

RAPHAEL OLIVEIRA DE MELO

**USO DA FERTILIZAÇÃO FOLIAR COM Ca E B NA PRODUÇÃO E  
PÓS-COLHEITA DE TOMATE *SWEET GRAPE* EM CULTIVO  
HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa – Câmpus Viçosa

T

M528u  
2017

Melo, Raphael Oliveira de, 1991-  
Uso da fertilização foliar com Ca e B na produção e pós-  
colheita de tomate *Sweet Grape* em cultivo hidropônico / Raphael  
Oliveira de Melo. – Viçosa, MG, 2017.  
ix, 78f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Hermínia Emília Prieto Martinez. Dissertação  
(mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Inclui  
bibliografia.

1. Tomate. 2. Planta-Nutrição. 3. Hidroponia.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.  
Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 635.642

RAPHAEL OLIVEIRA DE MELO

**USO DA FERTILIZAÇÃO FOLIAR COM Ca E B NA PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DE TOMATE *SWEET GRAPE* EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de julho de 2017.



Derly José Henriques da Silva



Carlos Eduardo Magalhães dos Santos



Maribus Atoé Baldotto



Hermínia Emília Prieto Martínez  
(Orientadora)

A Deus luz em nossos caminhos.

Aos meus pais, meu espelho.

A todos os familiares e amigos que certamente se alegram por essa conquista.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido a fé e saúde, que me trouxe perseverança e inspiração

Aos meus pais José Eustáquio e Maria Cristina por nunca terem medido esforços para promover minha educação e crescimento humano.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio através da concessão da bolsa de estudos.

À professora Hermínia Martinez, por sempre me motivar, e pelos seus grandes gestos de simplicidade, competência e atenciosidade.

Aos professores Derly José, Antônio Policarpo e Adilson Castro pelas valiosas e pontuais sugestões durante o trabalho, sobre tudo no período de planejamento do trabalho.

Aos professores Marihus Baldotto e Lílian Baldotto, pelos conselhos e ensinamentos antes e durante a minha minha pós graduação, e pela amizade que ainda se perdura após a conclusão do curso de Agronomia.

Ao técnico de laboratório Edimaldo Garcia, por sua grande ajuda no planejamento e na árdua execução da montagem do sistema hidropônico utilizado nos experimentos.

A todos amigos que me ajudaram na execução deste trabalho em especial, Silvane Campos e Otto Dietrich.

A minha namorada Hend Oliveira pela motivação e companheirismo.

A minha família que sempre acreditou na minha capacidade, e sempre torceu muito para meu êxito durante o experimento

Ao grupo Agro<sup>®</sup> por ter aberto suas portas para as visitas técnicas que me despertaram interesse e vivência prática no cultivo hidropônico de tomates. Estendo meus agradecimentos a Agro mudas por produzirem as mudas utilizadas nos experimentos.

A Sakata Sudamerica<sup>®</sup> por ter autorizado o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa com a variedade *Sweet Grape*.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o êxito deste trabalho, meus sinceros agradecimento.

## SUMÁRIO

Resumo .....	vi
Abstract .....	viii
<b>1. Introdução geral .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão de literatura .....</b>	<b>3</b>
2.1. O Mini tomate .....	3
2.2. Mecanismos de absorção foliar de nutrientes .....	4
<b>3. Referências bibliográficas .....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 1: Uso da fertilização foliar com Ca na produção e pós-colheita de tomate <i>Sweet Grape</i> em cultivo hidropônico.....</b>	<b>8</b>
Resumo .....	8
Abstract .....	10
1. Introdução .....	12
2. Material e métodos .....	14
2.1. Avaliações .....	18
2.1.1. Produção .....	18
2.1.2. Qualidade pós colheita .....	20
2.1.3. Estado nutricional das plantas .....	20
3. Resultados e discussão .....	21
3.1. Produção .....	21
3.2. Qualidade pós colheita .....	28
3.2.1. Firmeza .....	28
3.2.2. Teor de sólidos solúveis .....	30
3.2.3. pH .....	31
3.2.4. Acidez titulável .....	31
3.2.5. Relação sólidos solúveis e acidez titulável .....	32
4. Conclusões .....	36
5. Referências bibliográficas .....	37
6. Anexos .....	42
<b>Capítulo 2: Uso da fertilização foliar com B na produção e pós-colheita de tomate <i>Sweet Grape</i> em cultivo hidropônico.....</b>	<b>45</b>
Resumo .....	45
Abstract .....	46
1. Introdução .....	47
2. Material e métodos .....	48
2.1. Avaliações .....	52
2.1.1. Produção .....	52
2.1.2. Qualidade pós colheita .....	53
2.1.3 Estado nutricional das planta .....	53
3. Resultados e discussão .....	55
3.1. Produção .....	55
3.2. Qualidade pós colheita .....	62
3.2.1. Firmeza .....	62
3.2.2. Teor de sólidos solúveis .....	64
3.2.3. pH .....	64

3.2.4. Acidez titulável .....	64
3.2.5. Relação sólidos solúveis e acidez titulável .....	65
4. Conclusões .....	68
5. Referências bibliográficas .....	69
6. Anexos .....	74

## RESUMO

MELO, Raphael Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2017. **Uso da fertilização foliar com Ca e B na produção e pós-colheita de tomate *Sweet Grape* em cultivo hidropônico.** Orientadora: Hermínia Emília Prieto Martinez.

O cálcio (Ca) e o Boro (B) são nutrientes indispensáveis para o crescimento das plantas. No tomateiro esses elementos apresentam baixa mobilidade, e o seu transporte na planta são dependente da transpiração. A função desses elementos está associada principalmente com a rigidez estrutural da parede celular, integridade da membrana plasmática, divisão celular e estimulação da germinação de grão de pólen, e crescimento do tubo polínico nas flores. A insuficiência desses elementos nas plantas acarreta queda da produção e diminuição da qualidade pós colheita dos frutos. Para suprir esses elementos, produtos à base de Ca e B estão sendo aplicados via foliar, pois podem fornecer rapidamente esses nutrientes em estádios fenológicos onde uma alta demanda de Ca e B coincide com a oferta inadequada desses nutrientes absorvidos através das raízes. O trabalho foi dividido em dois experimentos, com objetivos semelhantes. O primeiro avaliou a aplicação foliar de distintas fontes e frequências de aplicação de fertilizantes foliares comerciais contendo cálcio em condições de suficiência ou deficiência desse elemento na solução nutritiva e seus possíveis efeitos na produção e conservação pós colheita do tomate *Sweet Grape*. No segundo experimento estudou-se o efeito da pulverização foliar distintas de fontes e frequências de aplicação de fertilizantes foliares comerciais contendo boro em condições de suficiência ou deficiência desse elemento nas mesmas características avaliadas no primeiro experimento. Os resultados obtidos no primeiro experimento sugerem que a aplicação dos adubos foliares contendo cálcio independentemente das doses de Ca fornecidas na solução nutritiva aumentam a produção de frutos não ocorrendo distinção de efeitos na aplicação das fontes, bem como com sua frequência de aplicação. No entanto, os resultados demonstraram que o uso de ambos fertilizantes foliares não foi capaz de substituir a fertilização via radicular em condição de insuficiência de Ca na solução nutritiva. Neste mesmo experimento foi possível observar que a adubação foliar com cálcio conservou por maior tempo a firmeza dos frutos, mas não alterou suas características químicas. Isso ocorreu para ambos os fertilizantes foliares utilizados. No segundo experimento os resultados obtidos demonstram que a fertilização foliar com B só foi eficiente na condição de insuficiência desse elemento na solução nutritiva, não havendo distinção de efeitos entre as fontes de boro, assim como com sua frequência de

aplicação. Além disso o uso desses fertilizantes foliares foi capaz de substituir a fertilização via radicular na condição de insuficiência de B na solução nutritiva. O uso dos diferentes adubos foliares de B, com as duas frequências de aplicação, afetou os atributos de qualidade pós colheita dos frutos somente quando foi fornecida a dose insuficiente de B na solução nutritiva.

## ABSTRACT

MELO, Raphael Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Use of foliar fertilization with Ca and B in production and post-harvest of Sweet Grape tomato in hydroponic cultivation.** Adviser: Hermínia Emília Prieto Martinez.

Calcium (Ca) and boron (B) are essential nutrients for plant growth. These elements are immobile in tomato and their transport in the plant is dependent on transpiration. Their function in the plant is mainly associated with the structural rigidity of the cell wall, plasma membrane integrity, cell division, stimulation of pollen grain germination, and pollen tube growth in the flowers. The insufficiency of these elements in the plants leads to production decrease and reduction in the post-harvest quality of the fruits. Fertilizers based on Ca and B have been used through foliar application in order to supply these elements, as they can rapidly provide these nutrients at phenological stages where a high demand of Ca and B in flowers and fruits coincides with the inadequate supply of these nutrients absorbed by the roots. The study was divided into two experiments with similar objectives. The first one evaluated the foliar application of different commercial sources of calcium and their frequencies application under conditions of sufficiency or deficiency of this element in the nutrient solution, and its possible effects on the production and post-harvest conservation of Sweet Grape tomato. The second experiment evaluated the effects of foliar application of different commercial sources of boron, the same way of the first experiment. The results obtained in the first experiment suggest that the application of foliar calcium fertilizers independently of the Ca doses provided in the nutritive solution positively affects the fruit production, with no distinction between their frequency of application. However, the use of both foliar fertilizers was not able to substitute root fertilization in the condition of Ca deficiency in the nutrient solution. In the same experiment, the foliar fertilization with calcium preserved for a longer time the firmness of the fruits, but did not alter the chemical characteristics of the fruits. This occurred for both foliar fertilizers used. In the second experiment, the results demonstrated that foliar fertilization with B is effective only in the condition of insufficiency of this element in the nutrient solution. There was no distinction of effects in the application of the two different sources of boron, as well as in its frequency of application. Furthermore, the use of foliar fertilizers was able to substitute root fertilization in the condition of B insufficiency in the nutrient solution. The use of

different B-based foliar fertilizers with the different frequencies of application affect the post-harvest quality of Sweet Grape tomato fruits.

## 1. Introdução Geral

O aumento da demanda por tomates fez com que sua produção mundial aumentasse em cerca de 40% durante os últimos dez anos (FAO 2014). Para atender essa tendência do mercado alimentício, a produtividade e a qualidade do tomateiro aumentou através do surgimento de cultivares com alto potencial produtivo, resistência à determinadas pragas e doenças e boa qualidade pós-colheita, que estão sendo cultivados em associação a intensificada utilização de insumos.

Embora tenha sido verificado crescente aumento da produtividade e qualidade do tomate nas diferentes regiões do planeta, essa tendência não é homogênea em todas as regiões produtoras (FAO 2014). Um dos fatores que regulam essa heterogeneidade da produção é o diferente grau de investimento em tecnologia na lavoura. Dentre as oportunidades tecnológicas aplicáveis na produção do tomate, está o uso de cultivares melhoradas, associado à otimização dos demais fatores de produção, sendo que o manejo da água e o equilíbrio nutricional são considerados os principais fatores que determinam o sucesso de seu cultivo, pois influenciam o metabolismo basal das plantas, e a fisiologia do crescimento, podendo também ter efeito secundário sobre a resistência das plantas ao ataque de pragas e doenças (MARSCHNER, 2012). Dentre os sistemas utilizados para a produção do tomateiro, o cultivo hidropônico possibilita a maior uniformidade e eficiência na aplicação de água e nutrientes (ALVARENGA, 2013). Somam-se, também, outras motivações em relação a esse sistema de cultivo dentre elas: diminuição de perdas econômicas e impactos ambientais causados pela lixiviação de água e nutrientes, maior controle de fatores ambientais, maior facilidade de execução dos tratamentos culturais e menor incidência de pragas e doenças, favorecendo o desenvolvimento das plantas e elevando os patamares de produtividade e qualidade (MARTINEZ e SILVA FILHO, 2006).

Em um sistema hidropônico todos os nutrientes fornecidos devem ser aplicados em doses compatíveis às exigências de cada cultura e de acordo com a fase de desenvolvimento (JARECKI et al., 2005), sendo que a produtividade aumenta linearmente com a quantidade de nutrientes que é absorvida até alcançar a faixa na qual ocorre o consumo de luxo (MARSCHNER, 2012).

Dentre os elementos essenciais o cálcio (Ca) e o boro (B) exercem funções que interagem para a boa estruturação, desenvolvimento e produção das plantas. Na cultura do tomateiro o papel desses elementos é notório, e sua falta desencadeia sérios problemas de limitação ao desenvolvimento das plantas e originam os distúrbios fisiológicos

danosos aos frutos com sintomas típicos de podridão apical e lóculo aberto (LIEBISCH et al., 2009). Além disso esses nutrientes são determinantes para qualidade pós colheita dos frutos podendo estabelecer sua vida de prateleira. Assim pesquisas visando aumentar os teores desses nutrientes nos frutos têm sido intensificadas (ISLAM et al., 2016).

Em certas condições ambientais os elementos Ca e B podem se apresentar deficientes nas plantas mesmo em condições de suficiência na rizosfera, em razão da baixa redistribuição desses nutrientes no floema. Neste caso, esses elementos são transportados unidirecionalmente pelo xilema, dependendo de condições ambientais que favoreçam o desenvolvimento da transpiração, como baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas e intensidade luminosa (BRADFIELD e GUTTRIDGE, 1984).

O tomateiro têm desenvolvimento vegetativo e reprodutivo muito acelerado (ALVARENGA, 2013), com folhas de superfície transpirante muito maior do que a dos tecidos meristemáticos e principalmente a dos frutos, fazendo com que o cálcio e o boro sejam mais depositados nestes locais, e por isso as deficiências desses elementos afetam principalmente as regiões em crescimento como frutos e meristemas. Além dessa competição entre fonte e dreno, há também a competição entre os drenos devido à sequência de abertura floral no cacho, sendo que frutos formados primeiro, proximais, são drenos mais fortes e crescem mais que os frutos distais. Há que considerar, ainda, que com a rápida expansão celular dos frutos, aumenta-se a competição pela chegada do cálcio e do boro na parte distal dos frutos (BELLALLOUI e BROWN 1998; ADAMS e HO, 1993).

A justificativa relevante para o uso de fertilizantes foliares de Ca e B na cultura do tomateiro decorre da premissa de que eles oferecem uma vantagem específica sobre os fertilizantes de solo em determinados estádios fenológicos da cultura, quando uma alta demanda de nutrientes nos frutos coincide com a oferta inadequada destes nutrientes (FERNANDEZ et al., 2015). Segundo Carrasco-Gil et al. (2016) a suplementação com nutrientes feita através da aplicação de fertilizantes direcionados as folhas ocorre de forma mais rápida em comparação ao fornecimento feito pelo solo. A utilização de fertilizantes foliares contendo Ca e B aplicados no tomateiro em determinados estágios fenológicos ou em certas condições ambientais já é prática adotada por tomaticultores, visando o aumento de produção e a qualidade dos frutos (GONDIM et al., 2014; COOLONG et al., 2014). O suprimento de nutrientes por meio da adubação foliar é de fácil aplicação e apresenta custos relativamente baixos, além de ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados pelos produtores na aplicação de outros produtos,

tais como inseticidas e fungicidas (SORATTO et al., 2011). Entretanto, sabe-se pouco sobre as situações nas quais os fertilizantes foliares podem complementar a fertilização via radicular, dada a existência de controvérsia nos resultados obtidos em relação ao potencial dessa tecnologia, resultante em parte, da compreensão inadequada dos efeitos propiciados por distintas formulação químicas dos fertilizantes bem como do efeito das suas diferentes frequências de aplicação (FERNANDEZ et al., 2015).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de distintas fontes e frequências de aplicação de fertilizantes foliares comerciais contendo cálcio e boro em condições de suficiência ou deficiência desses elementos na solução nutritiva e seus possíveis efeitos nos componentes de produção e qualidade pós colheita do tomate *Sweet Grape* produzido em hidroponia.

Para atingir os objetivos, foram realizados dois experimentos em casa de vegetação e os resultados são apresentados em dois capítulos:

Capítulo 1: Produção e qualidade pós-colheita do tomate *Sweet grape* produzido sob adubação foliar com cálcio

Capítulo 2: Produção e qualidade pós-colheita do tomate *Sweet grape* produzido sob adubação foliar com boro

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1 O mini tomate**

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça de grande importância comercial e cultural em todo o mundo, com mercado crescente e impactante (FAO 2014). Desde o século XIX, quando foi introduzido no Brasil por imigrantes europeus, o tomate tem grande aceitação e difusão entre os brasileiros e tornou-se a hortaliça de fruto mais cultivada e consumida no Brasil, perfazendo a típica salada no prato dos brasileiros (ALVARENGA, 2013)

O melhoramento genético, recentemente, tem buscado aperfeiçoar atributos de qualidade do fruto, como textura, cor, formato, acidez e teor de sólidos solúveis com intuito de estimular ainda mais o consumo dessa hortaliça (MACIEL et al., 2016). Variedades do grupo dos mini tomates como grape e cereja são grande exemplo do melhoramento, e desde sua introdução no mercado seu consumo vêm aumentando e se

difundindo em todo o país, sendo considerado no mercado um segmento de ``tomates especiais`` (MACIEL et al., 2016; TAKAHASHI e CARDOSO 2015).

