</sup>	25,97 <sup>ns</sup>	-5,40 <sup>ns</sup>	6,92 <sup>ns</sup>	-1,16 <sup>ns</sup>

\* - significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t; \*\* - significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t; ns – não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

O nutriente que compõe a molécula da clorofila e o magnésio, sendo este mesmo responsável pela ativação de enzimática. A relação de magnésio e cálcio influencia no processo dentro do solo assim como na planta, podendo alterar a absorção dos elementos, o que pode influenciar desta forma o crescimento e desenvolvimento da cultura.

O índice SPAD apresentou interação entre os híbridos de tomateiro e doses de silicato de cálcio apenas aos 58 DAT, para os demais estádio fenológico os fatores foram estudados isolados, sendo observado diferença apenas para doses de silicato de cálcio (Figura 3).

Esta diferença entre os estádios fenológicos estudados demonstra que nas últimas fase de pleno florescimento e frutificação obteve-se um aumento dos valores do índice SPAD comparado com os demais estádios, demonstrando assim um aumento dos valores do índice SPAD com o decorrer do ciclo da cultura proporcionando um aumento da capacidade fotossintética das plantas, acréscimo este que se deve ao teor da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco).

Para a produtividade dos frutos de tomate, não foi observado diferença significativa para interação de híbridos e doses de silicato de cálcio, apresentando diferença entre híbrido para produtividade de frutos não comerciais e produtividade total (Tabela 4).

**Tabela 4.** Produtividade dos frutos normais (PN), produtividade dos frutos não comerciais (PNC) e produtividade total dos frutos (PT) de dois híbridos de tomateiro. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

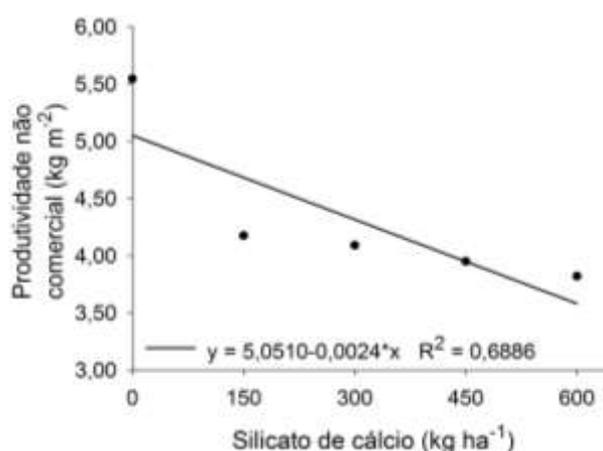
Híbridos	PN kg m <sup>-2</sup>	PNC kg m <sup>-2</sup>	PT kg m <sup>-2</sup>
Ivety	13,11	3,36 b*	16,46 b
Natália	13,42	5,28 a	18,29 a
CV %	16,78	27,48	13,15

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A diferença observada de A entre os híbridos em plena frutificação aos 78 DAT, repercutiu em aumento de produtividade de frutos não comerciais e totais. Pode se inferir desta forma que o híbrido Natália devido suas características genéticas da planta influencia diretamente seu metabolismo, possuindo maior capacidade de realizar fotossíntese, com uma menor *C<sub>i</sub>* nos espaços intercelulares e maior *EUA*. O

mesmo resultado foi observado por Dalastra et al. (2014), trabalhando com três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta.

Os frutos considerados não comercial apresentavam presença de defeitos além de serem inferiores a 50 mm de diâmetro. A produtividade não comercial dos frutos de tomate reduziu com aumento das doses de silicato de cálcio (Figura 4), sendo encontrando o mesmo resultado no trabalho de Lana et al. (2003), que avaliaram o efeito de doses de silicato de cálcio em tomateiro 'Débora Plus'.



**Figura 4.** Produtividade não comercial de frutos de tomate em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

Apesar das diferenças observadas entre as doses de silicato de cálcio para os índices de trocas gasosas avaliado, essas não influenciaram as produtividade comercial e total dos frutos de tomate.

### 3.5 CONCLUSÃO

O silicato de cálcio ocasionou no tomateiro, uma redução da taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração foliar, eficiência instantânea de carboxilação, teores clorofila *a*, *b* e total, em pleno florescimento aos 58 DAT.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, W. W.; STEWART, J. J.; COHU, C. M.; MULLER, O.; DEMMIG-ADAMS, B. Habitat temperature and precipitation of *Arabidopsis thaliana* ecotypes determine the response of foliar vasculature, photosynthesis, and transpiration to growth temperature. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-18, 2016.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidropônica**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J. SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DALASTRA, G. M. **Características agronômicas e índices de trocas gasosas de cultivares de tomateiro com diferentes números de hastes por planta**. 2017. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.

DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F.; HACHMANN, T. L.; INAGAKI, A. M. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidos com um e dois frutos por planta. **Bragantia**, v. 23, n. 4, p. 365-371, 2014.

DRIEVER, S. M.; LAWSON, T.; ANDRALOJC, P. J.; RAINES, C. A.; PARRY, M. A. J. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 17 p. 4959-4973, 2014.

FAYAD J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.

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

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 141-145, 2006.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

HAGHIGHI, M.; PESSARAKLI, M. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 111–117, 2013.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

KUSVURAN, S. Effects of drought and salt stresses on growth, stomatal conductance, leaf water and osmotic potentials of melon genotypes (*Cucumis melo* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 5, p. 775-781, 2012.

LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; JUNIOR, L. A.; SILVA, A. F.; LANA, A. M. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 2, p. 15-20, 2003.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T.; MORALES, R. G.; SILVA, M. L.; GALVÃO, A. G.; ZANIN, D. S. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 220-224, 2014.

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

MURILLO-AMADOR, B.; YAMAGUCHI, T.; RUEDA-PUENTE, E.; ÁVILA-SERRANO, N.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; LÓPEZ-AGUILAR, R.; TROYO-DIÉGUEZ, E.; NIETO-GARIBAY, A. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 193, n. 6, p. 413-421, 2007.

OLIVEIRA, M. A. J.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. de. A.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 59-63, 2002.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, v. 134, p. 14-20, 2011.

SIDDIQUI, M. H.; AL-WHAIBI, M. H.; FAISAL, M.; AL SAHLI, A. Nano-silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on *Cucubita pepo* L. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 11, p. 2429-2437, 2014.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81, n. 1, p. 337-354, 2002.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Transporte de solutos. In: **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017, p. 143-164.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; GABRIEL, A.; ADRIANO, E.; LIMA FILHO, R. B. Photosynthetic characteristics in species and interspecific hybrids of tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 362-370, 2018.

#### 4 ARTIGO III - EFEITO DO SILICATO DE CÁLCIO EM PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATES

4.1 RESUMO - O presente trabalho avaliou-se a influência do silicato de cálcio sobre a atividade da enzima poligalacturonase, respiração, etileno e as características físico-químicas na qualidade pós-colheita de dois híbridos de tomate. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições em cultivo protegido. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 x 5, correspondendo os híbridos (Ivety e Natália) e cinco doses de silicato de cálcio (0, 150, 300, 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), nas quais estas foram aplicados no mesmo dia em que os vasos foram preenchidos. Realizou-se avaliações nos frutos, a saber: a produção de etileno, a respiração dos frutos, a firmeza, o número de lóculos, a atividade da poligalacturonase, os carotenóides totais, o licopeno, os compostos fenólicos, o teor de sólidos solúveis, o pH, a acidez titulável e o teor de ácido ascórbico. A aplicação de silicato de cálcio proporcionou a redução da produção de etileno e a respiração dos frutos. O híbrido Natália apresentou baixa atividade poligalacturonase, sendo esta diferença devido a variabilidade genética. O aumento das doses de silicato de cálcio proporcionou a redução da concentração da enzima poligalacturonase devido a sua constituição na parede celular. As concentrações de licopeno, compostos fenólicos, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ácido ascórbico dos frutos aumentaram em resposta às doses crescentes de silicato de cálcio para 'Ivety'. Os híbridos apresentam comportamentos distintos sobre a influência da adubação do tomateiro com silicato de cálcio, podendo aumentar a conservação pós-colheita e melhorar as características físico-química de frutos do tomateiro.

**Palavras-chaves:** *Solanum lycopersicum* L., híbridos, respiração, conservação pós-colheita.

## Effect of calcium silicate in the pre-harvest and in the post-harvest quality of tomatoes

4.2 ABSTRACT- In the present study it was evaluated the influence of calcium silicate in the polygalacturonate enzyme, respiration, ethylene and the physico-chemical characteristics of the post-harvest quality of two tomato hybrids. The experimental design was of randomized blocks, with four replications, in a protected environment. The treatments were distributed in a factorial scheme 2 x 5, corresponding to the hybrids ('Ivety' and 'Natália') and five doses of calcium silicate (0; 150; 300; 450 and 600 kg ha<sup>-1</sup>) that were applied on the same day that the pots were filled. Fruit evaluations were made, namely: ethylene production, fruit respiration, firmness, total number of locus, polygalacturonate activity, the total carotenoids, lycopene, the phenolic compounds, soluble solids content, pH, titratable acidity and the ascorbic acid content. The application of calcium silicate caused a reduction in the ethylene production and in the fruit's respiration. The hybrid 'Natália' presented low activity of the polygalacturonate, being this difference caused by the genetic variability. The increase in the doses of calcium silicate caused a reduction in the concentration of the polygalacturonate enzyme due to the cell wall constitution. The lycopene, phenolic compounds, soluble solids, pH, titratable acidity and ascorbic acid concentrations of the fruits increase in response to the crescent doses of calcium silicate for 'Ivety'. The hybrids presented distinct behaviors on the influence of the fertilization of tomato with calcium silicate, being possible to increase the post-harvest conservation and improve the physico-chemical characteristic of fruits of tomato.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L., hybrida, respiration, post-harvest conservation.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é considerado uma das mais importantes hortaliças cultivadas mundialmente. Seu fruto tem grande importância comercial e nutricional devido ao seu elevado consumo *in natura* ou industrializado. O tomate ocupa o segundo lugar entre as hortaliças produzidas no Brasil, sendo produzido em todas as regiões do país (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2017). A produtividade e a qualidade de tomates de mesa está associada principalmente à etapa de adubação, especialmente quando há um aporte equilibrado de minerais que são necessários aos processos bioquímicos e fisiológicos da planta e dos frutos (KULCHESKI et al., 2015). Características de qualidade como acidez titulável, teor de sólidos solúveis, tamanho, firmeza, cor e brilho em tomates são importantes para sua valorização (DALASTRA et al., 2018).

O silício não é considerado um nutriente essencial, porém tem importância fundamental em processos fisiológicos e bioquímicos, pois, apesar de não atuar diretamente nas vias metabólicas principais, pode proporcionar maior tolerância da planta a estresses bióticos e abióticos (RODRIGUES et al., 2011). Tem sido relatado que a deposição de silício na parede celular pode promover melhorias na qualidade físico-química dos frutos de tomateiro (MARODIN et al., 2016). No morango, o fornecimento de silício melhorou o produto final com aumento dos teores de açúcares totais (FIGUEIREDO et al., 2010), em alface se teve melhorias para o ácido ascórbico e sólidos solúveis (LEMOS NETO et al., 2018). Estudo realizado por Marodin et al. (2016) demonstraram que o silício proporcionou melhor conservação pós-colheita, pois a aplicação de silício aumentou a firmeza e concentrações de sólidos solúveis, vitamina C e licopeno em frutos de tomateiro.

A mudança da parede celular causada pelo silicato de cálcio pode alterar enzimas que atuam nas pectinas, sendo principalmente a poligalacturonase, pectina metil esterase,  $\beta$ -galactosidase e a pectatoliase. Todas essas enzimas fazem parte de uma família multigênica, que regulam o processo de modificação da parede celular, sendo que a poligalacturonase é uma enzima com função hidrolítica principal, catalizadora da ligação  $\alpha$  1-4. Sua atividade está ligada ao aumento de pectinas solúveis e amaciamento de frutos, pois está ligada a degradação da parede celular (OLIVEIRA et al., 2006).

O conteúdo de silício na parede celular dos frutos pode alterar o seu metabolismo fisiológico e influenciar mudanças importantes de alguns padrões de

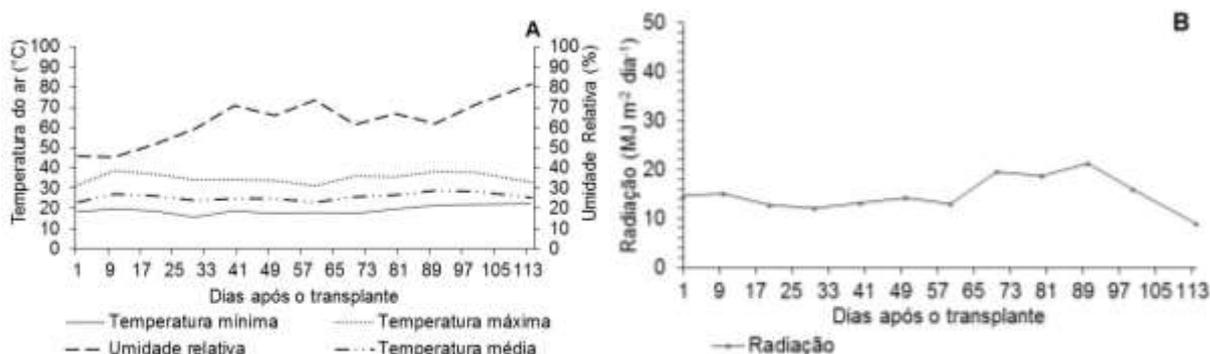
qualidade como cor e firmeza. Entretanto, a forma como a adubação com o silicato de cálcio pode influenciar seu conteúdo nos frutos e, conseqüentemente, no metabolismo fisiológico e na conservação de tomates precisa ser melhor investigado. Desta maneira, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência do silicato de cálcio sobre a atividade da enzima poligalacturonase, respiração, etileno e as características físico-químicas na qualidade pós-colheita de dois híbridos de tomate.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido entre os meses de agosto e dezembro de 2017 em ambiente protegido na Estação de Cultivo Protegido e Controle Biológico “Professor Dr. Mário César Lopes” pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no Campus de Marechal Cândido Rondon – PR (24° 46’ S e 54° 22’ W; altitude média 420 m).

Conforme a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cfa subtropical mesotérmico úmido de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante todo o ano e verões quentes (ALVARES et al., 2013).

O cultivo dos tomateiros foi realizado em ambiente protegido sobre estrutura metálica e teto em forma de arco (7 x 30 m e 3,5 m de pé direito). O teto foi revestido com filme de polietileno de baixa densidade (150  $\mu\text{m}$  e transmissividade de 80%) e laterais fechadas com tela branca (sombreamento 40%). A temperatura e a umidade relativa do ar a cada hora do dia foram registradas por meio de um datalogger (HOMIS, 494), que foi posicionado em um abrigo meteorológico a 1,20 m de altura do solo, no centro do ambiente protegido. Os valores de temperatura, umidade relativa do ar e radiação são apresentados na figura 1.



**Figura 1.** Valores médios, mínimos e máximos de temperatura do ar, média de umidade relativa do ar por dia (A) e radiação solar (B), durante o cultivo do tomateiro

em ambiente protegido. UNIOESTE - Marechal Cândido Rondon (agosto a dezembro de 2017).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se de dois híbridos de tomate do grupo salada (Ivety e Natália), sendo que o 'Natália' apresenta em sua constituição genética o gene *rin*, que é uma característica dos tomates "longa-vida", caracterizando, desta forma, uma vida de pós-colheita mais prolongada.

O segundo fator correspondeu de cinco doses de silicato de cálcio (0; 150; 300; 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>), onde estes foram aplicados no mesmo dia que os vasos foram preenchidos com uma mistura de substrato comercial para hortaliças e vermicomposto na proporção 1:1. O silicato de cálcio possuía 20% de silício e 29% de cálcio em sua composição. Os vasos de 12 dm<sup>3</sup> foram dispostos em espaçamento de 1,20 x 0,50 m, utilizando um prato por vaso para evitar a perda dos nutrientes por lixiviação. Cada parcela experimental foi composta por quatro vasos, dispostas em fileira única.

A caracterização química do substrato e vermicomposto misturado utilizada foi: P = 468,23 mg dm<sup>-3</sup>, K = 2,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 13,72 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 4,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Cu = 1,40 mg dm<sup>-3</sup>, Zn = 44 mg dm<sup>-3</sup>, Mn = 136,58 mg dm<sup>-3</sup>, Fe = 91,10 mg dm<sup>-3</sup>, MO = 51,95 g dm<sup>-3</sup> e pH = 6,6.

As plantas foram conduzidas verticalmente em haste única, com uso de fitilhos plásticos até a altura aproximada de 1,90 m do vaso. Durante todo o ciclo foram realizadas desbrotas com o intuito de manter uma única haste por planta e todas as elas foram mantidas com seis cachos, permitindo a retirada da gema apical após a terceira folha acima do sexto cacho.

A irrigação foi realizada via gotejamento quatro vezes por dia de acordo com a necessidade da cultura, sendo aplicado em torno de 1 a 2,5 L de água por dia, a fim de manter a umidade do substrato acima de 80%. Para esta irrigação foi utilizada fita flexível (1,6 L h<sup>-1</sup>) e emissores espaçados em 0,50 m. A adubação foi realizada via fertirrigação, de acordo com a recomendação de Dalastra (2017), sendo aplicado no período de cultivo um total de 3084 g de MAP, 3900 g de MgSO<sub>4</sub>, 1824 g de KNO<sub>3</sub>, 8148 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 7008 g de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e 876 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, sendo aplicado também 320 g de micronutrientes (Mg 3,8%, S 12%, B 5%, Cu 0,5%, Fe 0,1%, Mn 7%, Mo 0,1%, Zn 7%).

O volume da solução preparada para fertirrigação foi de 20 L por aplicação, na qual realizaram-se 45 aplicações que foram realizadas semanalmente e, destas, 27 aplicações foram na fase de pleno florescimento e início de frutificação, aplicado nesta fase inicial um percentual entre 50–60% da quantidade total dos fertilizantes macro e micronutrientes. Em plena frutificação já estava sendo colhido o primeiro e segundo cacho, em que foram aplicados o restante da adubação correspondendo um percentual entre 40–50% dos macro e micronutrientes, sendo realizada a fertirrigação até uma semana antes da última colheita.

Os frutos foram colhidos no momento em que apresentaram 90% da superfície de coloração vermelha, permitindo selecionar frutos de tamanho homogêneo e sadios para a realização das análises de qualidade pós-colheita. Estas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon. Os frutos foram colhidos e encaminhados para o laboratório para realização das análises de respiração, produção de etileno e firmeza, para as demais análises os frutos foram congelados.

Para as respiração e a produção de etileno foram utilizados tomates do terceiro e quarto cacho (avaliado por parcela) livres de patógenos ou qualquer defeito aparente. Três frutos assim colhidos foram alocados em frascos herméticos de plástico com volume de 800 mL e septo de silicone na tampa para amostragem dos gases. Depois de 90 minutos do fechamento do frasco, amostras de 2,5 mL foram coletadas com seringa *gastight* da atmosfera interna dos frascos e imediatamente foram injetadas em cromatógrafo gasoso (Finnigan, 9001) calibrado para as temperaturas da coluna (capilar) 80 °C, injetor (splitless) 100 °C, detector (ionização de chama) 250 °C e metanador 350 °C.