O mini tomate chama a atenção pelo tamanho reduzido de seus frutos, tipicamente arredondados ou alongados, biloculares, dispostos na planta em cachos com mais de 15 frutos (ROCHA et al., 2010). O híbrido *Sweet Grape* vem se destacando no mercado, por ser uma cultivar altamente produtiva que se adaptou bem as condições climáticas da região Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil, e que possui alto teor de sólidos solúveis e baixa acidez. Além disso apresenta boa conservação da qualidade pós colheita (PRECZENHAK et al., 2014; HEATH, 2012).

O cultivo do tomate é de alto risco, devido à exigência de constantes cuidados fitotécnicos, com alta sensibilidade a desordens fisiológicas em função do clima, status hídrico, nutrição mineral além de ataque de pragas e doenças. Dessa forma, devido seu alto valor comercial que possibilita a obtenção de produtos de melhor qualidade, quando comparado à produção em campo aberto, os mini tomates são amplamente cultivados em sistemas protegidos, em especial em sistemas hidropônicos, com uso de substratos (MACIEL et al., 2016).

## **2.2. Mecanismo de absorção foliar de nutrientes**

Uma opção para fornecimento de nutrientes em situações em que absorção via sistema radicular não seja satisfatória, consiste na aplicação de fertilizantes via foliar. Como as raízes, as folhas têm capacidade de absorver os nutrientes depositados em sua superfície (MARSCHNER, 2012). Desta forma a adubação foliar é utilizada na agricultura como ferramenta auxiliar da fertilização através do solo, sendo que o uso desta tecnologia se intensificou nos últimos anos (FERNADEZ et al., 2015).

A fertilização foliar é aplicada no mundo inteiro, em diferentes culturas, e é indicada principalmente para corrigir deficiências eventuais dentro do ciclo da planta; fornecer micronutrientes em solos que apresentem teores baixos dos mesmos; disponibilizar rapidamente nutrientes em estádios fenológicos onde uma alta demanda coincide com a oferta inadequada desses nutrientes, sobre tudo com elementos que apresentam baixa mobilidade nas plantas; e fornecer nutrientes em cobertura quando há impossibilidade de aplicação mecânica no solo (FERNANDEZ et al., 2015).

Para que o nutriente possa entrar no citoplasma, este deve atravessar a cutícula foliar, a parede celular e a membrana plasmática (FERNANDEZ e EICHERT 2009).

Estruturas epidérmicas, como estômatos e tricomas, que estão presentes na superfícies de folhas e frutos, são permeáveis as soluções aplicadas (FERNANDEZ et al., 2015), de acordo com estes mesmo autores, o nutriente, chegando ao citoplasma celular, pode atravessar o tonoplasto para chegar ao vacúolo, ou pode translocar-se para outras células por via de plasmodesmas, até chegar ao floema e, daí, ser transportado para os locais de consumo.

A absorção dos nutrientes aplicados via fertilizantes foliares pode ser influenciada por fatores inerentes às plantas, às soluções aplicadas como fertilizantes e a fatores ambientais (FERNANDEZ et al., 2015).

A absorção de nutrientes pelas as plantas, é favorecida em folhas com cutículas finas e alta frequência de estômatos em sua superfície (FAGERIA et al., 2009). A presença de ceras e cutina que fazem parte da composição química das folhas são consideradas empecilhos para absorção de nutrientes, uma vez que dificulta o molhamento e a consequente penetração dos nutrientes em solução aquosa, na superfície epidérmica (FERNANDEZ e EICHERT, 2009). A idade da folha também interfere na absorção, as folhas mais jovem possuem maior capacidade de absorção que as folhas mais velhas (ZHANG e BROWN, 1999).

A eficiência dos fertilizantes foliares pode ser aumentada através da mistura de agentes surfactantes e molhantes nas soluções. O uso dessas substancias aumenta a retenção da solução na folha e retarda o processo de secagem além de diminuir a tensão superficial das gotas, promovendo melhor distribuição das gotas, nas folhas e frutos (BLANCO et al., 2010). O efeito do pH também pode interferir na absorção dos fertilizantes, pois os cátions são melhor absorvidos em pH mais altos e os ânions em pH mais baixos (CHAMEL e VITTON, 1996).

Os fatores ambientais tais como a alta intensidade de ventos, baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas são responsáveis por aumentar a evaporação da solução sobre a folha, comprometendo o potencial da fertilização foliar. Por outro lado a alta disponibilidade de água na planta e altas intensidades luminosas no ambiente favorecem o desempenho da fertilização foliar (FERNANDEZ et al., 2015)

### 3. Referências bibliográficas

ADAMS, P.; HO, L. C (1993). Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. **Plant and Soil** v. 154: p.127-132.

ALVARENGA, M. A. R (2013). **Tomate: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 455 p.

BELLALOU, N.; BROWN, P.H (1998). Cultivar differences in boron uptake and distribution in celery (*Apium graveolins*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and wheat (*Triticum aestivum*). **Plant and Soil**, v. 198, p.153-158.

BLANCO, A.; FERNANDEZ, V.; VAL, J (2010). Improving the performance of calcium-containing spray formulations to limit the incidence of bitter pit in apple (*Malus x domestica borkh*). **Scientia Horticulturae**, v. 127, p. 23-28.

BRADFIELD, E.G.; GUTTRIDGE, C.G (1984). Effects of night-time humidity and nutrient solution concentration on the calcium content of tomato fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 22, p.207-217.

CHAMEL, A.; VITTON, N (1996). Sorption and diffusion of <sup>14</sup>C-atrazine through isolated plant cuticles. **Chemosphere**, v. 33, p. 995-1003.

CARRASCO-GIL, S.; RIOS, J.J.; ALVAREZ-FERNANDEZ, A.; ABADÍA, A.; GARCÍA-MINA, J.M.; ABADÍA, J (2016). Effects of individual and combined metal foliar fertilisers on iron- and manganese-deficient *Solanum lycopersicum* plants. **Plant Soil**, v.402, p. 27–45.

COOLONG, T.; MISHRA, S.; BARICKMAN, C.; SAMS, C (2014). Impact of supplemental calcium chloride on yield, quality, nutrient status, and postharvest attributes of tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v.37, p.2316-2330.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C.M (2009). Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 1044-1064.

FAO Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Produção mundial de tomates frescos**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>>. Acesso em: 10 julho 2017.

FERNANDEZ, V.; EICHERT, T (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 28, p. 36-68.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P (2015). **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. -- São Paulo: Abisolo.

GONDIM, A.R.O.; PRADO, R.M.; FILHO, A.B.C.; ALVES, A.U.; CORREIA, M.A.R (2014). Boron foliar application in nutrition and yield of beet and tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, p. 1573-1579.

HEATH, D.W (2012). US *Patent* 8,097,792. Disponível em <https://www.google.com/patents/US7816583>, acessado em 18 de abril de 2017.

ISLAM, M.Z.; MELE, M.A.; BAEK, J.P.; KANG, H.M (2016). cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. **Horticulture Environment Biotechnology**, v.57, p.46-52

JARECKI, M.; CHONG, C.; VORONEY, R (2005). Evaluation of compost leachates for plant growth in hydroponic culture. **Journal of Plant Nutrition**, v.28 p.651-667.

LIEBISCH, F.; MAX, J.F.J.; HEINE G.; HORST, W.J (2009). Blossom-end rot and fruit cracking of tomato grown in net-covered greenhouse in Central Thailand can partly be corrected by calcium and boron sprays. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.172 p.140–150.

MACIEL, G. M.; FERNANDES, M. A. R.; MELO, O. D.; OLIVEIRA, C. S (2016). Potencial agrônômico de híbridos de minitomate com hábito de crescimento determinado e indeterminado. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 144-148.

MARTINEZ, H.E.P.; SILVA FILHO, J.B (2006). **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: UFV, 2006.

MARSCHNER, P. (2012). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. Ed. London: Academic Press: 651p.

PEREIRA, H.S.; MELLO, S.C. (2002). Aplicações de fertilizantes foliares na nutrição e na produção do pimentão e do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 597-600.

PRECZENHAK, A. P.; RESENDE, J. T. V.; CHAGAS, R. R.; SILVA, P. R.; SCHWARZ, K.; MORALES, R. G. F (2014). Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p.348- 356.

ROCHA, M.Q.; PEIL, R.M.N.; COGO, C.M (2010). Rendimento do tomate cereja em função do cacho foral e da concentração de nutrientes em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.466-471.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C.; SOUSA-SCHLICK, G. D (2011). Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, p. 2019- 2028.

TAKAHASHI, K.; CARDOSO, A. I (2015). Produção e qualidade de mini tomate em sistema orgânico com dois tipos de condução de hastes e poda apical. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 515–520.

ZHANG, Q. L.; BROWN, P. H (1999). The mechanism of foliar zinc absorption in pistachio and walnut. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, p. 312-317.

## CAPÍTULO I

### USO DA FERTILIZAÇÃO FOLIAR COM CÁLCIO NA PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DE TOMATE SWEET GRAPE EM CULTIVO HIDROPÔNICO

#### Resumo

O cálcio (Ca) se relaciona com muitos processos fisiológicos da planta, os quais são afetados por sua deficiência, como a síntese e estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos e integridade da membrana plasmática. Sua insuficiência acarreta na queda na produção e diminuição da qualidade pós colheita dos frutos. A adubação foliar pode ser uma ferramenta importante em condições de baixo suprimento desse elemento. No entanto, a compreensão atual dos fatores que influenciam a eficácia das aplicações foliares permanece incompleta. Objetivou-se com este estudo avaliar a eficiência de dois diferentes fertilizantes foliares comerciais contendo cálcio aplicados em dois intervalos de tempo e seus efeitos nos componentes de produção do tomate *Sweet Grape*. Para isso, foi implementado um experimento em sistema hidropônico comercial em esquema de parcelas sub-subdivididas, em que foram fornecidas duas doses de cálcio na solução nutritiva: suficiente ou insuficiente, acompanhadas de pulverizações foliares com aplicação em intervalos de 7 ou 14 dias, utilizando-se os adubos foliares comerciais: cloreto de cálcio a 15,50% e acetato de cálcio a 5,23%. Avaliaram-se as características de produção das plantas e a incidência de podridão apical nos frutos. Para avaliar a qualidade pós colheita dos frutos, foram amostrados 40 frutos de cada planta que foram armazenados em condições controladas de 25 e 11 C° por 27 dias. Avaliaram-se a firmeza do fruto, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), e razão SS/AT. Os resultados obtidos indicam que a aplicação de adubos foliares de cálcio independentemente das doses de Ca fornecidas na solução nutritiva, afeta positivamente a produção de frutos comerciais, não havendo distinção de efeitos na aplicação das duas diferentes fontes de cálcio, assim como na sua frequência de aplicação. Para o controle da incidência de podridão apical nos frutos também não houve distinção dos efeitos da aplicação das duas diferentes fontes de cálcio, assim como da sua frequência de aplicação. Os resultados indicaram que a aplicação de ambos os fertilizantes foliares aumentou a firmeza inicial (primeiro dia de avaliação) e final dos frutos (vigésimo sétimo dia de avaliação), em ambas as temperaturas de armazenamento, não havendo diferenças significativas com a frequência das aplicações desses fertilizantes foliares (a cada 7 ou 14 dias). O uso dos diferentes fertilizantes foliares não interferiu nas características químicas do fruto, tais

como sólidos solúveis, acidez titulável e razão SS/AT ao longo do período de armazenagem.

**Palavras Chaves:** *Solanum lycopersicum* L, Suplementação, Vida de prateleira

## CHAPTER I

### USE OF FOLIAR FERTILIZATION WITH CALCIUM IN PRODUCTION AND POST-HARVEST OF SWEET GRAPE TOMATO IN HYDROPONIC CULTIVATION

#### Abstract

Calcium (Ca) is related to many plant physiological processes, which are affected by its deficiency, such as synthesis and cell wall structure, carbohydrate metabolism, and plasma membrane integrity. The Ca insufficiency results in production decrease and reduction in post-harvest quality of the fruits. Foliar fertilization can be an important tool in low supply conditions of this element. Nonetheless, the current understanding of the factors influencing the effectiveness of foliar applications of calcium remains incomplete. The objective of this study was to evaluate the application efficiency of two different calcium-based commercial foliar fertilizers applied at two time intervals and their effects on the yield components of *Sweet Grape* tomato. Thereby, an experiment was carried out in a commercial hydroponic system in a split plot scheme, in which two doses of calcium were supplied in the nutrient solution: sufficient or insufficient, accompanied by foliar sprays with application at 7 or 14 day intervals, using the commercial foliar fertilizers: calcium chloride at 15.50% and calcium acetate at 5.23%. Plant production traits and the incidence of blossom end rot in the fruits were evaluated. In order to evaluate the post-harvest quality of the fruits, 40 fruits of each plant were sampled and stored under controlled conditions of 25 and 11°C for 27 days. Fruit firmness, soluble solids content (SS), titratable acidity (TA), and SS/TA ratio were evaluated. The results suggest that the application of calcium foliar fertilizers, independently of the Ca doses provided in the, nutrient solution, positively affects commercial fruit production, with no distinction of, effects on the application of the two different sources of calcium along with their frequency of application. There was also no distinction in the effects of application of the two different sources of calcium on the control of blossom end rot incidence, as well as of their frequency of application. However, the control of this physiological disorder only occurred when calcium deficiency prevailed in the nutrient solution. The results also indicate that the use of both foliar fertilizers was not able to substitute root fertilization in the condition of Ca deficiency in the nutrient solution. The results for post-harvest quality of fruits demonstrated that the application of both foliar fertilizers increased the initial (first evaluation day) and final (twenty-seventh day of evaluation) firmness of the fruit at

both storage temperatures. Moreover, there were no significant differences in the frequency between fertilizer applications (every 7 or 14 days). The use of different foliar fertilizers did not interfere in the chemical characteristics of the fruit, such as soluble solids content, titratable acidity, and SS/TA ratio during the storage period.

**Key Words:** *Solanum lycopersicum* L., Supplementation, Shelf life

## 1. Introdução

O Cálcio (Ca) está presente nos tecidos vegetais participando de 0,5 a 1,5 % da matéria seca das plantas cultivadas podendo alcançar 5% em espécies não cultivadas, sendo o terceiro elemento mais exigido pela maioria das plantas (MARSCHNER, 2012). O Ca é um elemento essencial para a obtenção de produtividades satisfatórias e aumentar a qualidade do produto colhido (WHITE e BROADLEY, 2003), pois desempenha importância estrutural e metabólica nos vegetais, influenciando no crescimento meristemático, nos processos de divisão e alongação celular, especialmente nos ápices caulinares e radiculares, onde é usado para síntese de novas paredes celulares, no fuso mitótico, e na atuação normal das membranas (TAIZ e ZIEGER, 2013). Outros autores sugerem que o Ca é também modulador da regulação hormonal atuando como mensageiro secundário para respostas de sinais ambientais e hormonais (DODD et al. 2010). Além disso, atua junto com o boro no desenvolvimento do tubo polínico e na germinação dos grãos de pólen no ovário das flores (LEE et al., 2009; FIGUEIREDO et al., 2013) influenciando assim no pegamento floral.

O cálcio é absorvido pela planta como um cátion divalente ( $\text{Ca}^{+2}$ ). Após sua entrada, o Ca é transportado unidirecionalmente pelo xilema, das raízes para a parte aérea, sendo pouco redistribuído pelo floema, o que o torna um elemento de mobilidade muito baixa, cuja a deficiência ocorre principalmente nos meristemas vegetativos e florais, e nos frutos (WHITE e BROADLEY, 2003). A translocação do cálcio na planta ocorre junto com a água no xilema, sendo afetada pela taxa de transpiração da planta, portanto, órgãos com maior taxa de transpiração recebem maior quantidade de Ca (LIEBISCH et al., 2009). Como os frutos e tecidos meristemáticos possuem pequena superfície transpiratória, e elevada taxa de crescimento, acabam por serem os órgãos em que ocorre falta deste elemento. Assim, a boa nutrição de Ca para os frutos e tecidos meristemáticos depende de condições ambientais que favoreçam o desenvolvimento da transpiração, como baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas e intensidade luminosa (BRADFIELD e GUTTRIDGE, 1984). Dessa forma, o suprimento adequado de cálcio via solo ou solução nutritiva muitas vezes pode não ser suficiente para suprir a demanda de flores, frutos e zonas meristemáticas, principalmente em culturas que apresentam alta exigência de Ca a exemplo do tomateiro (PEREIRA et al., 2002). Para essas situações a pulverização foliar de fertilizantes contendo cálcio constitui uma boa possibilidade de suplementação. Segundo Fernandez et al., (2015) a fertilização foliar pode corrigir a falta

de nutrientes com baixa mobilidade no floema como o cálcio, sendo que essa prática tem sido usada com sucesso em diversas culturas visando aumentar a produtividade, como na macieira (*Malus domestica*) e na pereira (*Pyrus communis L.*) (RAESE, 1996), Videira (*Vitis vinifera*) (AMIRI et al., 2009), Romanzeira (*Punica granatum*), (RAMEZANIAN et al., 2009), pimentão (*Capsicum annuum L.*) (PEREIRA et al., 2002).

O cálcio também está intimamente ligado a qualidade pós colheita de produtos agrícolas, retardando o amaciamento prematuro dos frutos pela manutenção da estabilidade da parede celular. Isso ocorre porque o Ca se liga covalentemente com às pectinas, dando origem ao pectato de cálcio, que restringe a ação de enzimas hidrolíticas e, conseqüentemente, prolonga a vida útil dos frutos por mais tempo (PINHEIRO et al., 2008).