A determinação da atividade da poligalacturonase foi realizada em frutos do terceiro cacho, utilizando a metodologia descrita por Pressey e Avants (1973) homogeneizando-se 5 g de material vegetal com 10,4 ml de água destilada. O macerado foi centrifugado a 12.000 rpm por 20 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi solubilizado com água destilada e novamente centrifugado, sendo repetido o mesmo processo duas vezes. O sobrenadante foi novamente descartado e o precipitado solubilizado em 10,4 ml de NaCl (1 mol L<sup>-1</sup>), ajustando o pH com NaOH (1 mol L<sup>-1</sup>) para 6,0, permanecendo em geladeira por 1 hora. O extrato foi centrifugado e o sobrenadante guardado em gelo. A atividade da enzima foi determinada pela incubação do extrato com solução de ácido

poligalacturônico em tampão  $100 \text{ mmol L}^{-1}$  NaOAc com pH 5,0, por 30 minutos, a  $50^\circ\text{C}$ . A reação foi paralisada pela adição do reagente PAHBAH e fervura dos tubos de ensaio por 5 minutos e, em seguida, encaminhado para o gelo. A produção de ácido galacturônico na reação foi determinada pelo método de Lever (1972). A proteína total dos extratos foi determinada pelo método de Bradford (1976) utilizando BSA como padrão.

A firmeza foi medida em pólos opostos na região equatorial do fruto no total de três frutos maduros do terceiro e quarto cacho avaliada por parcela, sendo utilizado o texturômetro (CT3 Texture Analyser, Brookfield Engineering) com ponteira de 8 mm de diâmetro e velocidade de penetração de  $2,0 \text{ mm s}^{-1}$ , o que expressou os resultados em N. Após esta avaliação os frutos foram cortados para a contagem de número de lóculos.

Para as análises químicas foram coletados frutos de todos os cachos, sendo encaminhado para laboratório e congelados, posteriormente foram homogeneizados e realizadas as análises de teor de sólidos solúveis (SS) e pH foram determinados por leitura direta do extrato do suco com auxílio de um refratômetro e peagâmetro digital, respectivamente. O teor de SS foi expresso em  $^\circ\text{Brix}$ , a acidez titulável (AT) foi determinada pelo método titulométrico de acordo com a metodologia proposta pelo IAL (2008). O teor de ácido ascórbico foi determinado por titulação com 2,6-dicloro-fenol-indofenol (DCFI) a  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , com resultados expressos em mg de ácido ascórbico por  $100 \text{ mL}^{-1}$  de polpa (BENASSI; ANTUNES, 1988).

A avaliação dos teores de pigmentos foram realizadas com frutos do terceiro cacho da planta, onde o conteúdo de carotenóides foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Sims e Gamon (2002). O teor de licopeno foi determinado pelo método descrito por Rodriguez-Amaya (2001). A determinação foi realizada em espectrofotômetro, com a leitura direta do sobrenadante na absorbância de 470 nm e 453 nm, respectivamente.

Os compostos fenólicos totais foram avaliados utilizando os frutos do terceiro e quarto cacho com a metodologia proposta por Georgé et al. (2005), utilizando Folin-Ciocalteu e solução de carbonato de sódio, onde realizou-se a leitura direta do sobrenadante obtido em espectrofotômetro a 760 nm.

Os dados experimentais foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $p \leq 0,05$ ). Em seguida, procedeu-se à análise de variância e de regressão

polinomial ( $p \leq 0,05$ ), mediante a utilização do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação ao longo do período de condução da etapa de cultivo em ambiente protegido, são apresentados na figura 1. A temperatura média variou entre 23 e 29 °C, a umidade relativa entre 45,43 a 81,70% e a radiação solar entre 8,88 a 21,13 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>. Esses dados climáticos estão de acordo com as exigências da cultura, pois o mínimo que uma planta necessita para a sua manutenção e desenvolvimento é de 8,40 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de radiação solar (BECKMANN et al., 2006). Segundo Gazolla-Neto et al. (2013), os elementos climáticos tem função importante nas reações fisiológicas das plantas, nas quais conduzem ao crescimento e desenvolvimento demonstrando assim que estes dados climáticos são essenciais para as características de qualidade pós-colheita, pois o nível de radiação que a planta é submetida pode alterar algumas vias biossintéticas envolvidas na acumulação de açúcares, vitaminas e compostos antioxidantes.

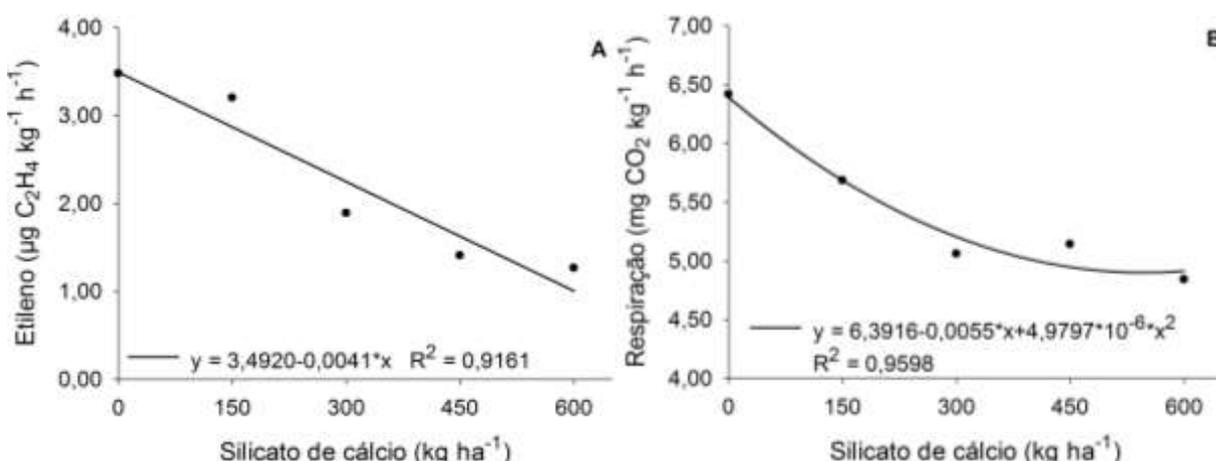
A produção de etileno ( $\mu\text{g C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e a respiração ( $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) do tomate foram mensurados para avaliar a resposta fisiológica dos frutos de plantas submetidas a diferentes doses de silicato de cálcio, não sendo observado efeito da interação entre híbrido e as doses, apresentado diferença entre os híbridos apenas para respiração dos frutos (Tabela 1). Entretanto, foi verificada também a diferença significativa para doses de silicato de cálcio para a produção de etileno e na respiração dos frutos de tomate, o que possibilitou observar as diminuições significativas da produção de etileno e da respiração dos frutos de tomates com o aumento das doses de silicato de cálcio (Figura 2) sugerindo que o silicato de cálcio, quando aplicado em plantio, promove mudanças no metabolismo dos frutos que pode ser favorável na etapa pós-colheita, uma vez que conduziu o tomate a menor produção de etileno e menor intensidade respiratória.

**Tabela 1.** Respiração (CO<sub>2</sub>), firmeza dos frutos (F), número de lóculos (NL) e a atividade poligalacturonase (PG) em função dos híbridos de tomate. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

Híbrido	CO <sub>2</sub> mg CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>	F N	NL	PG µg glicose h <sup>-1</sup> mg <sup>-1</sup> de proteína
Ivety	6,82 a	2,23	4,24 a	21,40 a
Natália	4,04 b	2,32	3,56 b	6,14 b
CV (%)	9,25	11,08	19,30	20,20

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Esta redução de produção de etileno e de respiração do fruto podem refletir no aumento da vida pós-colheita do fruto, pois o aumento da produção de etileno está associado com a ativação de rotas metabólicas importantes que podem acelerar mudanças fisiológicas que conduzem à senescência do fruto, entre elas a ativação de enzimas responsáveis pela degradação da parede celular dos frutos (BASSAN et al., 2013). O etileno é um metabólico secundário relacionado com o metabolismo aeróbico do tecido vegetal e sua redução pode estar associada, entre outros fatores, a inibição da ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) oxidase (ALEXANDER; GRIERSON, 2002). Islam, Mele e Kang (2018) estudaram a aplicação foliar de silício no cultivo de tomate cereja e encontraram redução da produção de etileno nos frutos. Ainda em relação à respiração dos frutos (Figura 2 - B), a equação de ajuste quadrático sugere uma estimativa de taxa respiratória mínima de 4,87 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Figura 2 - B) para uma dose de 552,24 kg ha<sup>-1</sup> de silicato de cálcio.



**Figura 2.** Produção de etileno (A) e respiração (B) de frutos, em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

A 'Ivety' apresentou taxa de respiração mais elevada de 6,82 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Tabela 1). Esta diferença entre as cultivares pode ser explicado pelo fato de que elas

apresentam uma característica genética completamente diferente, onde o híbrido Natália apresenta o gene *rin*, que são cultivares melhoradas e apresentam em seu processo natural o retardamento do amadurecimento, o que vem a prolongar a conservação pós-colheita (BENITES et al., 2010).

A diferença para a produção de etileno e respiração é uma característica que também está ligada à parede celular e conseqüentemente com a firmeza dos frutos, sendo que o mesmo não apresentou diferença na interação e nem nos fatores estudados isoladamente (Tabela 1). Esta ausência de efeito significativo pode ter sido causada pela diferença do número de lóculos ou até mesmo pelo estágio de amadurecimento dos frutos, sendo que o número de lóculos pode ser modificado devido ao tamanho do fruto (RODRIGUES et al., 2010).

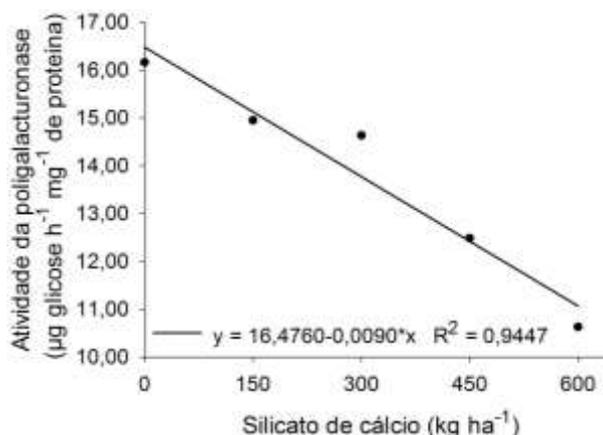
As alterações na firmeza do fruto que levam ao seu amaciamento durante o amadurecimento envolvem a perda da pressão de turgescência. Esse processo acontece devido ao acúmulo de solutos osmóticos no apoplasto porque ocorre modificações na relação simplasto e apoplasto, degradação do amido e modificações fisiológicas na composição, estrutura e dinâmica da parede celular (BERTIN; GÉNARD, 2018). Embora a firmeza não tenha apresentado diferença significativa no presente estudo, ela se caracteriza pelo retardamento da degradação na parede celular.

Esta ausência de diferença entre os híbridos para a firmeza dos frutos demonstra que houve uma modificação no número de lóculos para 'Ivety', a qual apresentou mais lóculos (Tabela 1). O número de lóculos é uma característica genética que apresenta uma correlação direta com o tamanho dos frutos (RODRIGUES et al., 2010).

Embora não tenha ocorrido diferença para firmeza a 'Ivety' apresentou a maior maciez de frutos de tomate, sendo que este aumento está ligado a atividade PG que foi de  $21,40 \mu\text{g glicose h}^{-1} \text{mg}^{-1}$  de proteína (Tabela 1). Esta diferença entre os híbridos dá-se em relação a variabilidade genética existente entre elas, pois o híbrido que apresenta o gene *rin* proporciona aspectos na alteração de amadurecimento, em que os frutos são firmes com menor resposta ao etileno, o que resulta na diferença estrutural da parede celular (BENITES et al., 2010).

A atividade PG apresentou também diferença entre as doses de silicato de cálcio proporcionando decréscimo da atividade PG com o aumento das doses (Figura 3). O silicato de cálcio, como constituinte da parede celular, desempenha um papel

importante na formação de pontes cruzadas entre as substâncias pécticas, levando à estabilização da parede celular do fruto e a proteção contra as enzimas de degradação da parede celular, especificamente das enzimas pectolíticas, como a PG, que quebra as ligações glicosídicas entre unidades de ácidos galacturônicos não-esterificados (RESENDE et al., 2004). Desta forma, o silicato de cálcio interage com estes grupos carboxílicos sem esterificação, reduzindo o seu número e assim a ação do PG diminui.



**Figura 3.** Atividade da poligalacturonase de frutos de tomate em função de doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

A redução da respiração e a produção do etileno no decorrer das doses de silicato de cálcio teve importante papel na baixa atividade da PG, proporcionando frutos mais firmes. A utilização de silício na produção de frutos aumenta sua firmeza, embora não ter apresentado diferença no estudo, este aumento foi demonstrando no trabalho de Marodin et al. (2016), que trabalharam com diferentes fontes de silício em tomate salada. Islam, Mele e Kang (2018) comparam diferentes formas de aplicação de silício em tomate cereja e obtiveram aumento da firmeza no momento da colheita. A firmeza e a maturação dos frutos estão intimamente associadas, portanto, o prolongamento da firmeza dos frutos é desejável para que se tenha uma extensão do armazenamento.

Para as características de pigmentos dos frutos não houve interação entre os fatores estudados, desta forma os teores de carotenoides totais e licopeno foram avaliados isoladamente (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teor de carotenóides totais, licopeno e ácido ascórbico (AA) em função dos híbridos de tomate. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

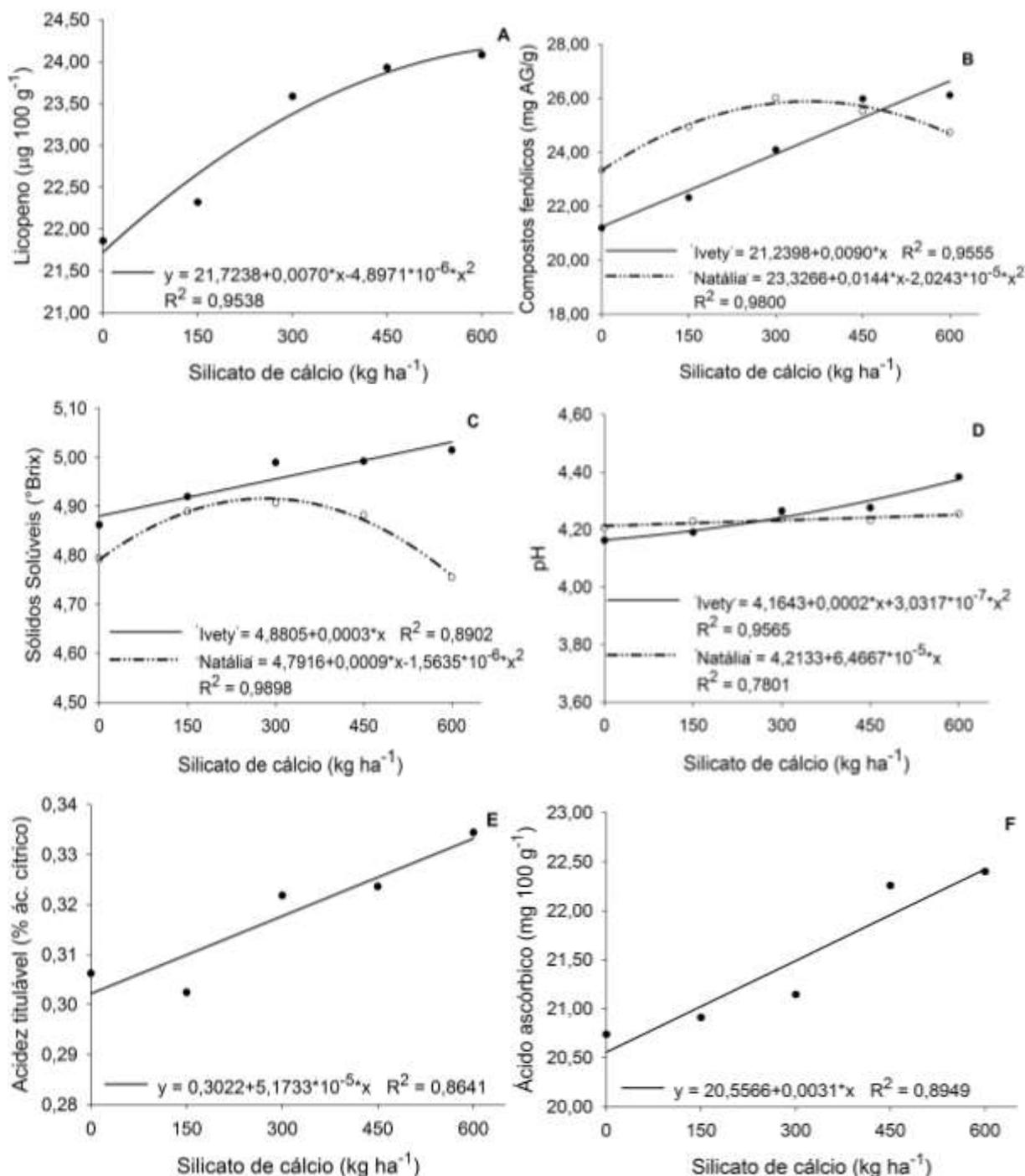
Cultivar	Carotenoide	Licopeno	AA
	mg g <sup>-1</sup>	µg 100 g <sup>-1</sup>	mg 100 g <sup>-1</sup>
Ivety	0,011	25,22 a	21,96 a
Natália	0,010	20,98 b	21,01 b
CV (%)	20,08	2,35	1,66

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

O amadurecimento do fruto do tomateiro é controlado pelo etileno e caracterizado por uma mudança de cor de verde para vermelho. Contudo, em relação aos pigmentos fotossintéticos estudados como os carotenóides totais apresentou diferença significativa apenas entre os híbridos (Tabela 2), uma vez que este teor é variável em função das espécies e do híbrido, além de fatores ambientais e das práticas culturais realizadas antes e após a colheita.

Os carotenóides são pigmentos acessórios responsáveis pela mudança de cor, podendo ser proveniente da degradação da clorofila, ocasionando o aumento do teor de carotenóides ( $\beta$ -carotenos e licopeno) e antocianinas (xantofilas), resultando em frutos e flores com coloração vermelho e amarelo, além de ser o segundo pigmento mais importante no processo de fotossíntese (SU et al., 2015).

A ‘Ivety’ apresentou maior teor de licopeno (Tabela 2). Durante o processo de diminuição do teor de clorofila e xantofilas em tomate, ocorre um forte acúmulo de licopeno que é o principal carotenóide no tomate, o que representa 71% do conteúdo total em frutos maduros, conferindo a coloração avermelhada aos frutos (DEL GIUDICE et al., 2015). O teor de licopeno apresentou também diferença entre doses de silicato de cálcio, apresentando o comportamento quadrático no decorrer do aumento das doses (Figura 4 - A).