O tomate é considerado um produto altamente perecível após a colheita, pela fragilidade dos seus tecidos e pela manutenção de sua alta atividade metabólica, demandando inúmeros esforços na sua conservação. A extensão na vida pós-colheita é uma importante forma de minimização de perdas, dando maior flexibilidade para produtores, intermediários, varejistas e consumidores durante o transporte, armazenamento, comercialização e consumo dos frutos. A cultivar *Sweet Grape* é caracterizada por apresentar alta firmeza e alta conservação pós colheita (HEALT 2012), porém atrelados a essas características genéticas alguns fatores podem prolongar ainda mais a sua vida de prateleira. Em pós-colheita a refrigeração constitui a principal e mais usada alternativa para conservação de frutas e hortaliças por retardar a sua deterioração por meio da redução no metabolismo celular (RINALDI et al., 2011). Em pré-colheita destaca-se o teor de cálcio nos frutos, assumindo-se que o Ca está intimamente ligado a qualidade pós colheita de frutos e flores (AGHDAM et al., 2012), desse modo práticas que otimizem o influxo de cálcio para esses tecidos podem representar grande contribuição para o prolongamento da qualidade dos frutos.

A firmeza dos frutos é um atributo essencial para a vida pós colheita, uma vez que um fruto mais firme pode ter sua vida de prateleira estendida, sem afetar características desejáveis pelo consumidor (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O uso de solução à base de cálcio direcionada aos frutos em pré e pós colheita para minimizar a degradação da parede celular já é uma técnica bastante difundida entre os produtores visando a manutenção da firmeza de vários frutos por maior tempo (WERNER et al., 2009; PINHEIRO et al., 2008). Dessa forma, a aplicação foliar de Ca vem sendo indicada no cultivo do tomateiro como complemento na adubação para aumentar a produtividade e

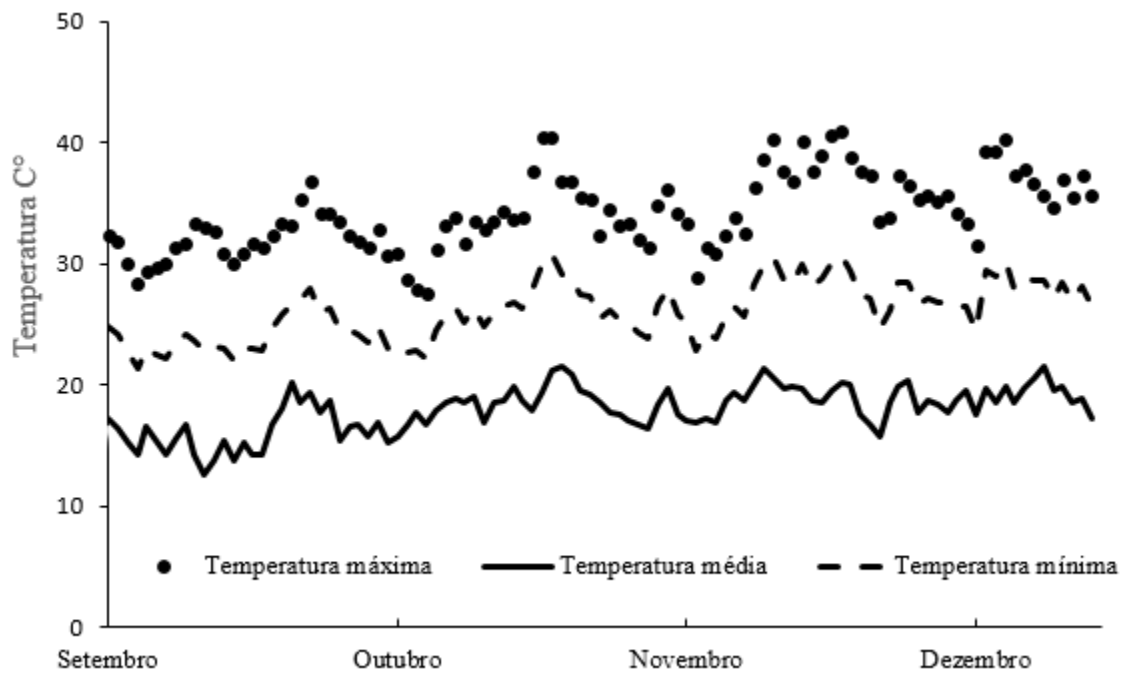
melhorar a conservação pós colheita dos seus frutos (COOLONG et al., 2014). Entretanto, sabe-se pouco sobre as situações nas quais os fertilizantes foliares podem complementar os fertilizantes do solo, dada a existência de controvérsia de resultados em relação ao potencial dessa tecnologia.

Segundo Fageria et al. (2009) e Fernandez et al. (2015) a fonte de Ca, a dose, e frequência de aplicação utilizada para a pulverização de fertilizantes foliares podem interferir na eficiência e no potencial dessa tecnologia, afinal o desempenho de cada produto é determinado pelas suas propriedades físico-químicas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho será avaliar os efeitos de distintas fontes e frequências de aplicação de fertilizantes foliares comerciais contendo cálcio em condições de suficiência ou deficiência desse elemento na solução nutritiva e seus efeitos nos componentes de produção e qualidade pós colheita do tomate *Sweet Grape* produzidos em hidroponia.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 55" a uma altitude de 650 metros). O experimento foi conduzido de setembro a dezembro de 2016. A casa de vegetação utilizada é revestida de vidro transparente, suas aberturas laterais são fechadas com tela antiafídica e possui pé direito de 2,4 metros. As temperaturas médias máximas e mínimas registradas durante o período experimental estão representadas na figura 1.

A solução nutritiva padrão adotada para o cultivo foi a modificada de Fernandes et al. (2002): 8,0; 2,0; 4,0; 2,0; 1,0 e 1,0 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S e 50,0; 20,0; 7,5; 4,0; 0,9 e 0,7 µmol L<sup>-1</sup> de Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo para a fase vegetativa, utilizada do primeiro ao vigésimo primeiro dias após o transplanto (DAT) e 12,0; 2,0; 6,0; 1,5; 1,5 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, K, Mg e S mmol L<sup>-1</sup> e 60,0; 25,0 ;10,0; 4,0; 1,3 e 0,7 µmol L<sup>-1</sup> de Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo para a fase reprodutiva (22 ao 112 DAT). Os tratamentos constaram apenas das alterações, isoladas, das doses de Ca<sup>2+</sup> na fase reprodutiva: cálcio suficiente, com 3 mmol L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup> dose recomendada para a fase reprodutiva segundo Fernandes et al. (2002) e cálcio insuficiente, com 1,5mmol L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup> (redução de 50% da dose recomendada).



**Figura 1.** Temperatura máxima, mínima e média (°C) durante o período experimental.

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas sub-subdivididas com quatro repetições, no delineamento de blocos casualizados, tendo como parcelas doses de cálcio. Nas subparcelas alocaram-se as fontes de Ca utilizadas como fertilizantes foliares comerciais contendo: cloreto de cálcio e acetato de cálcio (Tabela 1) e tratamento controle (água). Por fim nas sub-subparcelas foram alocadas as frequências de aplicação dos fertilizantes foliares (7 ou 14 dias). As aplicações foliares foram iniciadas a partir do florescimento e finalizadas na semana final do período experimental. Foi utilizada 48 unidades experimentais, sendo que cada planta constituiu uma unidade experimental.

As quantidades de fertilizantes foliares aplicados foram calculadas de acordo com as doses e volume de calda recomendados pelo fabricante para os respectivos produtos, de modo que cada planta recebeu um volume fixo de 50 mL de calda em cada aplicação (Tabela 2). A aplicação dos fertilizantes foi feita com auxílio de pulverizador manual com bico cone cheio. Foram utilizadas cortinas plásticas posicionadas entre as plantas no momento da pulverização, afim de evitar a deriva da calda para as plantas que não constituíam o tratamento em questão.

**Tabela 1.** Garantias mínimas fornecidas pelo produto Ecofol Cálcio<sup>®</sup> e Cálcio 155<sup>®</sup>

Nome comercial	Fontes de Ca	Teor de Ca (%)	Densidade a 20° C (g.cm <sup>-3</sup> )	pH	Solubilidade em água (%)	Natureza física
Cálcio 155 <sup>®1</sup>	Cloreto de cálcio	15,5	1,40	6,9	100	Solução verdadeira
Ecofol Cálcio <sup>®2</sup>	Acetato de cálcio	5,23	1,16	5,2	100	Solução verdadeira

Fontes: <sup>1</sup>Oxiquímica<sup>®</sup> e <sup>2</sup>Ecofol<sup>®</sup>

A solução nutritiva foi bombeada de reservatórios de 60 L de capacidade por meio de um conjunto moto-bomba de 0,25 CV, que alimentou as linhas de irrigação. O acionamento das bombas ocorreu diariamente às 6:00 a.m., 9:00 a.m., 11:00 a.m., 12:00 p.m., 1:00 p.m., 2:00 p.m., 3:00 p.m. e 6:00 p.m controlado por um temporizador. As lâminas de irrigação para cada minuto de acionamento das bombas foi de 1,05 mm. Durante o 1º ao 40º DAT as bombas se mantinham ligadas por 2 minutos para cada frequência de irrigação; do 41º ao 80º DAT por 3 minutos e do 81º ao 112º DAT por 4 minutos. A solução nutritiva drenada dos vasos retornava aos tanque por gravidade através de canos coletores fixados abaixo das bancadas, e era recirculada para os vasos através do acionamento das bombas.

O pH da solução foi monitorado e ajustado à faixa de 5,5 a 6,5 utilizando-se HCl ou NaOH. Foram realizadas reposições periódicas dos nutrientes, com base na redução da condutividade elétrica admitindo-se até 30% de depleção. Entre essas reposições, o volume da solução de cada tanque foi medido e completado com água admitindo-se uma redução máxima de 40% do volume inicial.

**Tabela 2.** Doses e volume de calda utilizados no experimento com base na recomendação dos fabricantes

Produto	Princípio Ativo	Nº de Plantas/ha	Dose/ha	Nº de Plantas/área experimental	Dose Produtos/área experimental	Volume de calda recomendado/ 20000 plantas	Volume de calda/ 16 plantas	Volume de calda por planta
Ecofol Cálcio®	Acetato de cálcio <sup>1</sup>	20000	2000 mL/ha <sup>1</sup>	16	1,6 mL	1000 L <sup>1</sup>	0,8 L	0,05 L
Cálcio 155®	Cloreto de cálcio <sup>2</sup>	20000	1200 mL/ha <sup>2</sup>	16	0,96 mL	1000 L <sup>2</sup>	0,8 L	0,05 L

Fontes: <sup>1</sup>Ecofol® e <sup>2</sup>Oxiqímica®

As mudas da variedade *Sweet Grape* utilizadas no experimento foram produzidas por um viveiro comercial (Agro Mudas) localizado no município de Pará de Minas – MG. A semeadura ocorreu em bandejas de poliestireno expandido com 128 células preenchidas com fibra de coco. O transplante das mudas ocorreu aos 40 dias após o semeio, para vasos de 8 litros preenchidos com fibra de coco da marca Golden Mix®, cuja características químicas e físicas estão explicitadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Características físico químicas do substrato Golden Mix®

Características	Valores
pH	6,0 (+/- 0,5)
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	0,6 (+/- 0,3)
Densidade (kg.m <sup>-3</sup> )	85
Capacidade de retenção de água (p/p)	550
Umidade máxima (p/p)	55

As plantas foram conduzidas em espaçamento de 0,5 m x 1,0 m entre plantas e entre linhas respectivamente, com duas hastes, tutoradas com fitilho e com poda apical acima da terceira folha do sexto cacho floral. Foram realizadas desbrotações constantes para eliminação dos brotos laterais. O manejo fitossanitário das plantas foi efetuado conforme os tratamentos preconizados para cultivos em ambiente protegido (VIDA et al., 2004). Durante o experimento as plantas receberam pulverizações de Actara® (THIAMETHOXAM na dose de 4 g para 20 L), Mospilan® (ACETAMIPRID na dose 5 g para 20 L), Abamectin® (ABAMECTINA 15 mL para 20 L) e Nomolt® (TEFLUBENZURON 5 mL para 20 L) para o controle de insetos pragas e Folicur® (TEBUCONAZOL 20 mL para 20 L) para o controle de doenças. O número e a frequência das aplicações foram feitas de acordo com a prescrição da bula de cada produto usado.

## 2.1 Avaliações

### 2.1.1 Produção

A colheita foi realizada semanalmente, a partir de 60 DAT, coletando-se apenas os frutos maduros seguindo os padrões de colheita descritos por (HEATH, 2012) para a

variedade *Sweet Grape*. Em seguida, os frutos foram contados, pesados e classificados em comerciais e não comerciais segundo os padrões de comercialização determinados pela Sakata Sudamerica<sup>®</sup>: Frutos comerciais - Peso entre 5 a 18 gramas, com ausência de danos por rachadura, por podridão apical e por pragas ou doenças. Os frutos que não se enquadravam dentro dessas características foram classificados como não comerciais.

Para a avaliação do desempenho agrônômico dos híbridos foram avaliadas as seguintes características:

**Produção total:** Peso total de frutos (comerciais + não comerciais) colhidos ao longo do período experimental

**Produção de frutos comerciais:** Peso total de frutos comerciais colhidos ao longo do período experimental

**Número total de frutos:** Número de frutos (comerciais + não comerciais) colhidos ao longo do período experimental.

**Número de frutos comerciais:** Número de frutos comerciais colhidos ao longo do período experimental

**Média de peso de frutos comerciais:** Peso dos frutos comerciais, dividido pelo seu número de frutos

**Número de frutos com podridão apical:** Número de frutos com sintomas visuais de podridão apical.

### 2.1.2 Qualidade pós colheita

Foram amostrados frutos comerciais maduros do terceiro e quarto cacho floral. Os frutos foram armazenados em embalagens PET com 20 unidades cada, totalizando aproximadamente 200 g, e submetidos ao um período de armazenamento em câmaras com temperatura controlada. Foram coletados 5 frutos em cada época de avaliação para se determinar firmeza, pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável. As avaliações foram feitas no Laboratório de Recursos Genéticos da UFV.

As avaliações foram feitas utilizando o esquema de parcelas sub-subdividas, tendo como parcelas os frutos onde se aplicou os diferentes fontes de Ca utilizados como fertilizantes foliares comerciais em pré-colheita: cloreto de cálcio e acetato de cálcio (Tabela 1). Nas subparcelas alocaram-se as frequências em que foram aplicados fertilizantes foliares (7 ou 14 dias). Por fim nas sub-subparcelas foram alocadas os dias de armazenamento dos frutos (0, 9, 18 e 27 dias). As avaliações foram feitas combinando-

se frutos colhidos nas duas doses de cálcio na solução nutritiva (1,5 e 3,0 mmol L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>) com duas temperaturas de armazenamento dos frutos (25 C° e 11 C°).

### **Firmeza**

A firmeza foi realizada em 5 frutos, determinada com auxílio de um penetrômetro de bancada Soilcontrol/USA, modelo PDF-200 com ponteiras de 4,0 mm de diâmetro. Essa medição foi efetuada na região equatorial dos frutos obtendo-se o valor médio para cada fruto. Os resultados obtidos foram expressos em Newtons (N) de força.

### **pH**

Foi determinado por leitura direta na solução da polpa homogeneizada e triturada utilizando-se um potenciômetro da marca Hanna Instruments e modelo pH 21 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

### **Teor de sólidos solúveis**

A avaliação de sólidos solúveis foi realizada por refratometria, utilizando-se um refratrômetro óptico digital da marca Hanna Instruments modelo HI 96801 com precisão de 0,1° Brix, através de uma leitura direta da polpa das frutas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

### **Acidez titulável**

A acidez total titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, dosada por titulação de 5 g de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,005 mol L<sup>-1</sup>, até a faixa de pH 8,2-8,4 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

### **Relação sólidos solúveis/acidez titulável**

A relação SS/AT foi determinada dividindo-se o valor de sólidos solúveis pelo valor de acidez titulável.

### **2.1.3. Estado nutricional das plantas**

Foi amostrada a quarta folha de cada haste a partir do ápice (folha índice), no período de surgimento dos primeiros frutos maduros. A seguir as folhas foram lavadas em água destilada, e secadas em estufa de ventilação forçada à 65°C até atingir peso constante. Da mesma forma, foram amostrados 6 frutos entre o terceiro e quarto cacho floral aos 80 dias após o transplântio (DAT) que seguiram para lavagem em água destilada. Posteriormente os frutos foram cortados para facilitar a perda de água, colocados em bandejas de alumínio e levados a estufa para secagem até peso constante.

As amostras das folhas e dos frutos foram moídas em moinho tipo Wiley, e determinaram-se os teores de Ca, Mg e K após a mineralização pela digestão nítrico-perclórica. O K foi determinado por fotometria de chama, e os demais nutrientes por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA et al., 1997).

## **3. Resultados e Discussão**

### **3.1 Produção**

Os valores da produção obtida com 112 dias após o transplântio (DAT) em kg por planta de frutos comerciais e não comerciais, número de frutos totais e comerciáveis, massa média dos frutos comerciais, em relação aos tratamentos estão apresentados na Tabela 4. A produção acumulada com 112 DAT é considerada como 41 % do potencial produtivo da variedade, que têm seu ciclo produtivo completo aos 252 DAT (SAKATA, 2012). Abrahão et al. (2014) demonstraram que a produção do tomate *Sweet Grape* produzidos em sistema hidropônico e conduzidos com uma haste até os 90 DAT com 6 cachos variou de 1,5 kg e 1,3 kg por planta conforme os diferentes tratamentos aplicados no trabalho.