**Figura 4.** Licopeno (A), compostos fenólicos (B), sólidos solúveis (C), pH (D), acidez titulável (E) e ácido ascórbico (F) de híbridos de tomateiro, em função de diferentes doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

O maior acúmulo do teor de licopeno foi observado na dose  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de silicato de cálcio (Figura 4 - A). O licopeno interfere diretamente na cor do fruto, o que pode influenciar a aceitação dos consumidores. Marodin et al. (2016) observaram que o silício aumentou o teor de licopeno em frutos de tomate, chegando a  $30,13 \mu\text{g } 100$

g<sup>-1</sup> na dose 491 kg ha<sup>-1</sup>, observaram também que o silicato de cálcio e de sódio proporcionaram maiores concentrações de licopeno.

Tanto o híbrido Ivete, como o 'Natália' tiveram aumentos no conteúdo de compostos fenólicos com o aumento das doses de silicato de cálcio. Porém, a resposta quadrática para 'Natália' sugere que o maior conteúdo de compostos fenólicos foi 25,89 mg AG/g obtido quando aplicado a dose 355,68 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4 - B). Para o híbrido Ivete, o aumento no conteúdo de compostos fenólicos conduziu ao valor máximo observado de 26,64 mg AG/g. Esses resultados indicam que a suplementação com silicato de cálcio pode melhorar tanto o status antioxidante dos tomates, benéfico ao próprio metabolismo vegetal, quando seu status nutricional.

Este aumento do teor de compostos fenólicos nos frutos aumentam a resistência a patógenos na pós-colheita dos tomates, este aumento ocorre devido ao acúmulo de silício no fruto, pois esse elemento é considerado um elemento benéfico para as plantas e acabam induzindo a resistência a patógenos além de resultar em melhoria da qualidade dos frutos (RODRIGUES et al., 2011).

O teor de sólidos solúveis é um dos fatores de qualidade mais importante para a maioria dos frutos, podendo ser alterado por diversos fatores ambientais pré e pós-colheita. Observou-se neste estudo que o silicato de cálcio influenciou os híbridos testadas, proporcionando um aumento crescente para 'Ivety', chegando a alcançar 5,02 °Brix na dose máxima de silicato de cálcio. Já em relação a 'Natália', apresentou um comportamento quadrático, registrado um teor de 4,92 °Brix na dose 287,81 kg ha<sup>-1</sup> de silicato de cálcio (Figura 4 - C). Este comportamento de SS na 'Natália' pode ter ocorrido devido o processo de maturação do fruto ser diferente da outra cultivar, pois está apresenta uma redução da respiração dos frutos que consequentemente pode aumentar o tempo de prateleira, sendo que a mesma apresenta menor atividade PG, reduzindo assim o processo de degradação da parede celular e o amaciamento dos frutos.

Esses resultados estão de acordo com os de Marodin et al. (2016), em que observaram-se um aumento do teor de sólidos solúveis com o aumento na dose de silício em um híbrido de tomate Santa Cruz Kada, que não apresenta um gene *rin*, demonstrando aumento crescente até a dose 600 kg ha<sup>-1</sup>, com posterior decréscimo. Observando desta forma que a dose de silício pode ser diferente para cada cultivar, pois um dos efeitos benéficos do silício é a associação com o aumento da eficiência fotossintética (MURILLO-AMADOR et al., 2007), sendo o açúcar que é produzido na

folha é translocado para os frutos, demonstrando assim este aumento de sólidos solúveis.

A uma indireta entre sólidos solúveis e compostos fenólicos, pois acúmulo de sólidos solúveis ocorre em decorrência da conversão do amido em açúcares, aumentando a doçura, podendo vir também da síntese de compostos secundários como fenólicos simples e pelo acúmulo de ácidos orgânicos. Essa característica também é dependente da cultivar, conforme observado nesse trabalho.

O pH dos frutos variou pouco, tendo como valor máximo e mínimo iguais a 4,38 e 4,16, respectivamente (Figura 4 - D), sendo que esta variação é especificamente do híbrido Ivety. Já o híbrido que apresenta o gene *rin* a variação foi bem menor entre 4,21 a 4,25. A elevação do valor de pH pode ser devido a sintetização dos ácidos orgânicos, sendo que os mesmos resultados estão abaixo do indicado como ótimo para a separação de frutos ácidos de não ácidos para tomate (MODOLON et al., 2012).

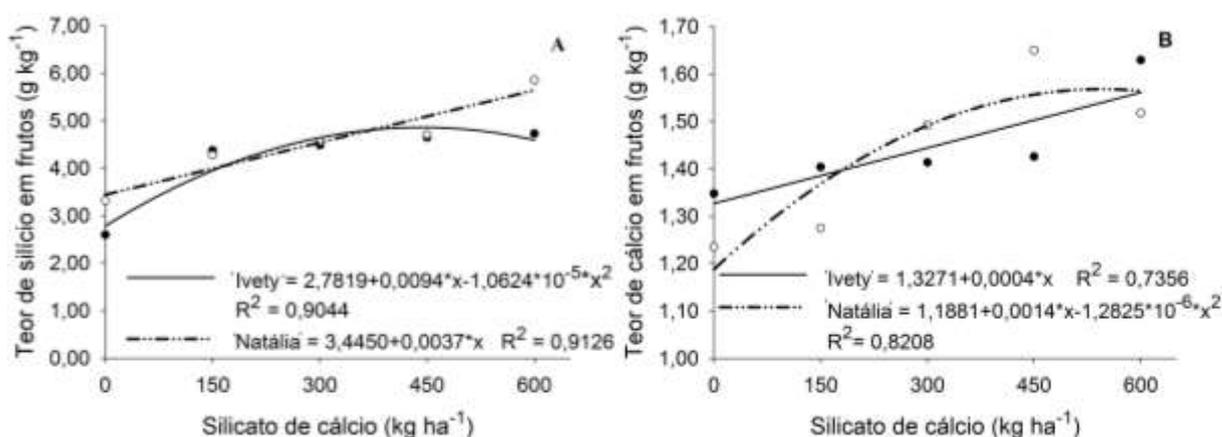
A acidez titulável apresentou diferença apenas para doses de silicato de cálcio, apresentando comportamento linear com o aumento das doses de silicato de cálcio, produziu assim tomates com maior acidez titulável (Figura 4 - E). Possuindo uma variação pequena de 0,30 a 0,33%, sendo representada pela porcentagem de ácido cítrico. Este aumento pode ter ocorrido devido à baixa taxa de respiração e produção de etileno, sendo que os valores de acidez estão dentro do esperado para tomate salada. Resultados semelhantes foram obtidos por Islam, Mele e Kang (2018) que trabalharam com a aplicação de silício antes da colheita em tomate cereja.

O aumento da acidez também foi observado por Figueiredo et al. (2010) na cultura do morangueiro utilizando pulverização foliar e fertirrigação com silício verificando um decréscimo seguido de um aumento no teor de acidez titulável nos frutos com aumento das doses de silicato de potássio. Segundo o mesmo autor, a forma da aplicação do silício pode resultar em uma maior absorção do mesmo pela planta, o que resulta em frutos com um aumento de qualidade pós-colheita.

O teor de ácido ascórbico foi influenciado pelas doses de silicato de cálcio, apresentando um comportamento linear crescente com o aumento das doses (Figura 4 - F). Foi observado também que o híbrido Ivety apresentou maiores concentrações em relação à 'Natália', sendo que ambas estão dentro dos valores normalmente encontrados em tomate (Tabela 1). Estes resultados corroboram com Marodin et al.

(2016), onde o teor de ácido ascórbico aumentou com a adição de silício em frutos de tomate, chegando a 21,34 mg 100 g<sup>-1</sup> na dose de 498 kg ha<sup>-1</sup>.

Os híbridos se comportaram de forma distinta em relação ao acúmulo de silício no fruto, apresentando um acúmulo crescente até a dose máxima de 5,85 g kg<sup>-1</sup> de silício para 'Natália' (Figura 5 - A) que apresenta o gene *rin*, que são frutos que apresentam maior tempo de prateleira, permanecendo firmes e brilhantes, pois é um híbrido que apresenta interferência na produção de etileno e nas atividades enzimáticas envolvidas no processo de amadurecimento normal dos frutos (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000). Embora, este híbrido não tenha apresentado diferença em relação 'Ivety' para a produção do etileno, a atividade PG foi inferior para 'Natália'.



**Figura 5.** Teor de silício e cálcio em frutos de tomateiro, em função de híbridos de tomate e doses de silicato de cálcio. UNIOESTE – Marechal Cândido Rondon, agosto a dezembro de 2017.

A 'Ivety' apresentou comportamento crescente do teor de silício no fruto, sendo observado uma diferença considerável da dose 0 para a de 150 kg ha<sup>-1</sup> de silicato de cálcio, apresentando uma diferença de 1,77 g kg<sup>-1</sup> de silício. A partir dessa dose o aumento do teor de silício no fruto foi mínimo, porém significativo em torno de 0,11 g kg<sup>-1</sup> de silício com o aumento das doses (Figura 5 - A). Esta híbrido apresentou resultados satisfatórios para os padrões físico-químicos, sendo superior em vários parâmetros. O acúmulo de silício está fortemente associado às funções fisiológicas da planta, melhorando a qualidade e vida de prateleira dos frutos de tomate. O mesmo resultado foi observado em tomate salada e cereja (MARODIN et al., 2016; ISLAM; MELE; KANG, 2018).

Em relação ao teor de cálcio no fruto, foi observada interação entre os híbridos e doses de silicato de cálcio, demonstrando que os híbridos apresentaram

comportamento crescente, chegando a 1,51 e 1,63 g kg<sup>-1</sup> de cálcio para 'Natália' e 'Ivety', respectivamente (Figura 5 - B).