No presente estudo, houve uma redução dos índices de produção e aumento na incidência de podridão apical dos frutos quando houve uma redução de 50% do cálcio na solução nutritiva com base nos valores recomendados por Fernandes et al. (2002) (Tabela 4), independentemente da pulverização foliar e da frequência entre suas aplicações, fato que pode ser evidenciado pela ausência de interações. Sendo assim, a aplicação dos fertilizantes foliares com ambos os princípios ativos em plantas que receberam solução nutritiva com dose reduzida, não resultou em índices de produção semelhantes aos das plantas que receberam a dose adequada de Ca.

Esses resultados sugerem que a aplicação foliar de cálcio não pode ter por objetivo suprir a exigência da planta quando há uma severa deficiência do nutriente na solução nutritiva, visto que a demanda da cultura é muito maior que a quantidade que seria possivelmente suprida por essa via. Ceretta et al. (2007) postularam que a aplicação foliar de macronutrientes como meio único de fornecer nutrientes as plantas não apresenta viabilidade econômica, pois são requeridos em grandes quantidades. O objetivo da adubação foliar de Ca neste caso deve ser a suplementação desse elemento em determinados estádios fenológicos das culturas, quando uma alta demanda coincide com a oferta inadequada do nutriente suprida através das raízes.

A redução da produtividade causada pela deficiência de cálcio (Tabela 4) pode ter sido resultado de alterações no processo metabólico da planta, que afetaram a atividade hormonal e enzimática, como os que regulam a senescência e a abscisão das folhas e frutos (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 2012), ainda segundo estes autores a deficiência do Ca é responsável por retardar o crescimento do tecido meristemático no caule, na folha e na ponta da raiz.

Reduções na produtividade também podem ter sido decorrentes do aumento do abortamento floral causado pela deficiência de Ca, uma vez que esse elemento, juntamente com o boro, atua na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, garantindo a fecundação da flor (MALAVOLTA et al., 1997; LEE et al., 2009; FIGUEIREDO et al. 2013). Quando não ocorre a fertilização dos óvulos se dá o abortamento floral, e desta forma o número de frutos pode ser uma consequência direta do índice de pegamento de frutos na planta. Esse fato foi observado no presente estudo, cujo o número total de frutos (NTF), se reduziu em aproximadamente 17% quando se empregou  $1,5 \text{ mmol/L}^{-1}$  de cálcio na solução nutritiva. Em concordância com esses resultados, Coolong et al. (2014) observaram em estudo realizado com tomates híbridos do grupo salada cultivados em hidroponia que a aplicação de  $4,5 \text{ mmol/L}^{-1}$  de Ca acarretou em uma produção total de 2578 g/planta enquanto a aplicação de  $1,5 \text{ mmol/L}^{-1}$  de Ca resultou a produção de 2220 g/planta, ou seja uma redução de aproximadamente 14 % comparativamente a dose adequada. Tal fato foi atribuído à uma redução no número de frutos produzidos. Vários trabalhos relatam que a deficiência de Ca afeta a produtividade de diversos produtos agrícolas (FREITAS e MITCHAM, 2012; OLLE e BENDER, 2009), todavia em espécies da família das *Solanaceas* como o tomate, esse problema pode ser mais sério, devido à alta exigência dessas plantas pelo o nutriente (PEREIRA et al., 2002).

**Tabela 4** – Produção total (PT), produção comercial (PC), número total de frutos (NTF), número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos comerciais (PMFC) e número de frutos com podridão apical (NFPA) do tomate Sweet Grape cultivados, em sistema hidropônico, até os 112 dias após o transplântio (DAT)

Tratamentos	PT	PC	NTF	NFC	PMFC	NFPA
	----g/planta---					
<sup>(1)</sup> Dose de 100% de Ca	3179a	2626a	284,0a	248,4a	10,57a	0,37b
Dose de 50% de Ca	2815b	2161b	255,5b	205,9b	10,51a	6,08a
CV (%)	5,44	13,2	6,07	8,15	7,70	25,75
<sup>(2)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	3102a	2556,5a	296,3a	250,9a	10,18a	2,66b
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	3010a	2455a	280,9a	235,9a	10,40a	2,38b
Pulverização com água	2819b	2169b	261,9b	204,7b	10,59a	4,55a
CV (%)	6,80	12,46	6,46	12,70	8,50	19,29
<sup>(3)</sup> Pulverização a cada 7 dias	3005a	2398a	270,1a	230,4 <sup>a</sup>	10,40a	3,20a
Pulverização a cada 14 dias	2988a	2388a	269,4a	223,9b	10,66a	3,25a
CV (%)	7,21	8,90	7,15	7,15	6,80	11,29

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(2)</sup>.

O baixo fornecimento de Ca não só promove diminuição da produtividade, mas também diminui a qualidade do produto colhido por estar ligado aos aspectos morfológicos e anatômicos dos frutos, participando da síntese e da estrutura da parede celular, como também na integridade da membrana plasmática. No tomateiro a deficiência de Ca associada a altas temperaturas, baixa disponibilidade de água e altas concentrações salinas ou de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> predispõe o surgimento da podridão apical (PA) ou fundo preto nos seus frutos (FREITAS e MITCHAM 2012; SAURE, 2001). Esse distúrbio fisiológico inviabiliza a comercialização dos frutos, desencadeando prejuízos econômicos ao produtor. A PA se inicia com flacidez dos tecidos da extremidade dos frutos, e evolui para uma necrose negra e deprimida, à medida que o fruto cresce, podendo ocorrer escurecimento interno do fruto (HO e WHITE, 2005). No presente estudo a redução de 50 % da dose de Ca na solução nutritiva foi responsável por um aumento considerável no números de frutos afetados pela PA quando comparada à dose adequada de cálcio na solução nutritiva. Coolong et al. (2014) conduzindo um experimento em hidroponia com tomates híbridos do grupo salada observou que a condução das plantas com 1,5 mmol/L<sup>-1</sup> de Ca na solução nutritiva aumentou em 317% o peso total de frutos com podridão apical em comparação à aplicação de 4,5 mmol/L<sup>-1</sup> de Ca. Segundo Casado-Vela et al. (2005) a podridão apical dos frutos ocorre em praticamente em todas as áreas

produtoras de tomates no mundo e pode ser responsável por perdas de até 50 % da produção. Esses autores relatam que esse distúrbio fisiológico ocorre também em outras plantas da família das *Solanaceas* como pimentão e berinjela. Em sistemas hidropônicos as planta de tomate possuem maiores taxas de crescimento do que no plantio a campo (ALBUQUERQUE NETO e PEIL et al., 2012), o que pode favorecer o aumento no surgimento da PA nos frutos.

A adubação foliar com cloreto de cálcio e acetato de cálcio, foi responsável por aumentar os índices de produção do tomate *Sweet Grape* independentemente das doses de cálcio fornecidas na solução nutritiva e dos intervalos entre pulverizações (Tabela 4). A aplicação dos fertilizantes foliares aumentou a produção de frutos comerciais em relação ao controle em aproximadamente 14 e 11 % para aplicação de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e acetato de cálcio [ $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ] respectivamente (Tabela 4). O incremento alcançado na produção por meio da adubação foliar foi consequência direta dos número de frutos produzidos, uma vez que o peso médio dos frutos comerciais não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 4). Os resultados das tabelas 5 e 6 também indicam que independentemente da dose de Ca na solução nutritiva ou da frequência de aplicação, a fertilização foliar com ambos princípios ativos utilizados no experimento foi responsável por elevar o teor de Ca das folhas e frutos. Lotze e Tuketti (2014) demonstraram por meio de análises de raio X, e da quantificação de Ca nos frutos que o tomateiro possui eficiência na absorção de diferentes fertilizantes contendo Ca aplicados via pulverização foliar, de modo que a adubação foliar pode complementar a adubação via radicular, principalmente na fase de florescimento e frutificação quando ocorre maior demanda de Ca na planta.

A cultivar *Sweet grape* é caracterizada por produzir um grande número de flores por cacho floral (média de 30) além disso é conduzida com duas ou mais hastes, o que eleva ainda mais o número de flores na sua fase reprodutiva (HEATH, 2012). O híbrido *Sweet grape* também é definido por apresentar altas produtividades, média 8 kg por planta (PRECZENHAK et al., 2014), Considerando-se que o peso médio de seus frutos são de 10 gramas (HEATH, 2012) a cultivar produz em torno de 800 frutos durante seu ciclo refletindo o grande número de flores produzidas. O Ca juntamente com o boro são nutrientes imprescindíveis para fecundação das flores, e formação de frutos por participar na germinação do grão de pólen e atuar no crescimento do tubo polínico, (MALAVOLTA et al., 1997; LEE et al., 2009; FIGUEIREDO et al. 2013). A suplementação de cálcio via foliar neste experimento pode ter sido responsável por aumentar o índice de pegamento

dos frutos, elevando conseqüentemente os índices de produção observados (Tabela 4). A pulverização com fertilizantes contendo cálcio direcionados aos cachos e folhas consiste em uma alternativa para elevar o pegamento das flores (FERNANDEZ et al., 2015), já que o cálcio movimenta-se exclusivamente no xilema dada sua baixa redistribuição no floema, o que faz com que as flores recebam menor quantidade de Ca em comparação com as folhas. Esse fato ocorre em razão das folhas apresentarem maior taxa de transpiração em relação as flores e aos órgãos em crescimento, fazendo com que os decréscimos de Ca ocorram principalmente nos meristemas florais e vegetativos, bem como nos frutos (LIEBISCH et al., 2009; WHITE e BROADLEY, 2003).

Os resultados obtidos no estudo são semelhantes aos de Rab e Haq. (2012) que avaliando o efeito da aplicação de cálcio via fertilização foliar em tomates do grupo cereja verificaram que a aplicação de  $\text{CaCl}_2$  a 0,3% aumentou em aproximadamente 25% o número de frutos por planta em relação ao controle, porém esses mesmos autores observaram que a aplicação do  $\text{CaCl}_2$  0,3% combinada com aplicação de fertilizante contendo boro (borax 0,4%) elevou o número de frutos em 51% em relação ao controle. Esses resultados foram atribuídos ao fato do boro atuar juntamente com o cálcio na germinação do grão de pólen e na fecundação da flor, além disso esse elemento assim como Ca possui mobilidade restrita no tomateiro justificando a sua eficiência em aplicação foliar. Em concordância com o presente estudo, Plese et al. (1998) observou que a aplicação foliar de  $\text{CaCl}_2$  0,6 % em tomate tipo salada, proporcionou maior número de frutos de tomate por planta, atribuindo esse resultado também ao maior pegamento das flores.

Não foram encontrados trabalhos na literatura testando a influência da aplicação via foliar do acetato de cálcio  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  sobre a produtividade do tomateiro. Porém, Kraemer et al. (2009) já haviam verificado através de microscopia eletrônica de varredura que folhas de macieira são capazes em absorver Ca aplicados via pulverização foliar na forma de  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  e  $\text{CaCl}_2$ , e esses mesmo autores notaram que a absorção foliar de Ca aplicado na forma de  $\text{CaCl}_2$  se dá de forma mais eficiente devido sua maior higroscópicidade em relação ao  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$ , que por sua vez facilita a sua passagem do sal pela cutícula. No presente estudo não foi observada diferenças entre os dois fertilizantes no aumento dos teores de cálcio das folhas e frutos (Tabela 5 e 6), que por vez sua não resultaram em diferenças nos incrementos da produção de frutos (Tabela 4). Lotze e Tuketti (2014) demonstraram por meio de análises de raio X em folhas, e da quantificação de Ca nos frutos que o tomateiro possui eficiência na absorção de 10

diferentes composições de fertilizantes foliares comerciais contendo Ca. Esses mesmos autores notaram que não houve diferenças significativas desses distintos fertilizantes em termos de produção.

**Tabela 5.** Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), em folhas do tomate *Sweet grape*, analisados aos 50 dias após o transplantio (DAT)

Tratamentos	Ca	Mg	K
	-----g/kg-----		
<sup>(1)</sup> Dose de 100% de Ca	0,84a	1,23a	15,79a
Dose de 50% de Ca	0,57b	1,33a	15,28a
CV (%)	29,56	12,45	22,52
<sup>(2)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	0,77a	1,41a	15,96a
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,73a	1,27a	15,72a
Pulverização com água	0,61b	1,18a	14,93a
CV (%)	22,80	15,85	17,58
<sup>(3)</sup> Pulverização a cada 7 dias	0,73a	1,29a	15,63a
Pulverização a cada 14 dias	0,68a	1,27a	15,43a
CV (%)	13,37	9,79	14,74

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(2)</sup>.

**Tabela 6.** Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), em frutos do tomate *Sweet grape*, analisados aos 80 dias após o transplantio (DAT)

Tratamentos	Ca	Mg	K
	-----g/kg-----		
<sup>(1)</sup> Dose de 100% de Ca	10,21a	4,18b	32,18a
Dose de 50% de Ca	6,32b	5,68a	32,40a
CV (%)	37,13	18,64	12,27
<sup>(2)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	9,54a	4,79a	32,66a
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	9,24a	5,03a	31,80a
Pulverização com água	6,02b	4,96a	32,42a
CV (%)	30,77	21,49	8,24
<sup>(3)</sup> Pulverização a cada 7 dias	8,32a	4,89a	32,00a
Pulverização a cada 14 dias	8,20a	4,97a	32,58a
CV (%)	10,83	11,09	8,09

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(2)</sup>.

Neste trabalho, também foi possível notar que as pulverizações foliares com ambos princípios ativos de Ca utilizados promoveram a redução do número de frutos com podridão apical quando comparativamente à testemunha. Isso ocorreu quando a dose de cálcio da solução nutritiva foi insuficiente ( $1,5 \text{ mmol L}^{-1}$ ). Os resultados evidenciam que as pulverizações reduziram a incidência de PA em 49% e 43% para as pulverizações foliares com acetato de cálcio e cloreto de cálcio respectivamente (Tabela 7). Schmitz-Eiberger et al. (2002) empregando solução nutritiva deficiente em cálcio notaram que a aplicação semanal de  $\text{CaCl}_2$  a 1,2 % reduziu em aproximadamente 50% o número de frutos de tomate com incidência de podridão apical. Olle e Bender, (2009) postulam que a pulverização foliar com fertilizantes contendo cálcio, desde que aplicados de forma correta, pode ajudar a prevenir a podridão apical, uma vez que alta demanda desse nutriente na fase de frutificação coincide com a oferta inadequada de Ca em razão de sua baixa mobilidade na planta. Assim sendo os fertilizantes foliares apresentam respostas mais rápidas e eficientes do que a fertilização via solo. Esses mesmos autores relatam que a aplicação de fertilizantes foliares com Ca possui eficiência no controle de PA somente quando sua aplicação ocorre nas fases iniciais de formação dos frutos, não tendo, portanto, eficiência no controle desse distúrbio quando a deficiência nos frutos já está estabelecida. Brackmann et al. (2010) relataram que o controle eficiente do "bitter pit" na macieira ocorre quando as pulverizações foliares de  $\text{CaCl}_2$  se iniciam com os frutos apresentando 1 cm (aproximadamente 30 dias após o florescimento) e essas pulverizações são realizadas a cada 15 dias até os frutos atingirem sua fase de comercialização.

Observando-se os desdobramentos (Tabela 7), verifica-se que a aplicação dos fertilizantes foliares com ambos os princípios ativos nas plantas que receberam solução nutritiva com dose reduzida a 50 % de Ca, não reduziu a incidência de podridão apical a valores encontrados nas plantas que receberam a dose de 100 % de Ca em solução, mesmo em ausência de fertilização foliar. Tais resultados sugerem que a aplicação foliar de cálcio não é capaz de suprir a exigência dos frutos com em uma condição de elevada deficiência na planta, indicando que a exigência é muito maior que a quantidade que seria possivelmente suprida via foliar.

**Tabela 7-** Desdobramento da interação entre fontes de Ca na adubação foliar e doses de Ca na solução nutritiva para o número de frutos com podridão apical (NFPA) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de Ca	Doses de cálcio na solução nutritiva	
	1,5 mmol L <sup>-1</sup> de cálcio	3,0 mmol L <sup>-1</sup> de cálcio
Cloreto de cálcio	4,95 Bb	0,39 Aa
Acetato de cálcio	4,45 Bb	0,32 Aa
Água	8,70 Ab	0,42 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de Ca e minúsculas para doses de cálcio, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os resultados deste trabalho evidenciam também que não houve diferenças nos índices de produção e na incidência de podridão apical quando se variou a frequência das aplicações dos fertilizantes foliares. Os resultados apresentados (Tabela 4) indicam que a aplicação dos fertilizantes foliares utilizados a cada 14 dias teve resultados positivos nas plantas, aumentou a produção e controlou a PA, não havendo portanto a necessidade de realizar aplicações semanais, sendo que o produto aplicado semanalmente seria excedente. Esses resultados são reforçados nas tabelas 5 e 6, onde se verifica que os teores de cálcio das folhas índice e dos frutos não diferiram entre as frequência de aplicação dos fertilizantes foliares. Em consonância com esse trabalho Zamban (2015) testou duas frequências de aplicação de CaCl<sub>2</sub> 0,6% em tomates híbridos do grupo italiano (San Vito e Netuno) a cada 7 ou 15 dias, com as aplicações iniciadas a partir do florescimento, e observou que aplicação quinzenal não diferiu da semanal, em relação as produtividades alcançadas, e na redução no número de frutos com podridão apical.

Neste estudo foi possível observar que aplicação de ambos os fertilizantes foliares utilizados não influenciou os teores de potássio (K) e magnésio (Mg) nas folhas e frutos (Tabela 5 e 6). Brunetto et al. (2008) observaram que a aplicação foliar CaCl<sub>2</sub> e Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, ambos a 2%, durante o ciclo produtivo do pessegueiro foi responsável por aumentar os teores de Ca nas folhas e nos frutos, porém não afetaram os teor de nitrogênio, potássio e magnésio. No entanto quando foi empregada a dose de 1,5 mmol/L<sup>-1</sup> de Ca na solução nutritiva, houve um favorecimento da absorção de magnésio, comparativamente às plantas que receberam a dose de 3,0 mmol/L<sup>-1</sup> Ca. Esse fato está relacionado às propriedades químicas muito similares entre Ca e Mg, como o número de valência, fazendo com que haja competição pelos sítios absorção no sistema radicular. Como

consequência, a presença excessiva ou a carência de um pode prejudicar ou melhorar respectivamente os processos de absorção do outro (ORLANDO FILHO et al., 1996). Em concordância com esses resultados Paiva et al. (1998), conduzindo um experimento com tomates em hidroponia com doses crescentes de Ca em solução nutritiva (de 0,2 a 20,0 mmol L<sup>-1</sup>) observou que o aumento concentração de Ca na solução diminuiu os teores de Mg e K nas folhas e frutos, sendo que para esse último nutriente os teores começaram a declinar a partir da dose de 7,5 mmol L<sup>-1</sup> de cálcio.

### **3.1. Qualidade pós-colheita**

As análises de qualidade pós-colheita dos frutos evidenciaram que houve influência da aplicação do cálcio via fertilização foliar na qualidade pós colheita dos frutos. Isso ocorreu para as duas doses de cálcio fornecidas na solução nutritiva (1,5 e 3,0 mmol L<sup>-1</sup>) e nas duas temperaturas de armazenagem utilizadas (11 e 25 °C) (Tabelas 8, 9, 10 e 11).

#### **3.1.1. Firmeza**

A firmeza é o atributo de qualidade pós colheita mais importante tanto para o manejo, quanto para a aceitação do tomate pelo consumidor (PINHEIRO et al., 2008). Os resultados obtidos mostram que a firmeza dos frutos foi significativamente influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pela aplicação de CaCl<sub>2</sub> e Ca(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. Diferenças significâncias também foram observadas entre os diferentes tempos de avaliação após a colheita (DAAC) (0, 9, 18 e 27 dias). Em nenhum dos tempos de armazenamento foram observadas diferenças decorrentes da frequência das aplicações dos fertilizantes foliares em pré-colheita (a cada 7 ou 14 dias). Essa observação se aplica às duas doses de cálcio fornecidas na solução nutritiva (1,5 e 3,0 mmol L<sup>-1</sup>) (Tabela 8 e 10) e às duas temperaturas de armazenagem (11 e 25 °C) (Tabela 9 e 11). A significativa perda de firmeza ao longo do tempo de armazenamento se trata de um processo natural em diversos frutos climatérios. Isso ocorre devido ao aumento da atividade de enzimas que atuam na degradação da pectina, presente nas paredes celulares, que têm sua atividade aumentada à medida que os frutos amadurecem (PARK et al., 2005). Chitarra e Chitarra. (2005) e Resende et al., (2004) observaram que em tomate, a perda progressiva da firmeza com o amadurecimento é resultante da redução na espessura da parede celular e adesão entre as células adjacentes, devido a solubilização da protopectina da parede celular para formar pectina solúvel e

outros produtos. No entanto a aplicação de ambos fertilizantes contendo cálcio durante o período experimental foi responsável por aumentar a firmeza inicial e final dos frutos em comparação ao controle. Esse fato ocorreu para as duas doses de cálcio utilizadas na solução nutritiva e para as duas temperaturas de armazenagem (Figura 2)

É possível inferir que a maior firmeza inicial e final dos frutos cuja as plantas foram submetidas a pulverizações com fertilizantes contendo Ca em pré-colheita foi resultante da maior quantidade de Ca que se acumulou nos frutos em relação ao controle (Tabela 6), o que indica a capacidade das plantas de absorver essa suplementação através de suas folhas (Tabela 5) e frutos. Em concordância com este estudo Islam et al., (2016) verificaram que a pulverização semanal de cloreto de cálcio  $\text{CaCl}_2$  a 2 % aumentou o acúmulo de cálcio nos frutos e conseqüentemente elevou sua firmeza prolongando a vida pós colheita de tomates do grupo cereja. Diversos trabalhos relatam a influência positiva da aplicação de  $\text{CaCl}_2$  na conservação da qualidade pós colheita dos frutos de tomate (COOLONG et al., 2014; GENANEW, 2013; GHAREZI et al., 2012; RAB e HAQ 2012). No entanto não foram encontrados na literatura trabalhos onde se testou a aplicação de acetato de cálcio  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$  na conservação pós colheita de frutos de tomate, embora a influência desse fertilizante já tinha sido objetivo de estudo na macieira por (WÓJCIK e BOROWIK, 2013) que observaram que aplicação dessa fonte de Ca em pré-colheita constituiu uma possibilidade de elevar a firmeza dos frutos em comparação com a aplicação usual de  $\text{CaCl}_2$  e nitrato de cálcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Esses mesmos autores verificaram que forma mais eficiente de suplementação de cálcio via foliar em pomares constitui-se da mistura  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$  totalizando 10 % de Ca na solução, sendo que dessa porcentagem total 50 % deve ser na forma orgânica [ $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ].

O uso de solução à base de cálcio direcionada a folhas e frutos em pré e pós colheita para minimizar a degradação da parede celular já é uma técnica bastante difundida entre os produtores visando a manutenção da firmeza do fruto por maior tempo (WERNER et al., 2009; PINHEIRO et al., 2008). O suplemento de cálcio aplicado nos frutos é um importante agente de estabilização das paredes celulares, atuando, também, na estabilização da membrana, (KITTERMANN et al., 2010; AGHDAM et al., 2012). Além disso o Ca atua no fortalecimento da parede celular a partir da formação de ligações cruzadas carboxílicas entre ácidos pécticos e polissacarídeos (AGHDAM et al., 2012), sendo que a manutenção desse elemento no tecido diminui a atividade das enzimas pectohidrolíticas (CARDOSO et al., 2013), influenciando no grau de amaciamento da polpa do tomate e conferindo maior resistência.

Quando se compararam os valores de firmeza encontrados nas tabelas 8, 9, 10 e 11 foi possível notar que a firmeza inicial dos frutos (0 DAAC) foi em média em 13 % maior quando foi empregada a dose de 3,0 mmol L<sup>-1</sup> de Ca na solução nutritiva (Tabela 8 e 10) em comparação com emprego de 1,5 mmol L<sup>-1</sup> de Ca (Tabela 9 e 11), de forma semelhante a firmeza final dos frutos aos (27 DAAC) foi em média 26 % maior quando se empregou a dose adequada de Ca na solução nutritiva em comparação à dose insuficiente. Outro fator que influenciou de forma positiva a firmeza final dos frutos foi a refrigeração que garantiu uma firmeza 19 e 21 % maiores aos (27 DAAC) para a dose suficiente e insuficiente de cálcio respectivamente. As baixas temperaturas constituem o meio mais efetivo para a extensão da vida útil pós-colheita de frutos e hortaliças, pois diminuem as atividades fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que ocasionam a deterioração do produto e a alteração de suas características, incluindo a firmeza, sabor, cor e valor nutritivo. (SAMIRA et al., 2011).

### **3.1.2. Sólidos Solúveis**

O teor de Sólidos solúveis não foi influenciado ( $p \leq 0,05$ ) pela aplicação foliar de CaCl<sub>2</sub> e Ca(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, nas duas doses de cálcio fornecidas na solução nutritiva (1,5 e 3,0 mmol L<sup>-1</sup>) (Tabelas 8 e 10) e para as duas temperaturas de armazenagem (11 e 25 °C) (Tabelas 9 e 11). Tampouco houve variação significativa ao longo do tempo de armazenamento (0, 9, 18 e 27 dias), pois em tomates maduros o teor de SS varia muito pouco durante a armazenagem (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Outros trabalhos verificaram que a aplicação foliar de cálcio em pré-colheita não influenciou os teores de SS de tomates (COOLONG et al., 2014; RAB e HAQ, 2012). A aplicação exógena de fertilizantes de cálcio durante o ciclo de produção também não alterou o teor de SS no pêssego, (GAZOLLA-NETO et al., 2007) e no citros (AMARAL, 1995).

### **3.1.3. pH**

Não houve diferença significativa para do pH em função aplicação foliar das fontes de cálcio. Comportamento semelhante foi verificado para tomates do grupo Santa cruz que receberam a aplicação foliar de um fertilizante a base de nitrato de cálcio durante sua fase de produção (VILAS BOAS, 2015). A variável pH foi afetada apenas pelo tempo de armazenamento dos frutos após a colheita. Este fato decorre do aumento da população de microrganismos que consomem ácidos orgânicos predominantes na composição do

tomate, causando aumento de pH e decréscimo na acidez. (ALSHAIBANI e GREIG, 1979)

#### **3.1.4. Acidez titulável**

A acidez titulável (AT) da polpa dos tomates não foi influenciada pela aplicação de ambos os fertilizantes utilizados. Os resultados indicam uma tendência similar à verificada para o teor de SS. Comportamento semelhante foi observado por Coolong et al., 2014, os quais observaram que a aplicação de  $\text{CaCl}_2$  a 1 e 2 % em tomates conduzidos em hidroponia não alterou a AT.

A resposta dos valores de AT aos fertilizantes foliares com cálcio se mostrou divergente durante a armazenagem de outros frutos. Mahmud et al. (2008) observaram que a acidez titulável da polpa de goiaba e de mamão diminuiu durante o armazenamento em função do aumento na concentração da solução de cálcio aplicada. Segundo esses autores, isso se deve à redução da respiração, o que implicaria atraso no processo de amadurecimento dos frutos tratados. Por outro lado Figueroa et al. (2012) verificaram que o uso de  $\text{CaCl}_2$  em morango (*Fragaria chiloensis*) não resultou em mudanças significativas na AT.

#### **3.1.5. Relação sólidos solúveis e acidez titulável**

A razão SS/AT não foi significativamente influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pelos tratamentos. Resultado semelhante foi encontrado por Coolong et al. (2014) em tomates cultivado em sistema hidropônico.

**Tabela 8.** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 11° C cultivados com a dose suficiente de cálcio na solução nutritiva

Tratamentos	F	SS	pH	AT	SS/AT
	N	°Brix	-	% de ácido cítrico	-
<sup>(1)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	17,81a	7,75a	4,46a	0,56a	13,83a
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	18,61a	7,55a	4,42a	0,54a	13,98a
Pulverização com água	15,72b	7,90a	4,49a	0,53a	14,90a
CV (%)	8,97	5,60	4,20	6,90	6,20
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	17,70a	7,75a	4,47a	0,54a	14,35a
Pulverização a cada 14 dias	17,06a	7,70a	4,56a	0,52a	14,80a
CV (%)	8,38	5,20	5,80	5,80	5,50
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	23,38a	7,70a	4,38a	0,56a	13,86a
9 dias após a armazenagem	18,80b	7,70a	4,36a	0,53a	14,57a
18 dias após a armazenagem	15,36c	7,75a	4,42ab	0,55a	14,06a
27 dias após a armazenagem	11,99d	7,80a	4,59b	0,51a	15,31a
CV (%)	8,33	11,1	9,80	6,60	9,70

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

**Tabela 9-** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 11° C cultivados com dose insuficiente de cálcio na solução nutritiva

Tratamentos	F	SS	pH	AT	SS/AT
	N	°Brix	-	% de ácido cítrico	-
<sup>(1)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	18,48a	7,75a	4,45a	0,56a	13,83a
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	19,28a	7,55a	4,41a	0,54a	14,35a
Pulverização com água	16,39b	7,90a	4,48a	0,53a	14,90a
CV (%)	8,97	5,60	4,20	6,90	6,20
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	17,70a	8,03a	4,49a	0,54a	14,80a
Pulverização a cada 14 dias	17,06a	7,98a	4,57a	0,52a	15,34a
CV (%)	8,38	5,20	5,80	5,80	5,50
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	23,38a	7,70a	4,38a	0,56a	13,86a
9 dias após a armazenagem	18,8b	7,70a	4,36a	0,53a	14,57a
18 dias após a armazenagem	15,36c	7,75a	4,42ab	0,55a	14,06a
27 dias após a armazenagem	11,99d	7,80a	4,59b	0,51a	15,31a
CV (%)	8,33	11,1	9,80	6,60	9,70

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

**Tabela 10-** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 25° C cultivados com dose suficiente de cálcio na solução nutritiva

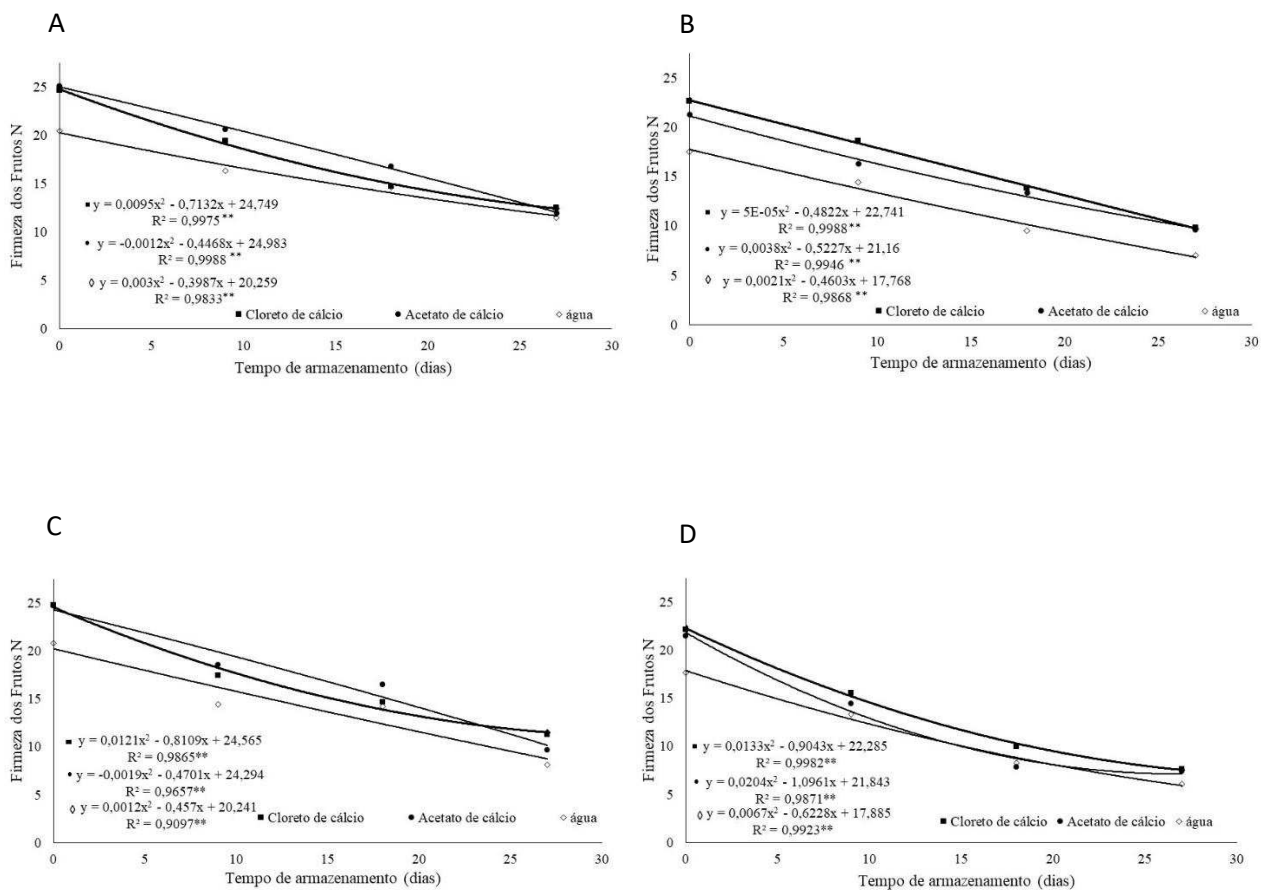
Tratamentos	F N	SS °Brix	pH -	AT % de ácido cítrico	SS/AT -
<sup>(1)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	17,06a	7,70a	4,36a	0,54a	14,25a
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	17,39a	7,65a	4,42a	0,52a	14,71a
Pulverização com água	14,40b	7,75a	4,46a	0,56a	13,83a
CV (%)	6,86	5,76	5,98	4,91	7,28
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	16,74a	7,68a	4,44a	0,55a	13,96a
Pulverização a cada 14 dias	15,83a	7,73a	4,38a	0,53a	14,58a
CV (%)	6,73	6,28	5,80	4,76	4,57
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	23,47a	7,65a	4,32a	0,56a	13,64a
9 dias após a armazenagem	16,82b	7,70a	4,38a	0,53a	14,57a
18 dias após a armazenagem	15,14c	7,70a	4,46ab	0,55a	13,95a
27 dias após a armazenagem	9,71d	7,75a	4,49b	0,52a	14,85a
CV (%)	9,90	7,12	9,80	6,65	5,70

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

**Tabela 11-** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 25° C cultivados com dose insuficiente de cálcio na solução nutritiva

Tratamentos	F N	SS °Brix	pH -	AT % de ácido cítrico	SS/AT -
<sup>(1)</sup> Pulverização com CaCl <sub>2</sub>	13,84a	7,67a	4,40a	0,55a	13,94a
Pulverização com Ca(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	12,83a	7,97a	4,38a	0,55a	14,49a
Pulverização com água	11,36b	7,97a	4,42a	0,54a	14,75a
CV (%)	7,01	5,98	8,22	8,97	6,20
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	12,69a	7,80a	4,39a	0,55a	14,18a
Pulverização a cada 14 dias	12,67a	7,80a	4,41a	0,54a	14,44a
CV (%)	5,86	4,82	5,84	3,84	4,59
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	20,48a	7,75a	4,32a	0,56a	13,81a
9 dias após a armazenagem	14,47b	7,70a	4,38a	0,53a	14,57a
18 dias após a armazenagem	8,71c	7,80a	4,44ab	0,55a	14,22a
27 dias após a armazenagem	7,06d	7,95a	4,49b	0,54a	14,70a
CV (%)	9,66	8,17	6,88	7,87	12,70

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.