Este aumento do teor de cálcio nos frutos de tomate é importante, pois a sua mobilidade na planta é limitada, podendo ocorrer alguns distúrbios fisiológicos causado pela deficiência deste nutriente, principalmente na cultura do tomate e em outras culturas que apresentam seu desenvolvimento rápido e contínuo como dentro da horticultura, pois a indisponibilidade do mesmo nos tecidos pode acarretar a queima das folhas e a rachadura da parede celular dos frutos (SERRANO et al., 2002), não sendo observado esse distúrbio fisiológico durante o cultivo.

A adubação com silicato de cálcio em plantas de tomateiro melhora as características físico-químicas, pois ocorre a deposição destes nutrientes em diferentes concentrações na parede celular, tornando a célula epidérmica mais espessa, com respostas distintas para os híbridos avaliados.

#### 4.6 CONCLUSÕES

O silicato de cálcio promoveu redução da produção de etileno e respiração dos frutos na máxima dose de silicato de cálcio 600 kg ha<sup>-1</sup>, além de apresentar baixa atividade da poligalacturonase, melhorando assim as características físico-químicas por aumentar os teores de licopeno, composto fenólicos, sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ácido ascórbico dos frutos. Tais características contribuem para a melhoria da durabilidade pós-colheita.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, p. 2039-2055, 2002.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BASSAN, M. M.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; CARON, V. C.; COUTO, H. T. Z.; JACOMINO, A. P. The harvesting system affects the quality and conservation of the "Tahiti" acid lime. **Scientia Horticulturae**, v. 155, n. 1, p. 72-77, 2013.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. D.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 86-92, 2006.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BENITES, F. R. G.; MALUF, W. R.; PAIVA, L. V.; FARIA, M. V.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; GONÇALVES, L. D. Teste de alelismo entre os mutantes de amadurecimento alcaçaba e non-ripening em tomateiro. **Ciência agrotecnologia**, v. 34, n. spe, p. 1669-1673, 2010.

BERTIN, N.; GÉNARD, M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**. v. 233, n. 15, p. 264-276, 2018.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1, p. 248-254, 1976.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. Evolução das cadeias produtivas de tomate industrial e para mesa no Brasil, 1990-2016. **Informações Econômicas**, v. 47, n. 1, p. 50-59, 2017.

DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; COUTINHO, P. W. R.; KLOSOWSKI, E. S. Características produtivas de cultivares de tomateiro italiano em função de tipos de poda. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 17, n. 4, p. 398-404, 2018.

DALASTRA, G. M. **Características agrônômicas e índices de trocas gasosas de cultivares de tomateiro com diferentes números de hastes por planta**. 2017. 58 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.

DEL GIUDICE, R.; RAIOLA, A.; TENORE, G. C.; FRUSCIANTE, L.; BARONE, A.; MONTI, D. M.; RIGANO, M. M. Antioxidant bioactive compounds in tomato fruits at different ripening stages and their effects on normal and cancer cells. **Journal of Functional Foods**, v. 18, n. 7, p. 83-94, 2015.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 3-4, 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIGUEIREDO, F. C.; BOTREL, P. P.; TEIXERA, C. P.; PETRAZZINI, L. L.; LOCARNO M.; CARVALHO, J. G. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F. A. Ação de níveis de luminosidade sobre o crescimento de plantas de maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 1, 2013.

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análises de alimentos**. In: ZENEBO O; PASCUET NS; TIGLEA P (coord.). 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

ISLAM, M. Z.; MELE, M. A.; KANG, H. Gaseous, Physicochemical and Microbial Performances of Silicon Foliar Spraying Techniques on Cherry Tomatoes. **AGRIVITA Journal of Agricultural Science**, v. 40, n. 2, p. 185-192, 2018.

KULCHESKI, F. R.; CÔRREA, R.; GOMES, I. A.; LIMA, J. C.; MARGIS, R. NPK macronutrientes and microRNA homeostasis. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 1, p. 1-19, 2015.

LEMONS NETO, H. S.; GUIMARÃES, M. A.; MESQUITA, R. O.; SAMPAIO, I. M. G.; HENDGES, A. R. A. A.; OLIVEIRA, A. B. Silicon Potential as Attenuator of Salinity Effects on Growth and Post-harvest Quality of Lettuce. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 7, p. 455-463, 2018.

LEVER, M. A new reaction for colorimetric determination of carbohydrates. **Analytical Biochemistry**, v. 47, n. 1, p. 273-279, 1972.

MARODIN, J. C.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R.G. F.; FARIA, M. V.; TREVISAM, A. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; DIAS, D. M. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 361-366, 2016.

MODOLON, T. A.; BOFF, P.; ROSA, J. M.; SOUSA, P. M. R.; MIQUELLUTI, D. J. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 58-63, 2012.

MURILLO-AMADOR, B.; YAMADA, S.; YAMAGUCHI, T.; RUEDA-PUENTE, E.; ÁVILA-SERRANO, N.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L. LÓPEZ-AGUILAR, R.; TROYO-DIÉGUEZ, E.; NIETO-GARIBAY, A. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 193, n. 6, p. 413-421, 2007.

OLIVEIRA, M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb), **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, v. 52, p. 252-256, 1973.

RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I. F.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 206-212, 2004.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agronômicas**, n. 134, p. 14-20, 2011.

RODRIGUES, G. B.; MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; MATTEDI, A. P.; ALMEIDA, V. S. Análise de trilha de componentes de produção primários e secundários em tomateiro do grupo Salada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2010.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. A. 2001. **Guide to carotenoids analysis in food**. Washington: International Life Sciences Institute Press. 64p

SERRANO, M.; AMORÓS, A.; PRETEL, M. T.; MARTÍNEZ-MADRID, M. C.; MADRID, R.; ROMOJARO, F. Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. **Food Science and Technology International**, v. 8, n. 3, p. 147-154, 2002.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v. 81 n. 2, p.337-354, 2002.

SU, L.; DIRETTO, G.; PURGATTO, E.; DANOUN, S.; ZOUINE, M.; LI, Z.; CHERVIN, C. Carotenoid accumulation during tomato fruit ripening is modulated by the auxinethylene balance. **BMC Plant Biology**, v. 15, n. 1, p. 114, 2015.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

Os híbridos estudados apresentam características morfométricas, produtivas, fisiológicas e aspectos físico-químico diferenciados para as condições do cultivo.

Os maiores teores de silício e cálcio no híbrido Natália, refletiu em maior lignificação do caule. Além de apresentar aos 78 DAT maior taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>, eficiência do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água, eficiência instantânea de carboxilação, produtividade não comercial e total de frutos de tomateiro.

A aplicação do silicato de cálcio proporcionou maior teor de silício e cálcio nos frutos, reduzindo assim a produtividade não comercial e alterando desta forma a parede celular dos frutos que veio aprimorar os aspectos de qualidade estudado, o que pode contribuir para a melhoria da durabilidade pós-colheita.

Vale salientar que esses resultados podem variar, em função principalmente do material genético e do ambiente de cultivo.

## ANEXO A

**Tabela 1.** Fertilizantes e quantidades utilizadas na fertirrigação ao longo do ciclo de dois híbridos (Ivety e Natália) de tomateiro. Marechal Cândido Rondon, 2017.

<b>SEMANA</b> *	<b>FERTILIZANTE</b>	<b>Quantidade</b> <b>(gramas)</b>
1	Fosfato monoamônico	72**
	Sulfato de magnésio	48
	Nitrato de potássio	84
	Nitrato de cálcio	72
	Ácido Bórico	48
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
2	Fosfato monoamônico	108
	Sulfato de magnésio	84
	Sulfato de potássio	144
	Nitrato de potássio	60
	Nitrato de cálcio	144
	Ácido Bórico	52
3	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	120
	Sulfato de magnésio	132
	Sulfato de potássio	240
	Nitrato de potássio	12
	Nitrato de cálcio	216
4	Ácido Bórico	72
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	240
	Sulfato de magnésio	216
	Sulfato de potássio	480
	Nitrato de potássio	60
5	Nitrato de cálcio	360
	Ácido Bórico	72
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	288
	Sulfato de magnésio	276
	Sulfato de potássio	696
5	Nitrato de potássio	36
	Nitrato de cálcio	540
5	Ácido Bórico	72

	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
6	Fosfato monoamônico	288
	Sulfato de magnésio	300
	Sulfato de potássio	780
	Nitrato de potássio	60
	Nitrato de cálcio	600
	Ácido Bórico	72
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
7	Fosfato monoamônico	264
	Sulfato de magnésio	324
	Sulfato de potássio	804
	Nitrato de potássio	120
	Nitrato de cálcio	600
	Ácido Bórico	72
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
8	Fosfato monoamônico	240
	Sulfato de magnésio	324
	Sulfato de potássio	792
	Nitrato de potássio	120
	Nitrato de cálcio	600
	Ácido Bórico	60
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
9	Fosfato monoamônico	240
	Sulfato de magnésio	324
	Sulfato de potássio	684
	Nitrato de potássio	156
	Nitrato de cálcio	600
	Ácido Bórico	60
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
10	Fosfato monoamônico	240
	Sulfato de magnésio	384
	Sulfato de potássio	660
	Nitrato de potássio	156
	Nitrato de cálcio	600
	Ácido Bórico	56
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
11	Fosfato monoamônico	240
	Sulfato de magnésio	336
	Sulfato de potássio	648
	Nitrato de potássio	144

	Nitrato de cálcio	600
	Ácido Bórico	48
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	216
	Sulfato de magnésio	336
	Sulfato de potássio	564
12	Nitrato de potássio	192
	Nitrato de cálcio	576
	Ácido Bórico	48
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	192
	Sulfato de magnésio	312
	Sulfato de potássio	480
13	Nitrato de potássio	216
	Nitrato de cálcio	540
	Ácido Bórico	48
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	192
	Sulfato de magnésio	264
	Sulfato de potássio	444
14	Nitrato de potássio	192
	Nitrato de cálcio	480
	Ácido Bórico	48
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20
	Fosfato monoamônico	144
	Sulfato de magnésio	240
	Sulfato de potássio	396
15	Nitrato de potássio	216
	Nitrato de cálcio	480
	Ácido Bórico	48
	Micronutrientes (Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn)	20

\*A semana 9 iniciou a fase de pleno florescimento. \*\*As quantidades de cada semana foi dividida em 3, sendo aplicado na segunda, quarta e sexta.