**Figura 2.** Desdobramento da interações entre produtos aplicados e tempo de armazenamento para a firmeza dos frutos, nas seguintes condições: A, dose de cálcio suficiente e armazenado a 11°C; B, dose de cálcio insuficiente e armazenado a 11°C; C, dose de cálcio suficiente e armazenado a 25°C; D, dose de cálcio insuficiente e armazenado a 25°C.

#### 4. Conclusões

1- A utilização de pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{CaCl}_2$  ou  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  aumentou os teores de Ca das folhas e dos frutos, e independentemente da dose Ca utilizada na solução nutritiva, afetou positivamente os índices produção do tomate *Sweet Grape*.

2- Pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{CaCl}_2$  ou  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  controlaram parcialmente a podridão apical dos frutos do tomate *Sweet Grape* cultivados em solução nutritiva deficiente em Ca.

3- Pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{CaCl}_2$  ou  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  aumentaram a firmeza inicial (primeiro dia de avaliação) e final dos frutos (vigésimo sétimo dia de avaliação durante a armazenagem).

4- Pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{CaCl}_2$  ou  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  não interferiram nas características químicas do fruto, tais como sólidos solúveis, acidez titulável e razão SS/AT ao longo do período de armazenagem.

5- Pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{CaCl}_2$  ou  $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2]$  não são capazes de substituir a fertilização via radicular em condição de insuficiência de Ca na solução nutritiva.

## 5. Referências bibliográficas

- ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R.L.; BULL, L.T (2014). Relação k:ca:mg na solução nutritiva para a produção de mini tomate cultivado em substrato. **Irriga**, v.19, p. 214-224.
- AGHDAM, M.S.; HASSANPOURAGHDAM, M.B.; PALIYATH, G.; FARMANI, B (2012). The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. **Scientia Horticulturae**, v.144, p. 102-115.
- ALSHAIBANI, A.M.H.; GREIG J.K (1979). Effects of stage of maturity, storage, and cultivar on some quality attributes of tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.104, p.880-882.
- ALBUQUERQUE NETO, A. A. R.; PEIL, R. M. N (2012). Produtividade biológica de genótipos de tomateiro em sistema hidropônico no outono/inverno. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 613-619.
- AMARAL, A.M. **Efeitos de fontes de cálcio via foliar, no abortamento floral de laranjeiras (*Citrus sinensis* L.) Osbeck cv. Pera Rio (1995)**. Lavras: UFLA, 60 p. (Dissertação mestrado).
- AMIRI, E.M.; FALLAHI, E.; SAFARI, G. (2009) Effect of preharvest calcium sprays on yield, quality and mineral nutrient concentration of `Asgari` table grape. **International Journal of Fruit Science**, v.9, p. 294-304.
- BRACKMANN A.; SCHORR M.R.W.; PINTO J.A.V.; VENTURINI T.L (2010). Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1435-1438.
- BRADFIELD, E.G.; GUTTRIDGE, C.G (1984) Effects of night-time humidity and nutrient solution concentration on the calcium content of tomato fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 22, p. 207-217.
- BRUNETTO, G.; MELO, G. W.; KAMINSKI, J (2008). Aplicação foliar de cálcio em pessegueiro na Serra Gaúcha: avaliação do teor de nutrientes na folha, no fruto e produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.528-533.
- CARDOSO, L.; DEUS, V.; SILVA, E.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; DESSIMONI-PINTO, N. V (2013). Qualidade pós-colheita de morangos cv. Diamante tratados com cloreto de cálcio associado a hipoclorito de sódio. **Alimentos e Nutrição**, v.23, p.588-598.
- CASADO-VELA, J., SELLES, S., MARTINEZ, R.B., (2005). Proteomic approach to blossom-end rot in tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* M.): antioxidant enzymes and the pentose phosphate pathway. **Proteomics**, v.5 p.2488–2496.

CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; PAVINATO, A. **Manejo da adubação**. In: NOVAIS, R.F. et al. Fertilidade do solo. Ed.1. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.206-274.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B (2005). **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras UFLA, 2º edição revisada e ampliada. 783p.

COOLONG, T.; MISHRA, S.; BARICKMAN, C.; SAMS, C (2014). Impact of supplemental calcium chloride on yield, quality, nutrient status, and postharvest attributes of tomato. **Journal Plant Nutrition**. v.37, p.2316–2330.

DODD, A.N.; KUDLA, J.; SANDERS, D (2010). The language of calcium signaling. **Annals Review of Plant Biology**, v.61, p.593–620.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C.M (2009). Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 1044-1064.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R (2002). Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.564-570.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P (2015). **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. -- São Paulo: Abisolo. 150p.

FIGUEIREDO, M. A.; PIO, R.; SILVA, T. C.; SILVA, K. N. (2013). Características florais e carpométricas e germinação in vitro de grãos de pólen de cultivares de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.731-740

FIGUEROA, C.R.; OPAZO, M.C.; VERA, P.; ARRIAGADA, O.; DÍAZ, M.; MOYA-LEÓN, M.A (2012). Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall modifying genes in the Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit. **Food Chemistry**, v.132, p.2014-2022

FREITAS S.T.; MITCHAM E.J, (2012). Factors involved in fruit calcium deficiency disorders, **Horticultural Reviews**, v.40, p.107-146.

GAZOLLA-NETO, A.; GIACOBBO, C.L.; PAZZIN, D.; FACHINELLO, J.C (2007). Qualidade do pêssego, cv. Maciel, em função de adubação de base mais foliar. **Scientia Agraria**, v.8, p.233-237.

GENANEW, T (2013). Effect of postharvest treatment on storage behavior and quality of tomato of fruit. **World Journal of Agricultural Science** v.9, p.29-37.

GHAREZI, M.; JOSHI, N.; SADEGHLAN, E (2012). Effect of post-harvest treatment on stored cherry tomatoes. **Journal of Nutrition & Food Sciences**, v.2 p.1-10.

HEATH, D.W (2012). **US Patent** 8,097,792. Disponível em <https://www.google.com/patents/US7816583>, acessado em 18 de abril de 2017.

HO, L.C.; WHITE, P.J (2005). A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. **Annals of Botany**, v.95 p.571-581.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. Primeira edição digital.

ISLAM, M.Z.; MELE, M.A.; BAEK, J.P.; KANG, H.M (2016). Cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. **Horticulture Environment Biotechnology**, v.57, p. 46-52.

KITTERMANN, D.; NEUWALD, D.A.; STREIF, J (2010). Influence of calcium on fruit firmness and cell wall degrading enzyme activity in ‘Elstar’ apples during storage. **Acta Horticulturae**, n.877, p.1037-1043.

KRAEMER, T.; HUNSCHE, M.; NOGA, G (2009). Selected calcium salt formulations: Interactions between spray deposit characteristics and Ca penetration with consequences for rain-induced wash-off. **Journal Plant Nutrition**, v.32 p.1718-1730.

LEE, S.H.; KIM, W.S.; HAN, T.H. (2009). Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season’s pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). **Scientia Horticulture**, v.122, p.77–82

LIEBISCH, F.; MAX, J.F.J.; HEINE G.; HORST, W.J. (2009). Blossom-end rot and fruit cracking of tomato grown in net-covered greenhouse in Central Thailand can partly be corrected by calcium and boron sprays. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.172 p.140-150.

LÖTZE, E.; TURKETTI, S (2014). Efficacy of foliar application of calcium products on tomatoes as defined by penetration depth of and concentration within fruit tissues. **Journal of Plant Nutrition**, v.38, p. 2112-2115.

MAHMUD, T.M.M.; ERYANI-RAQEEB, A.; SYED, O.S.R.; MOHAMED ZAKI, A.R.; ERYANI, A (2008). Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica Papaya L.*). **American Journal of Agricultural & Biological Science**, v.43, p.526-533.

MALAVOLTA, E (1980). **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (1997). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba 2. ed.: POTAFOS, 319p.

MARSCHNER, P. (2012). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. Ed. London: Academic Press, 651p.

- OLLE, M.; BENDER, I. (2009) Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.84 p. 577–584.
- ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F (1996). Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB**, v. 14, p. 13-17.
- PAIVA, E. A. S.; SAMPAIO, R. A.; MARTINEZ, H. E. P (1998). Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, p. 2653-2661.
- PARK, S.; NING H.C.; JON, K.P.; KIL S.Y.; PARK, J (2005). Increased calcium levels and prolonged shelf life in tomatoes expressing arabidopsis  $H^+ /Ca^{2+}$  transporters. **Plant Physiology**, v.139 p.1194-1206.
- PEREIRA, H.S.; MELLO, S.C. (2002). Aplicações de fertilizantes foliares na nutrição e na produção do pimentão e do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p-656-668.
- PINHEIRO, S.C.F.; ALMEIDA, D.P.F (2008). Modulation of tomato pericarp firmness through pH and calcium: Implications for the texture of fresh-cut fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.4, p.119-125.
- PLESE, L.P.M.; TIRITAN, C.S.; YASSUDA, E.I.; PROCHNOW, L.I.; CORRENTE, J.E.; MELLO, S.C (1998). Efeitos das aplicações de cálcio e de boro na ocorrência de podridão apical e produção de tomate em estufa. **Scientia Agrícola**, v. 55, p.144-148.
- PRECZENHAK, A. P.; RESENDE, J. T. V.; CHAGAS, R. R.; SILVA, P. R.; SCHWARZ, K.; MORALES, R. G. F (2014). Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 348- 356.
- RAB, A.; I. HAQ (2012). Foliar application of calcium chloride and borax influences plant growth, yield, and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit. **Turkey Journal Agriculture**, v.36 p. 695-701.
- RAESE, J.T (1996). Winter hardiness increased with calcium treatments. **Good Fruit Grower** v.47, p.41-48.
- RAMEZANIAN, A.; M. RAHEMI.; VAZIFEHSHENAS, M.R (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. **Scientia Horticulturae**, v.121, p.171-175.
- RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I. F.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J (2004). Atividade de enzimas pectinametilsterase e poligalacturonase durante o madurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 206-212.
- RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B. N.; SALES, R. N.; AMARAL, R. D. A (2011). **Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes**

**condições de armazenamento.** Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, v.29, n.2, p.305-316.

SAMIRA, A.; WOLDETSADIK, K.; WORKNEH, T.S (2011) Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p.842-855.

SAKATA (2012). **Acúmulo de massa seca e curva de absorção de nutrientes em plantas de mini tomate *Sweet Grape*.** Relatório técnico, UNESP: Botucatu, 33p.

SAURE, M.C (2001). Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) – a calcium – or a stress-related disorder? **Scientia Horticulturae**, v. 90, p. 193-208.

SCHMITZ-EIBERGER, M.; HAEFS, R.; NOGA, G. (2002). Calcium deficiency-influence on the anti oxidative defense system in tomato plants. **Journal Plant Physiology**, v.159 p.733–742.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R.; CAIXETA, M.P (2004). Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, p.355-372.

VILAS BOAS, E.V.B (2015). **Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes de cálcio.** Lavras: UFLA. 94 p. (Dissertação mestrado).

WERNER, E.T.; JUNIOR-OLIVEIRA, L.F.G.D.; BONA, A.P.D.; CAVATI, B.; GOMES, T.D.U.H (2009). Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba ‘Cortibel’. **Bragantia**, v.68, p.511- 518.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. (2003) Calcium in plants. **Annals of botany** v.92 p.487–511.

WOJCIK P.; BOROWIK M (2013). Influence of preharvest sprays of a mixture of calcium formate, calcium acetate, calcium chloride and calcium nitrate on quality and ‘jonagold’ apple storability. **Journal of Plant Nutrition**, v.36, p.2023-2034.

ZAMBAN, D.T (2015). **Fenologia e efeito da utilização de doses de boro e cálcio sobre a produção de tomate italiano em duas épocas de cultivo.** Dissertação de mestrado (UFSM) 76 p.

## 6- Anexos

**Tabela 1.** Quadrados médios para produção total (PT), produção comercial (PC), número total de frutos (NTF), número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos comerciais (PMFC) e número de frutos com podridão apical (NFPA) do tomate *Sweet Grape* cultivados, em sistema hidropônico, até os 112 dias após o transplante (DAT)

Fontes de variação	Graus de liberdade	PT	PC	NTF	NFC	PMFC	NFPA
Dose (D)	1	1593697**	38738**	9762**	21633*	1.14 <sup>ns</sup>	391.0**
Produto (P)	2	283815**	961195**	2380**	7177*	2.88 <sup>ns</sup>	76.65**
Intervalo (I)	1	3469 <sup>ns</sup>	1235 <sup>ns</sup>	7.4 <sup>ns</sup>	494.1 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.0208 <sup>ns</sup>
D x P	2	20197 <sup>ns</sup>	15188 <sup>ns</sup>	75.4 <sup>ns</sup>	260 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	76.40**
D x I	1	140 <sup>ns</sup>	5840 <sup>ns</sup>	3.1 <sup>ns</sup>	270.7 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.1875 <sup>ns</sup>
P x I	2	83925 <sup>ns</sup>	12803 <sup>ns</sup>	581.3 <sup>ns</sup>	198.6 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.0208 <sup>ns</sup>
D x P x I	2	27363 <sup>ns</sup>	24858 <sup>ns</sup>	267.4 <sup>ns</sup>	417.2 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	0.1875 <sup>ns</sup>

<sup>(1)</sup> ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

**Tabela 2-** Quadrados médios para teores de cálcio (TCaFl), magnésio (TMgFL) e potássio (TKFL), em folhas do tomate *Sweet grape*, analisados aos 50 dias após o transplântio (DAT) e teores de cálcio (TCFR), magnésio (TMgFR) e potássio (TKFR), em frutos do tomate *Sweet grape*, analisados aos 80 dias após o transplântio (DAT)

Fontes de variação	Graus de liberdade	TCFL	TMgFL	TKFL	TCFR	TMgFR	TKFR
Dose (D)	1	181.31*	31.84*	0.57 <sup>ns</sup>	0.90*	0.15 <sup>ns</sup>	3.20 <sup>ns</sup>
Produto (P)	2	60.97**	0.24 <sup>ns</sup>	3.17 <sup>ns</sup>	0.11*	0.22 <sup>ns</sup>	4.67 <sup>ns</sup>
Intervalo (I)	1	0.17 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>ns</sup>	4.10 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>	7.77 <sup>ns</sup>
D x P	2	25.82 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	14.73 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	3.97 <sup>ns</sup>
D x I	1	0.01 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	3.70 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	1.40 <sup>ns</sup>
P x I	2	1.14 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	8.30 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.008 <sup>ns</sup>	15.64 <sup>ns</sup>
D x P x I	2	0.25 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0.57 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	1.29 <sup>ns</sup>

(<sup>1</sup>) ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

**Tabela 3.** Quadrados médios para firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de frutos de tomate *Sweet Grape* com cálcio suficiente armazenados a 25 e 11 C°

Fontes de variação	Graus de liberdade	Cálcio suficiente e armazenamento a 25 C°					Cálcio suficiente e armazenamento a 11 C°				
		F	SS	pH	AT	SS/AT	F	SS	pH	AT	SS/AT
Produto (P)	2	85.85**	1.45 <sup>ns</sup>	0.96 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	2.76 <sup>ns</sup>	29.37**	0.34 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	1.12 <sup>ns</sup>
Intervalo (I)	1	19.82 <sup>ns</sup>	0.85 <sup>ns</sup>	0.97 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>	9.66 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	1.98 <sup>ns</sup>
Avaliação (A)	3	771.1**	2.19 <sup>ns</sup>	1.65*	0.32 <sup>ns</sup>	2.98 <sup>ns</sup>	569.70**	1.91 <sup>ns</sup>	1.76*	0.23 <sup>ns</sup>	2.76 <sup>ns</sup>
P x I	2	1.02 <sup>ns</sup>	0.65 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	0.43 <sup>ns</sup>	1.34 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>
P x A	6	8.00 <sup>ns</sup>	1.15 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	1.87 <sup>ns</sup>	11.4**	0.28 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.75 <sup>ns</sup>
I x A	3	1.80 <sup>ns</sup>	0.59 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	1.50 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.35 <sup>ns</sup>
P x I x A	6	1.00 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	2.10 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	0.54 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>

(<sup>1</sup>) ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

**Tabela 4-** Quadrados médios para firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de frutos de tomate *Sweet Grape* com cálcio insuficiente armazenados a 25 e 11 C°