## ANEXO B

## ARTIGO I

**Tabela 1.** Resumo de análise de variância número de frutos (NF), diâmetro transversal do fruto (DTF), diâmetro longitudinal dos frutos (DLF), massa média de frutos (MMF), produtividade de frutos normais (PN), produtividade de frutos não comercial (PNC) e produtividade total de frutos (PT) de dois híbrido de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios						
		NF	DTF	DLF	MMF	PN	PNC	PT
Cultivar	1	1010,02*	128,95*	0,24 <sup>ns</sup>	2130,29*	0,99 <sup>ns</sup>	36,86*	33,20*
Doses de silicato de cálcio	4	14,45 <sup>ns</sup>	6,67*	1,86 <sup>ns</sup>	32,79 <sup>ns</sup>	7,38 <sup>ns</sup>	3,92*	7,56 <sup>ns</sup>
Interação	4	1,17 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	122,48 <sup>ns</sup>	5,91 <sup>ns</sup>	1,772 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>
Bloco	3	2,65	3,47	1,20	143,54	2,54	2,32	4,08
Resíduo	27	9,84	1,84	1,37	53,51	4,95	1,41	5,22
CV (%)	-	8,74	2,18	2,21	4,85	16,78	27,48	13,15
Média Geral	-	35,90	62,22	53,07	150,67	13,26	4,32	17,37

**Tabela 2.** Desdobramento de DTF e PNC de dois híbrido de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios	
		DTF	PNC
B1	1	26,1862*	10,8045*
B2	1	0,4539 <sup>ns</sup>	3,3604 <sup>ns</sup>
Desvio	1	0,0487	0,7630
Erro	27	1,8365	1,4066

**Tabela 3.** Resumo de análise de variância número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF), área foliar (AF) de dois híbrido de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios					
		NF	DC	AP	MSC	MSF	AF
Cultivar	1	0,06 <sup>ns</sup>	5,42 <sup>ns</sup>	0,39*	1389,34*	223,35 <sup>ns</sup>	4026543,37 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,46 <sup>ns</sup>	3,62 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	16,83 <sup>ns</sup>	242,43 <sup>ns</sup>	1842156,63 <sup>ns</sup>
Interação	4	0,81 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	96,28 <sup>ns</sup>	440,34 <sup>ns</sup>	2517435,61 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,21	5,89	0,002	310,73	1634,66	1359408
Resíduo	27	1,10	1,96	0,01	62,22	277,99	1145815
CV (%)	-	4,90	8,84	5,57	16,14	15,04	21,69
Média Geral	-	21,41	15,85	1,60	48,88	110,89	4936,05

**Tabela 4.** Resumo de análise de variância do dano de integridade da membrana de folhas (DIM) e teor de lignina do caule (LIG) de dois híbrido de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios	
		IM	LIG
Cultivar	1	3828,87*	195,14*
Doses de silicato de cálcio	4	386,83*	21,88*
Interação	4	157,89 <sup>ns</sup>	19,95*
Bloco	3	436,42	0,91
Resíduo	27	109,38	0,58
CV (%)	-	26,12	4,29
Média Geral	-	40,03	17,72

**Tabela 5.** Desdobramento de DIM e LIG de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	IM	LIG	
			Ivety	Natália
B1	1	1193,36*	0,0281 <sup>ns</sup>	149,2663*
B2	1	277,20 <sup>ns</sup>	0,5130 <sup>ns</sup>	2,3166*
Desvio	2	38,38	0,1637	7,4359
Erro	27	109,38	0,5779	0,5779

**Tabela 6.** Resumo de análise de variância do teor e conteúdo de silício (Si), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas e fruto de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios - folha					
		Si	Conteúdo Si	Ca	Conteúdo Ca	Mg	Conteúdo Mg
Cultivar	1	0,7156*	0,0197*	33,6906*	0,2920 <sup>ns</sup>	0,6760*	0,0020 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,0602 <sup>ns</sup>	0,0021 <sup>ns</sup>	6,5914 <sup>ns</sup>	0,1343 <sup>ns</sup>	0,2562*	0,0003 <sup>ns</sup>
Interação	4	0,0560 <sup>ns</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>	7,2857 <sup>ns</sup>	0,0964 <sup>ns</sup>	0,1466*	0,0072 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,1025	0,0186	3,3280	0,2310	0,0340	0,0250
Resíduo	27	0,1147	0,0039	4,3151	0,0937	0,0508	0,0038
CV (%)	-	11,21	18,52	18,37	24,51	6,29	15,47
Média Geral	-	3,02	0,3361	11,3077	1,2492	3,5830	0,3965
FV	GL	Quadrados Médios - fruto					
		Si	Ca	Mg			
Cultivar	1	1,4326*	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0185 <sup>ns</sup>			
Doses de silicato de cálcio	4	5,9095*	0,1196*	0,0231*			
Interação	4	0,5430*	0,0490*	0,0144 <sup>ns</sup>			
Bloco	3	0,0532	0,0142	0,0247			
Resíduo	27	0,1864	0,0064	0,0057			
CV (%)	-	9,91	5,55	5,66			
Média Geral	-	4,36	1,44	1,34			

**Tabela 7.** Desdobramento do teor de Si, Ca e Mg de folhas e frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Mg folha			
		Ivety		Natália	
B1	1	0,8323*		0,0212 <sup>ns</sup>	
B2	1	0,0019 <sup>ns</sup>		0,4608*	
Desvio	2	0,0177		0,1299	
Erro	27	0,0508		0,0507	

FV	GL	Si fruto		Ca fruto		Mg fruto
		Ivety	Natália	Ivety	Natália	
B1	1	8,2084*	12,0560*	0,1370*	0,3540*	0,0775*
B2	1	3,1873*	0,0138 <sup>ns</sup>	0,0254 <sup>ns</sup>	0,0466*	0,0027 <sup>ns</sup>
Desvio	2	0,6029	0,5693	0,0119	0,0437	0,0061
Erro	27	0,1864	0,1864	0,0064	0,0064	0,0057

## ARTIGO II

**Tabela 1.** Resumo de análise de variância da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACI*) em dois híbridos de tomateiro aos 17 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>
Cultivar	1	0,0188 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	375,8947 <sup>ns</sup>	1,6711 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	5,5796 <sup>ns</sup>	0,0053 <sup>ns</sup>	738,7383 <sup>ns</sup>	1,8747 <sup>ns</sup>
Interação	4	2,7643 <sup>ns</sup>	0,0049 <sup>ns</sup>	616,8269 <sup>ns</sup>	0,3341 <sup>ns</sup>
Bloco	3	101,3475	0,0146	1928,2506	11,0053
Resíduo	27	15,2745	0,0063	296,6831	1,6789
CV (%)	-	14,37	24,86	7,52	16,26
Média Geral	-	27,19	0,3199	229,02	7,97

FV	GL	Quadrados Médios		
		<i>EUA</i>	<i>EiUA</i>	<i>ACI</i>
Cultivar	1	0,2017 <sup>ns</sup>	110,4372 <sup>ns</sup>	0,000035 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,1294 <sup>ns</sup>	311,1094 <sup>ns</sup>	0,000156 <sup>ns</sup>
Interação	4	0,0307 <sup>ns</sup>	222,4493 <sup>ns</sup>	0,000190 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,2081	535,5243	0,003553
Resíduo	27	0,0632	123,8797	0,000262
CV (%)	-	7,31	12,66	13,43
Média Geral	-	3,43	87,9326	0,12

**Tabela 2.** Resumo de análise de variância da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) em dois híbridos de tomateiro aos 58 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>
Cultivar	1	7,0131 <sup>ns</sup>	0,0033 <sup>ns</sup>	57,8987 <sup>ns</sup>	0,5665 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	22,0590*	0,0217*	197,8411 <sup>ns</sup>	1,7208*
Interação	4	2,7981 <sup>ns</sup>	0,0072 <sup>ns</sup>	335,8955 <sup>ns</sup>	0,2595 <sup>ns</sup>
Bloco	3	9,4490	0,0052	506,4637	1,9937
Resíduo	27	4,9757	0,0065	357,5387	0,4475
CV (%)	-	14,34	26,55	6,90	18,65
Média Geral	-	15,55	0,30	273,91	3,59

FV	GL	Quadrados Médios		
		<i>EUA</i>	<i>EiUA</i>	<i>ACi</i>
Cultivar	1	0,0040 <sup>ns</sup>	3,7886 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,3607 <sup>ns</sup>	126,2247 <sup>ns</sup>	0,0003*
Interação	4	0,4799 <sup>ns</sup>	124,6214 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Bloco	3	1,0691	120,4224	0,0002
Resíduo	27	0,4357	145,2210	0,0001
CV (%)	-	14,81	22,22	16,28
Média Geral	-	4,46	54,22	0,06

**Tabela 3.** Desdobramento da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração foliar (*E*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) em dois híbridos de tomateiro aos 58 DAT, submetido a doses de cálcio

FV	GL	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>ACi</i>
B1	1	78,9735*	0,0613*	5,7274*	0,00094*
B2	1	1,3923 <sup>ns</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>	0,0961 <sup>ns</sup>	0,00007 <sup>ns</sup>
Desvio	2	3,9352	0,0117	0,5299	0,00004
Erro	27	4,9757	0,0065	0,4475	0,00009

**Tabela 4.** Resumo de análise de variância da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), transpiração foliar (*E*), eficiência do uso da água (*EUA*), eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea de carboxilação (*ACi*) em dois híbridos de tomateiro aos 78 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>
Cultivar	1	480,3502*	0,0075 <sup>ns</sup>	5868,1186*	1,2413 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	12,2122 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>	128,8919 <sup>ns</sup>	0,2839 <sup>ns</sup>
Interação	4	2,8719 <sup>ns</sup>	0,0026 <sup>ns</sup>	295,3118 <sup>ns</sup>	0,4913 <sup>ns</sup>
Bloco	3	32,2058	0,0077	682,1287	2,3105
Resíduo	27	32,4997	0,0053	648,6994	0,3165
CV (%)	-	20,32	19,15	9,05	17,42
Média Geral	-	28,05	0,3796	281,5020	3,2296

FV	GL	Quadrados Médios		
		<i>EUA</i>	<i>EiUA</i>	<i>ACi</i>
Cultivar	1	12,7214*	1546,9402*	0,0109*
Doses de silicato de cálcio	4	1,0281 <sup>ns</sup>	30,9138 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>
Interação	4	3,9451 <sup>ns</sup>	124,4155 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Bloco	3	7,1120	208,8788	0,0008
Resíduo	27	2,7754	211,9314	0,0008
CV (%)	-	18,70	19,43	27,24
Média Geral	-	8,9084	74,92	0,1024

**Tabela 5.** Resumo de análise de variância das clorofilas *a*, *b* e total e índice SPAD em dois híbridos de tomateiro aos 17 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		Clorofila			SPAD
		<i>a</i>	<i>b</i>	Total	
Cultivar	1	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0006 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	3,3062 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	13,1065*
Interação	4	0,0007 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	6,3712 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0006	0,0007	0,0025	1,4582
Resíduo	27	0,0012	0,0004	0,0022	3,0032
CV (%)	-	22,65	44,50	23,50	3,75
Média Geral	-	0,1519	0,046	0,1979	46,2275

**Tabela 6.** Resumo de análise de variância das clorofilas *a*, *b* e total e índice SPAD em dois híbridos de tomateiro aos 58 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		Clorofila			SPAD
		<i>a</i>	<i>b</i>	Total	
Cultivar	1	0,0011 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0019 <sup>ns</sup>	43,6810 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,0315*	0,0043*	0,0591*	386,1406*
Interação	4	0,0066 <sup>ns</sup>	0,0019 <sup>ns</sup>	0,0141 <sup>ns</sup>	148,3191*
Bloco	3	0,0037	0,0006	0,0063	64,6070
Resíduo	27	0,0039	0,0007	0,0072	64,6070
CV (%)	-	17,73	15,72	16,52	7,12
Média Geral	-	0,3502	0,1634	0,5136	63,6750

**Tabela 7.** Resumo de análise de variância das clorofilas *a*, *b* e total e índice SPAD em dois híbridos de tomateiro aos 78 DAT, submetidos a doses de silicato de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		Clorofila			SPAD
		<i>a</i>	<i>b</i>	Total	
Cultivar	1	0,0031 <sup>ns</sup>	0,0022 <sup>ns</sup>	0,0105 <sup>ns</sup>	6,9722 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	0,0031 <sup>ns</sup>	0,0010 <sup>ns</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>	93,7452*
Interação	4	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	26,3672 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0019	0,0003	0,0037	14,4129
Resíduo	27	0,0020	0,0005	0,0041	29,4355
CV (%)	-	31,95	29,23	29,42	8,44
Média Geral	-	0,1392	0,0783	0,2174	64,2725

**Tabela 8.** Desdobramento de clorofila *a*, *b*, total e índice SPAD aos 58 DAT em dois híbridos de tomateiro aos 58 DAT, submetido a doses de cálcio

FV	GL	Clorofilas ao 58 DAT			SPAD 58 DAT	
		<i>a</i>	<i>b</i>	Total	Ivety	Natália
B1	1	0,1012*	0,0128*	0,1860*	199,8090*	1434,0062*
B2	1	0,0229*	0,0045*	0,0378*	0,3457 <sup>ns</sup>	335,6502*
Desvio	2	0,0009	0,0001	0,0014	8,0086	76,0053
Erro	27	0,0038	0,0007	0,0072	20,5627	20,5627

**Tabela 9.** Resumo de análise de variância de produtividade de frutos normais (PN), produtividade de frutos não comercial (PNC) e produtividade total de frutos (PT) de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios		
		PN	PNC	PT
Cultivar	1	0,99 <sup>ns</sup>	36,86*	33,20*
Doses de silicato de cálcio	4	7,38 <sup>ns</sup>	3,92*	7,56 <sup>ns</sup>
Interação	4	5,91 <sup>ns</sup>	1,772 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>
Bloco	3	2,54	2,32	4,08
Resíduo	27	4,95	1,41	5,22
CV (%)	-	16,78	27,48	13,15
Média Geral	-	13,26	4,32	17,37

**Tabela 10.** Desdobramento de índice SPAD aos 17 e 78 DAT e produtividade de frutos não comercial (PNC) em dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios		
		SPAD 17 DAT	SPAD 78 DAT	PNC
B1	1	50,8805*	126,0002*	10,8045*
B2	1	1,2326 <sup>ns</sup>	134,2032 <sup>ns</sup>	3,3604 <sup>ns</sup>
Desvio	2	0,2326	57,3879	0,7630
Erro	27	3,0032	29,4355	1,4066

### ARTIGO III

**Tabela 1.** Resumo de análise de variância respiração de frutos (CO<sub>2</sub>), etileno (Eti), firmeza (F), número de lóculos (NL), atividade da poligalacturonase (POLI), teor de carotenóides totais (CARO), licopeno (LICO) e compostos fenólicos (CF) de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios							
		CO <sub>2</sub>	ETI	F	NL	POLI	CARO	LICO	CF
Cultivar	1	77,42*	0,67 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	5,78*	2329,71*	0,00001 <sup>ns</sup>	188,83*	9,52*
Doses de silicato de cálcio	4	3,21*	8,44*	0,02 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	38,72*	0,000004 <sup>ns</sup>	8,04*	16,93*
Interação	4	0,21 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	15,96 <sup>ns</sup>	0,000004 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	6,28*
Bloco	3	0,05	0,04	0,05	0,90	24,81	0,00001	0,15	1,93
Resíduo	27	0,25	0,71	0,07	0,57	7,74	0,000004	0,30	0,68
CV (%)	-	9,25	37,59	11,08	19,30	20,20	20,08	2,35	3,38
Média Geral	-	5,43	2,25	2,27	3,90	13,77	0,01	23,15	24,43

**Tabela 2.** Desdobramento de CO<sub>2</sub>, ETI, POLI, LICO e CF de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	CO <sub>2</sub>	ETI	POLI	LICO	CF	
						Ivety	Natália
B1	1	10,91*	30,94*	146,30*	29,33*	72,92*	4,59*
B2	1	1,41*	0,69 <sup>ns</sup>	5,57 <sup>ns</sup>	1,36*	1,00 <sup>ns</sup>	11,62*
Desvio	2	0,26	1,07	1,50	0,74	1,20	0,16
Erro	27	0,25	0,71	7,74	0,30	0,68	0,68

**Tabela 3.** Resumo de análise de variância sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA) de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios			
		SS	pH	AT	AA
Cultivar	1	0,1221*	0,0054*	0,0005 <sup>ns</sup>	8,8465*
Doses de silicato de cálcio	4	0,0186*	0,0208*	0,0014*	4,8703*
Interação	4	0,0156*	0,0099*	0,0003 <sup>ns</sup>	0,0269 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,0027	0,0003	0,0004	0,0911
Resíduo	27	0,0032	0,0004	0,0003	0,1265
CV (%)	-	1,15	0,46	5,07	1,66
Média Geral	-	4,90	4,24	0,32	21,49

**Tabela 4.** Desdobramento de SS, pH, AT e AA de frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	SS		pH		AT	AA
		Ivety	Natália	Ivety	Natália		
B1	1	0,0570*	0,0027 <sup>ns</sup>	0,1104*	0,0038*	0,0048*	17,4341*
B2	1	0,0054 <sup>ns</sup>	0,0693*	0,0026*	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	0,3851 <sup>ns</sup>
Desvio	2	0,0008	0,0004	0,0026	0,0005	0,0003	0,8310
Erro	27	0,0032	0,0032	0,0004	0,0004	0,0003	0,1265

**Tabela 5.** Resumo de análise de variância do teor de silício (Si) e cálcio (Ca) em frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Quadrados Médios	
		Si	Ca
Cultivar	1	1,4326*	0,0010 <sup>ns</sup>
Doses de silicato de cálcio	4	5,9095*	0,1196*
Interação	4	0,5430*	0,0490*
Bloco	3	0,0532	0,0142
Resíduo	27	0,1864	0,0064
CV (%)	-	9,91	5,55
Média Geral	-	4,36	1,44

**Tabela 6.** Desdobramento do teor de Si e Ca em frutos de dois híbridos de tomateiro submetido a doses de cálcio

FV	GL	Si		Ca	
		Ivety	Natália	Ivety	Natália
B1	1	8,2084*	12,0560*	0,1370*	0,3540*
B2	1	3,1873*	0,0138 <sup>ns</sup>	0,0254 <sup>ns</sup>	0,0466*
Desvio	2	0,6029	0,5693	0,0119	0,0437
Erro	27	0,1864	0,1864	0,0064	0,0064