Fontes de variação	Graus de liberdade	Cálcio insuficiente e armazenamento a 25 C°					Cálcio insuficiente e armazenamento a 11 C°				
		F	SS	pH	AT	SS/AT	F	SS	pH	AT	SS/AT
Produto (P)	2	49.58**	1.89 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	2.65 <sup>ns</sup>	141.82**	1.65 <sup>ns</sup>	0.66 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	1.20 <sup>ns</sup>
Intervalo (I)	1	0.01 <sup>ns</sup>	0.98 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>	0.49 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	1.09 <sup>ns</sup>
Avaliação (A)	3	890.8**	2.02 <sup>ns</sup>	1.14*	0.09 <sup>ns</sup>	2.43 <sup>ns</sup>	256.00**	2.12 <sup>ns</sup>	1.54*	0.31 <sup>ns</sup>	2.67 <sup>ns</sup>
P x I	2	2.95 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	0.61 <sup>ns</sup>	0.003 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	1.55 <sup>ns</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.80 <sup>ns</sup>
P x A	6	7.60 <sup>ns</sup>	0.98 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	1.56 <sup>ns</sup>	4.87 <sup>ns</sup>	0.78 <sup>ns</sup>	0.65 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>ns</sup>
I x A	3	2.10 <sup>ns</sup>	0.97 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>	0.56 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>
P x I x A	6	2.20 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	2.40 <sup>ns</sup>	0.80 <sup>ns</sup>	0.64 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>

(1) ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

## CAPÍTULO 2

### USO DA FERTILIZAÇÃO FOLIAR COM BORO NA PRODUÇÃO E PÓS-COLHEITA DE TOMATE SWEET GRAPE EM CULTIVO HIDROPÔNICO

#### Resumo

O boro (B), dentre os micronutrientes exigidos pelo tomateiro, pode ser considerado o de maior importância, pois desempenha várias funções, destacando-se o papel na formação da parede celular, germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico, no metabolismo e transporte de carboidratos e importância no crescimento radicular. A adubação com B para o tomateiro pode ser feita usando fertilizantes no solo ou nas folhas por meio de pulverizações. O uso de diferentes adubos foliares contendo B pode interferir na eficiência da fertilização, pois o desempenho de cada produto pode ser determinado pelas suas propriedades físico-químicas. Não foram encontrados trabalhos na literatura testando a eficiência de diferentes formulações de fertilizantes foliares contendo B aplicadas durante o ciclo de produção do tomateiro. Dessa forma objetivou-se com este trabalho avaliar a eficiência da aplicação de dois diferentes fertilizantes foliares comerciais contendo boro, aplicados em dois intervalos de tempo, e seus possíveis efeitos nos componentes de produção do tomate *Sweet Grape*. Para isso, foi implementado um experimento em sistema hidropônico comercial em esquema de parcelas sub-subdivididas, em que foram fornecidas duas doses de boro na solução nutritiva: suficiente ou insuficiente, acompanhadas de pulverizações foliares com aplicação em intervalos de 7 ou 14 dias, utilizando-se diferentes adubos foliares comerciais: ácido bórico a 10 % e octaborato de sódio 20 %. Durante o período experimental avaliaram-se as características de produção das plantas e a incidência do sintoma de lóculo aberto nos frutos. Para avaliar a qualidade pós colheita dos frutos, durante o experimento a campo foram amostrados 40 frutos de cada planta que foram armazenados em condições controladas de 25 e 11 C° por 27 dias. Avaliaram-se a firmeza do fruto, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), e razão SS/AT. Os resultados evidenciaram que a fertilização foliar com B foi efetiva para aumentar a produção e controlar deficiências nos frutos somente na condição de insuficiência desse elemento na solução nutritiva, não havendo distinção com a aplicação das duas diferentes fontes de boro, assim como com as frequências de aplicação. O uso de ambos os adubos foliares de B alterou os atributos de qualidade pós colheita dos frutos somente quando a dose de B fornecida via solução nutritiva foi insuficiente.

**Palavras Chaves:** *Solanum lycopersicum* L., Floema, paredes celulares

## CHAPTER 2

### USE OF FOLIAR FERTILIZATION WITH BORON IN PRODUCTION AND POST-HARVEST OF SWEET GRAPE TOMATO IN HYDROPONIC CULTIVATION

#### Abstract

Boron (B) can be considered the most important micronutrient required by the tomato plant, performing several functions, such as its role in cell wall formation, pollen grain germination, pollen tube growth, metabolism and transport of carbohydrates, and importance in root growth. Fertilization with B for tomato can be performed by applying fertilizers to the soil or by spraying liquid solutions on the leaves. The use of different fertilizers containing B can interfere in the fertilization efficiency, since the performance of each product can be determined by its physicochemical properties. Studies testing the efficiency of different formulations of foliar fertilizers containing B applied the production the productive cycle of tomato were scarce in the literature. The objective of this study was to evaluate the application efficiency of two different boron-based commercial foliar fertilizers applied at two time intervals and their possible effects on the yield components of Sweet Grape tomato. For this, an experiment was carried out in a commercial hydroponic system in a split plot scheme, in which two doses of boron were supplied in the nutrient solution: sufficient or insufficient, accompanied by foliar sprays application 7 or 14 day intervals, using different commercial foliar fertilizers: boric acid at 10.0% and sodium octaborate at 20.0%. During the experimental period, the plant production traits and the incidence of blossom end rot in the fruits were evaluated. In order to evaluate the post-harvest quality of the fruits during the field experiment, 40 fruits of each plant were sampled and stored under controlled conditions of 25 and 11°C for 27 days. The results demonstrated that the efficiency of foliar fertilization with B on the productivity and control of fruit deficiencies occurred only in the condition of insufficiency of this element in the nutrient solution, with no distinction of effects in the application of the two different sources of boron, as well as in their application frequencies. Furthermore, the use of these foliar fertilizers was able to replace the root fertilization in the condition of B insufficiency in the nutrient solution. Fruit firmness, soluble solids content (SS), titratable acidity (AT), and SS/AT ratio were evaluated. The application of both foliar fertilizers containing B affected the post-harvest quality attributes of the fruits only when the insufficient dose of B was provided in the nutrient solution.

**Key Words:** *Solanum lycopersicum* L., Phloem, Cell wall

## 1- Introdução

O boro (B) é o micronutriente cuja sua deficiência é comum e surge de maneira frequente no tomateiro (PREZOTTI, 2010; MAIA, 2012). O B atua em vários processos biológicos importantes como o metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares, síntese de ácidos nucléicos e fitormônios (TAIZ e ZIEGER, 2013), na formação de parede celular e na divisão celular (DECHEN et al., 2006). O B também um elemento importante para a absorção, transporte e metabolismo de cátions, especialmente o cálcio, além de ajudá-lo na sua função de de formação de pectatos que são constituintes das paredes e membranas celulares (WHITE e BROADLEY, 2003). Plese et al. (1998) verificaram que a aplicação 1 g por cova de B aumentou a produção de tomate e reduziu a podridão apical. Segundo Lee et al. (2009) o B atua juntamente com o cálcio na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumentando a fecundação da flores.

No tomateiro a deficiência de B acarreta a diminuição da produtividade, efeito que decorre do abortamento de flores e frutos e redução do tamanho médio dos frutos (DAVIS et al., 2003). Além disso a deficiência de B provoca a diminuição do crescimento radicular e conseqüentemente reduz o volume de solo explorado pelas raízes, minimizando o aproveitamento de água e nutrientes (MAGALHÃES, 1988). O boro também se relaciona a aparência do fruto determinando a sua aceitação no mercado consumidor. No tomate a deficiência desse elemento pode acarretar o lóculo aberto de frutos (BASTÍAS et al., 2010). Em outras culturas também são relatados problemas resultantes da deficiência de B. Cunha e Haag, (1980) observaram má formação dos frutos com aspecto encaroçado e escorrimento de látex na casca no mamoeiro. Shelp et al. (1992) observaram caule oco e bronzeamento da couve flor e dos brócolis. O efeito do B na morfologia do fruto é creditado à sua ação na estruturação da parede celular e na funcionalidade da membrana plasmática (MARSCHNER, 2012).

O boro também pode afetar a qualidade pós colheita de produtos agrícolas, uma vez que é um nutriente que fornece resistência e estabilidade a parede celular (TAIZ e ZEIGER, 2013), resultando em frutos mais resistentes ao transporte e com maior período para a comercialização. Segundo Liebisch et al., (2009) o B auxilia o Ca na deposição e formação de pectatos que formam parte dessas estruturas, resultando em frutos com maior firmeza. Segundo Hu e Brown (1994) 95% do B contido nas células está localizado na parede celular associado a pectinas. A pectina é um dos principais polissacarídeos com função de conferir resistência à parede celular das plantas e vários polímeros são responsáveis pela sua biossíntese, dentre eles, Rhamnogalacturonan II em cuja constituição o boro está presente (O'NEILL et al., 2004).

O boro é absorvido pelas plantas como ácido bórico, e a exemplo do cálcio a taxa de transpiração é a que mais influencia a sua absorção (MARSCHNER, 2012). O movimento do B na planta se dá pela corrente transpiratória, via xilema, apresentando pouca mobilidade no floema na maioria das espécies de plantas (MARSCHNER, 2012). Entretanto, Brown e Shelp (1997) salientam que algumas plantas se diferenciam quanto à redistribuição de B, como a macieira e a amexeira, que sintetizam polióis, que formam complexos com o B nos tecidos fotossintéticos, possibilitando seu transporte no floema, para drenos ativos, incluindo meristemas vegetativos ou reprodutivos, folhas jovens, frutos e sementes. Porém para a maioria das espécies cultivadas como o tomateiro o boro é considerado imóvel (MARSCHNER, 2012).

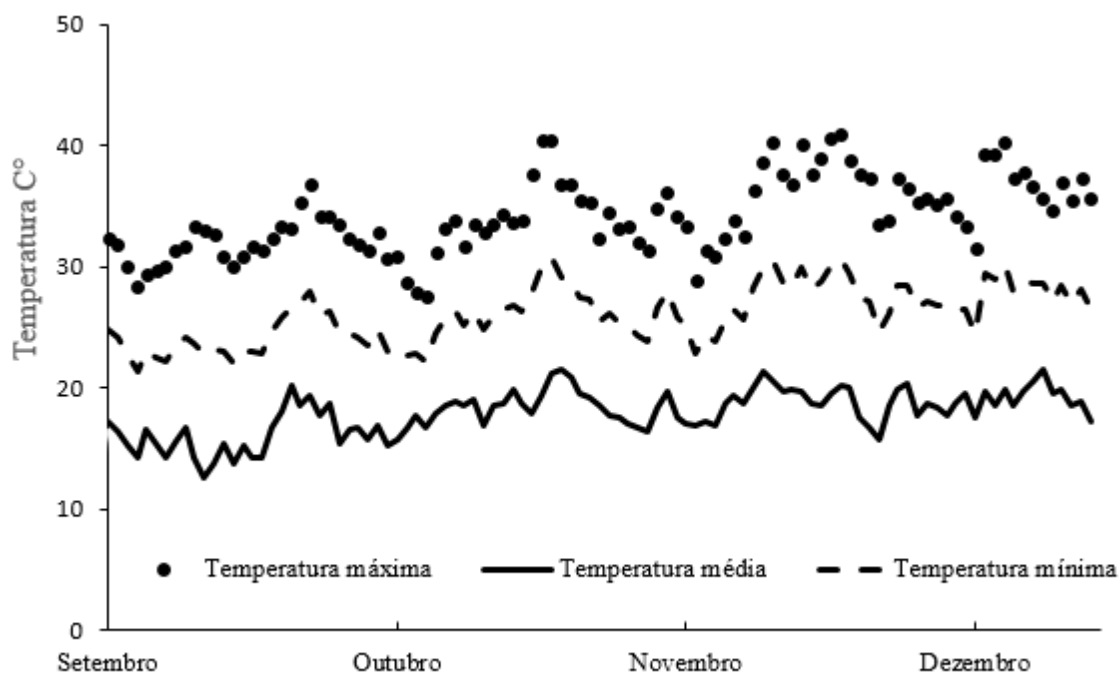
Quando o nutriente é imóvel torna-se necessário seu fornecimento frequente para atender as exigências de novos órgãos em formação como frutos, flores e zonas meristemáticas. Desse modo, as aplicações foliares de B constituem uma boa alternativa de suplementação para as plantas (GONDIM et al., 2014). Segundo Fageria et al. (2009) os nutrientes que apresentam maior eficiência de aplicação foliar são aqueles necessários às plantas em concentrações menores do que (1 a 2%) e que possuem mobilidade restrita nas plantas, destacando-se nesse contexto o boro. Segundo Fernandez et al., (2015) diferentes ingredientes ativos nos fertilizantes foliares podem interferir na eficiência e no potencial dessa tecnologia, afinal o desempenho de cada produto é determinado pelas suas propriedades físico-químicas, além de que a dose aplicada interfere na taxa de penetração da solução. Não foram encontrados na literatura trabalhos que comparem a ação de diferentes fertilizantes foliares de B aplicados na cultura do tomateiro

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho será avaliar os efeitos de distintas fontes e frequências de aplicação de fertilizantes foliares comerciais contendo boro em condições de suficiência ou deficiência desse elemento na solução nutritiva e seus possíveis efeitos nos componentes de produção e qualidade pós colheita do tomate *Sweet Grape* produzido em sistema hidropônico.

## **2. Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil (latitude 20° 45' 14" S, longitude 42° 52' 55" a uma altitude de 650 metros). O experimento foi conduzido de setembro a dezembro de 2016. A casa de vegetação utilizada é revestida de vidro transparente, suas aberturas laterais são fechadas com tela antiáfídica e possui pé direito de 2,4 metros. As temperaturas médias

máximas e mínimas registradas durante o período experimental estão representadas na figura 1.



**Figura 1.** Valores médios mensais de temperatura máxima e mínima (°C) durante o período experimental.

A solução nutritiva padrão adotada para o cultivo foi a modificada de Fernandes et al. (2002): 8,0; 2,0; 4,0; 2,0; 1,0 e 1,0 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S e 50,0; 20,0 7,5; 4,0; 0,9 e 0,7 µmol L<sup>-1</sup> de Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo para a fase vegetativa, utilizada do primeiro ao vigésimo primeiro dias após o transplanto (DAT) e 12,0; 2,0; 6,0; 3,0; 1,5; 1,5 mmol L<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca, Mg e S mmol L<sup>-1</sup> e 60,0; 10,0; 4,0; 1,3 e 0,7 µmol L<sup>-1</sup> de Fe, Mn, Zn, Cu, Mo para a fase reprodutiva (22 ao 112 DAT). Os tratamentos constaram apenas de alterações, isoladas, das doses de B na fase reprodutiva: boro suficiente, com 25 µmol L<sup>-1</sup> de B, recomendada para a fase reprodutiva segundo Fernandes et al. (2002) e boro insuficiente, com 6,25 µmol L<sup>-1</sup> de B (redução de 75% da dose recomendada)

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas sub-subdivididas com quatro repetições, no delineamento de blocos casualizados, tendo como parcelas doses de boro. Nas subparcelas alocaram-se os fontes de B utilizados como fertilizantes foliares comerciais contendo: ácido bórico e octaborato de sódio (Tabela 1) e tratamento controle (água). Por fim nas sub-subparcelas foram alocadas as frequências de aplicação dos fertilizantes foliares (7 ou 14 dias). As aplicações foliares foram iniciadas a partir do florescimento e finalizadas na semana final do período experimental. Foi utilizada 48 unidades experimentais, sendo que cada planta constituiu uma unidade experimental.

As quantidades de fertilizantes foliares aplicados foram calculadas de acordo com as doses e volume de calda recomendados pelo fabricante para os respectivos produtos, de modo que cada planta recebeu um volume fixo de 50 mL de calda em cada aplicação (Tabela 2). A aplicação dos fertilizantes foi feita com auxílio de um pulverizador manual com um bico cone cheio. Foram utilizadas cortinas plásticas posicionadas entre as plantas no momento da pulverização, afim de evitar a deriva da calda para as plantas que não constituíam o tratamento em questão.

**Tabela 1.** Garantias mínimas fornecidas pelos os produtos Boro 10<sup>®</sup> e Boro Mais<sup>®</sup>

Nome comercial	Fontes de B	Teor de B (%)	Densidade a 20° C (g.cm <sup>-3</sup> )	pH	Solubilidade em água (%)	Natureza física
Boro 10 <sup>®1</sup>	Ácido bórico	10	1,3	5,3	100	Suspensão Homogenia
Boro Mais <sup>®2</sup>	Octaborato de sódio	20	1,1	7,0	100	Pó

Fontes: <sup>1</sup>Oxiquímica<sup>®</sup> e <sup>2</sup>Ecofol<sup>®</sup>

A solução nutritiva foi bombeada de reservatórios de 60 L de capacidade por meio de um conjunto moto-bomba de 0,25 CV, que alimentou as linhas de irrigação. O acionamento das bombas ocorreu diariamente às 6:00 a.m., 9:00 a.m., 11:00 a.m., 12:00 p.m., 1:00 p.m., 2:00 p.m., 3:00 p.m. e 6:00 p.m controlado por um temporizador. As lâminas de irrigação para cada minuto de acionamento das bombas foi de 1,05 mm. Durante o 1° ao 40° DAT as bombas se mantinham ligadas por 2 minutos para cada frequência de irrigação; do 41° ao 80° DAT por 3 minutos e do 81° ao 112° DAT por 4 minutos. A solução nutritiva drenada dos vasos retornava aos tanque por gravidade através de canos coletores fixados abaixo das bancadas, e era recirculada para os vasos através do acionamento das bombas.

O pH da solução foi monitorado e ajustado à faixa de 5,5 a 6,5 utilizando-se HCl ou NaOH. Foram realizadas reposições periódicas dos nutrientes, com base na redução da condutividade elétrica admitindo-se até 30% de depleção. Entre essas reposições, o volume da solução de cada tanque foi medido e completado com água admitindo-se uma redução máxima de 40% do volume inicial.

**Tabela 2.** Doses e volume de calda utilizados no experimento com base na recomendação dos fabricantes

Produto	Princípio Ativo	Nº de Plantas/ha	Dose/ha	Nº de Plantas/área experimental	Dose Produtos/área experimental	Volume de calda recomendado/20000 plantas	Volume de calda/ 16 plantas	Volume de calda por planta
Boro 10 <sup>®</sup>	Ácido bórico	20000	2000 mL/há	16	1,6 mL	1000 L	0,8 L	0,05 L
Boro Mais <sup>®</sup>	Octaborato de sódio	20000	2000 mL/há	16	1,6 g	1000 L	0,8 L	0,05 L

As mudas da variedade *Sweet Grape* utilizadas no experimento foram produzidas por um viveiro comercial (Agro Mudas) localizado no município de Pará de Minas – MG. A semeadura ocorreu em bandejas de poliestireno expandido com 128 células preenchidas com fibra de coco. O transplante das mudas ocorreu aos 40 dias após o semeio, para vasos de 8 litros preenchidos com fibra de coco da marca Golden Mix<sup>®</sup>, cuja características químicas e físicas estão explicitadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Características físico químicas do substrato Golden Mix<sup>®</sup>

Características	Valores
pH	6,0 (+/- 0,5)
Condutividade elétrica (mS.cm <sup>-1</sup> )	0,6 (+/- 0,3)
Densidade (kg.m <sup>-3</sup> )	85
Capacidade de retenção de água (p/p)	550
Umidade máxima (p/p)	55

As plantas foram conduzidas em espaçamento de 0,5 m x 1,0 m entre plantas e entre linhas respectivamente, com duas hastes, tutoradas com fitilho e com poda apical acima da terceira folha do sexto cacho floral. Foram realizadas desbrotações constantes para eliminação dos brotos laterais. O manejo fitossanitário das plantas foi efetuado conforme os tratamentos preconizados para cultivos em ambiente protegido (VIDA et al., 2004). Durante o experimento as plantas receberam pulverizações de Actara<sup>®</sup> (THIAMETHOXAM na dose de 4 g para 20 L), Mospilan<sup>®</sup> (ACETAMIPRID na dose 5 g para 20 L), Abamectin<sup>®</sup> (ABAMECTINA 15 mL para 20 L) e Nomolt<sup>®</sup> (TEFLUBENZURON 5 mL para 20 L) para o controle de insetos pragas e Folicur<sup>®</sup> (TEBUCONAZOL 20 mL para 20 L) para o controle de doenças. O número e a frequência das aplicações foram feitas de acordo com a prescrição da bula de cada produto usado.

## 2.1. Avaliações

### 2.1.1. Produção

A colheita foi realizada semanalmente a partir do 60 DAT coletando-se apenas os frutos maduros seguindo os padrões de colheita descritos por HEATH, (2012) para a

variedade *Sweet Grape*. Em seguida os frutos foram contados, pesados e classificados em comerciais e não comerciais segundo os padrões de comercialização determinados pela Sakata sudamerica<sup>®</sup>: Frutos comerciais - Peso entre 5 a 18 gramas, com ausência de danos por rachadura, por podridão apical e por pragas ou doenças. Os frutos que não se enquadravam dentro dessas características foram classificados como não comerciais.

Para a avaliação do desempenho agrônômico dos híbridos foram avaliadas as seguintes características:

**Produção total:** Peso total de frutos (comerciais + não comerciais) colhidos ao longo do período experimental

**Produção de frutos comerciais:** Peso total de frutos comerciais colhidos ao longo do período experimental

**Número total de frutos:** Número de frutos (comerciais + não comerciais) colhidos ao longo do período experimental.

**Número de frutos comerciais:** Número de frutos comerciais colhidos ao longo do período experimental

**Média de peso de frutos comerciais:** Peso dos frutos comerciais, dividido pelo seu número de frutos

**Número de frutos com lóculo aberto:** Número de frutos com sintomas visuais de lóculo aberto.

### 2.1.2 Qualidade pós colheita

Foram amostrados frutos comerciais maduros do terceiro e quarto cacho floral. Os frutos foram armazenados em embalagens PET com 20 unidades cada, totalizando aproximadamente 200 g, e submetidos ao um período de armazenamento em câmaras com temperatura controlada. Foram coletados 5 frutos em cada época de avaliação para se determinar firmeza, pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável. As avaliações foram feitas no Laboratório de Recursos Genéticos da UFV.

As avaliações foram feitas utilizando o esquema de parcelas sub-subdividas, tendo como parcelas os frutos onde se aplicou os diferentes fontes de B utilizados como fertilizantes foliares comerciais em pré-colheita: cloreto de cálcio e acetato de cálcio (Tabela 1). Nas subparcelas alocaram-se as frequências que foram aplicados os fertilizantes foliares (7 ou 14 dias). Por fim nas sub-subparcelas foram alocadas os dias de armazenamento dos frutos (0, 9, 18 e 27 dias). As avaliações foram feitas combinando-

se frutos colhidos nas duas doses de cálcio na solução nutritiva (1,5 e 3,0 mmol L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>) com duas temperaturas de armazenamento dos frutos (25 C° e 11 C°).

### **Firmeza**

A firmeza foi realizada em 5 frutos, determinada com auxílio de um penetrômetro de bancada Soilcontrol/USA, modelo PDF-200 com ponteiras de 4,0 mm de diâmetro. Essa medição foi efetuada na região equatorial dos frutos obtendo-se o valor médio para cada fruto. Os resultados obtidos foram expressos em Newtons (N) de força.

### **pH**

Foi determinado por leitura direta na solução da polpa homogeneizada e triturada utilizando-se um potenciômetro da marca Hanna Instruments e modelo pH 21 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

### **Teor de sólidos solúveis**

A avaliação de sólidos solúveis foi realizada por refratometria, utilizando-se um refratrômetro óptico digital da marca Hanna Instruments modelo HI 96801 com precisão de 0,1° Brix, através de uma leitura direta da polpa das frutas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

### **Acidez titulável**

A acidez total titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, dosada por titulação de 5 g de polpa homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,005 mol L<sup>-1</sup>, até a faixa de pH 8,2-8,4 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

### **Relação sólidos solúveis/acidez titulável**

A relação SS/AT foi determinada dividindo-se o valor de sólidos solúveis pelo valor de acidez titulável.

### **2.1.3. Estado nutricional das plantas**

Foi amostrada a quarta folha de cada haste a partir do ápice (folha índice), no período de surgimento dos primeiros frutos maduros. A seguir as folhas foram lavadas em água destilada, e secadas em estufa de ventilação forçada à 65°C até atingir peso constante. Da mesma forma foram amostrados 6 frutos entre o terceiro e quarto cacho floral aos 80 dias após o transplântio (DAT), que seguiram para lavagem em água destilada. Posteriormente os frutos foram cortados para facilitar a perda de água, colocados em bandejas de alumínio e levados a estufa para secagem até peso constante.

As amostras das folhas e dos frutos foram e moídas em moinho tipo Wiley, e foram determinados os teores de B e Ca. O boro foi determinado colorimetricamente pelo método da Azometina H (WOLF, 1974), após mineralização por via seca em mufla, a 550°C. O cálcio foi determinado após mineralização pela digestão nítrico-perclórica e dosado por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1997).

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1. Produção**

Os valores da produção obtida com 112 dias após o transplântio (DAT) em kg por planta de frutos comerciais e não comerciais, número de frutos totais e comerciáveis, massa média dos frutos comerciais, em relação aos tratamentos estão apresentados na Tabela 4. A produção acumulada com 112 DAT é considerada como 41 % do potencial produtivo da variedade, que têm seu ciclo produtivo completo aos 252 DAT (SAKATA, 2012). Abrahão et al. (2014) demonstraram que a produção do tomate *Sweet Grape* produzidos em sistema hidropônico e conduzidos com uma haste até os 90 DAT com 6 cachos variou de 1,5 kg e 1,3 kg por planta conforme os diferentes tratamentos aplicados no trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a deficiência de boro afetou a todas as variáveis de produção em estudo exceto o tamanho dos frutos (Tabela 3), e que a fertilização foliar só teve efeitos quando a dose de B em solução era insuficiente, fato esse pode ser observado na significância das interações entre doses e produtos (D x P), e de seus desdobramentos (Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9).

**Tabela 4.** Produção total (PT), produção comercial (PC), número total de frutos (NTF), número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos comerciais (PMFC) e número de frutos com lóculo aberto (NFLA) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Tratamentos	PT	PC	NTF	NFC	PMFC	NFLA
	----g/planta---					
<sup>(1)</sup> Dose de 100% de B	3223a	2889a	298,4a	273,8a	10,55a	0,00b
Dose de 25% de B	3002b	2697b	280,0 b	258,3b	10,44a	0,41a
CV (%)	10,90	12,2	7,37	8,15	7,70	41,4
<sup>(2)</sup> Pulverização com H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3222a	2872a	298,9a	272,5a	10,54a	0,00b
Pulverização com Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub>	3206a	2865a	298,0a	270,6a	10,58a	0,00b
Pulverização com água	2924b	2641b	270,8b	255,0b	10,35a	0,61a
CV (%)	15,20	10,48	7,46	12,70	8,50	32,2
<sup>(3)</sup> Pulverização a cada 7 dias	3112a	2744a	286,5a	262,4a	10,45a	0,25a
Pulverização a cada 14 dias	3168a	2847a	292,1a	270,2b	10,53a	0,17a
CV (%)	13,80	6,90	7,15	7,15	11,80	25,2

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(2)</sup>.

**Tabela 5.** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para a produção total (PT) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de B	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 µmol L <sup>-1</sup>	6,25 µmol L <sup>-1</sup>
-----g/planta-----		
Ácido bórico	3245 Aa	3199 Aa
Octaborato de sódio	3239 Aa	3174 Aa
Água	3185 Aa	2663 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito da fonte de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 6.** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para a produção comercial (PC) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de B	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$	6,25 $\mu\text{mol L}^{-1}$
-----g/planta-----		
Ácido bórico	2927 Aa	2817 Aa
Octaborato de sódio	2934 Aa	2797 Aa
Água	2806 Aa	2477 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 7.** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para o número total de frutos (NTF) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de B	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$	6,25 $\mu\text{mol L}^{-1}$
Ácido bórico	300,4 Aa	295,9 Aa
Octaborato de sódio	299,2 Aa	295,2 Aa
Água	295,4 Aa	247,0Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 8.** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para o número de frutos comerciais (NFC) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de B	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$	6,25 $\mu\text{mol L}^{-1}$
Ácido bórico	277,4 Aa	268,3 Aa
Octaborato de sódio	274,4 Aa	265,7 Aa
Água	269,6 Aa	240,7 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 9-** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para o número de frutos com lóculo aberto (NFLA) em tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Adubos Foliares	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$	6,25 $\mu\text{mol L}^{-1}$
Ácido bórico	0,00 Bb	0,00 Bb
Octaborato de sódio	0,00 Bb	0,00 Bb
Água	0,00 Bb	0,61 Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

As quedas observadas na produção nas plantas que receberam solução nutritiva deficientes em B com ausência de adubação foliar, podem ter sido decorrentes do maior abortamento floral e/ou menor quantidade de flores produzidas, já que o peso médio dos frutos não foi afetado pelos tratamentos. O híbrido *Sweet grape* é caracterizado por apresentar altas produtividades, média 8 kg por planta (PRECZENHAK et al., 2014), considerando que o peso médio de seus frutos é de 10 gramas (HEATH, 2012) e a cultivar produz em torno de 800 frutos durante seu ciclo. Isso reflete o número excessivo de flores produzidas, e explicaria as reduções observadas na quantidade de frutos quando houve uma severa deficiência de B na solução nutritiva. O B juntamente com o cálcio possui a função de estimular a germinação do grão de pólen e do crescimento do tubo polínico (LEE et al., 2009; DANNER et al., 2011), fato fundamental para a formação dos frutos. No tomateiro, Gupta e Munro (1969) observaram, maior número de frutos com a aplicação de 2 mg L<sup>-1</sup> de B em relação à omissão do nutriente na solução nutritiva.

A exigência nutricional de B nas plantas cultivadas torna-se, em geral, mais intensa com o início da fase reprodutiva, pois as lavouras encontram-se em pleno desenvolvimento vegetativo, somado à forte demanda por nutrientes para a formação das estruturas reprodutivas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Gondim, (2009) observou que a omissão do boro na solução nutritiva afeta amplamente o desenvolvimento do tomateiro. No presente estudo as plantas que foram cultivadas em deficiência de B na solução nutritiva na ausência da fertilização foliar tiveram seus teores de B abaixo do nível crítico preconizado por Malavolta et al. (1997) que é de 50 a 70 mg/kg de B (Tabela 11).

A aplicação dos fertilizantes foliares na condição de insuficiência de B na solução (6,25  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) nutritiva foi capaz de igualar os índices de produção das plantas ao das que receberam a dose adequada (25,00  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ). Isso ocorreu independentemente da fonte de B empregada na fertilização foliar ou da sua frequência de aplicação (Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9). Resultados semelhantes aos deste trabalho foram obtidos por Prado et al. (2013) que conduzindo um experimento com tomates da cultivar Raisia, em sistema hidropônico, com omissão de boro na solução nutritiva, observou que a aplicação de ácido bórico via foliar (0,17  $\text{g L}^{-1}$ ) foi capaz de igualar a produção de frutos por planta em comparação com a dose considerada ideal. Outros trabalhos indicam que a aplicação foliar de B é capaz de suprir o tomateiro com este elemento em ocasião de ocorrência de deficiência na planta, Roosta e Hamidpour (2011) conduzindo um experimento com tomates em sistema de aquaponia, onde são recorrentes os problemas com deficiências nutricionais, observou que a aplicação quinzenal de ácido bórico com (0,5  $\text{g L}^{-1}$ ) incrementou a produtividade em relação ao controle. Gondim et al. (2014) conduzindo um experimento com tomates e beterrabas, em hidroponia, com ausência de B na solução nutritiva, observaram que a aplicação foliar de ácido bórico na concentração de 0,340 e 0,065  $\text{g L}^{-1}$  para o tomate e beterraba respectivamente, aplicados três vezes durante os ciclos de produção, foi responsável por aumentar a produção das duas culturas.

Os resultados obtidos neste estudo e confirmados por outros trabalhos sugerem que a adubação foliar com ambos os fertilizantes foliares de boro pode suprir a demanda do tomateiro em condições de deficiência desse nutriente na planta. Fageria. (2009) relatou que os nutrientes que apresentam maior eficiência na aplicação foliar em solos que apresentam deficiências nutricionais, são aqueles que as plantas necessitam em concentrações menores, e possuem baixa mobilidade no floema, destacando-se nesse contexto o B. Trani e Raij 1997 relatam que a adubação com B para o tomateiro pode ser feita por aplicação de fertilizantes no solo ou através de soluções direcionadas as folhas. Desde que realizada de maneira correta, a aplicação foliar é mais rápida e eficiente do que a fertilização via solo (Carrasco-Gil et al., 2016). Em tomateiros produzidos em ambiente protegido, Rodrigues et al. (2002) observaram uma maior eficiência da adubação foliar com boro do que daquelas feitas via fertirrigação ou por meio da aplicação de adubos sólidos. Neste trabalho foi verificados maiores teores foliares de B quando realizou a adubação foliar em comparativamente às duas formas de adubação.

No presente estudo não houve incrementos na produção quando se aplicaram os fertilizantes foliares nas plantas cultivadas com a dose adequada de B na solução nutritiva

(25,00  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ). No entanto, foi possível observar que houve incrementos nos teores de B nas folhas e nos frutos em relação à não pulverização. Esse fato ocorreu independentemente das doses de B empregadas nas soluções nutritivas e da frequência das pulverizações (Tabela 10). Esses resultados permitem supor que: A) Houve uma pequena taxa de remoção do nutriente da folha para o floema dada a baixa mobilidade desse elemento no tomateiro (Gondim, 2009) resultando em acúmulo de B nas folhas. B) As concentrações de B na planta estão muito acima do nível crítico, mas abaixo da zona de toxidez, assim não se alterou a produção de frutos nas plantas (DUGGAN et al., 2009). Isso pode ser confirmado na (tabela 10) onde os teores de B estão muito acima do nível crítico proposto para a cultura que são de 50 a 70  $\text{mg/kg}^{-1}$  de B segundo Malavolta et al. (1997), e abaixo da concentração que causa toxidez (209  $\text{mg mg/kg}^{-1}$ ) segundo Gunes et al. (1999).

Não houve alterações nos teores de Ca com aplicação dos fertilizantes foliares contendo B, bem como, com o fornecimento das duas doses de B na solução nutritiva. Esses resultados divergem dos resultados obtidos por Ramon et al. (1990), que constataram que a deficiência de B no solo afeta a absorção de Ca e sua concentração na planta. Yamauchi et al. (1986) também verificaram que a deficiência de B no solo induz à diminuição de Ca na fração pectina da parede celular de folhas de tomate. Uma hipótese para justificar essa discrepância nos resultados, consiste no fato dos trabalhos encontrados na literatura terem sido realizados em campo e o presente estudo foi realizado em sistema hidropônico. A deficiência de B é responsável por gerar uma grande restrição ao crescimento radicular (MAGALHÃES, 1988) que diminuí o volume de solo explorado, minimizando assim a absorção do cálcio, pois esse elemento é significativamente absorvido pelo mecanismo de interceptação radicular (MARSCHNER, 2012). Em experimentos com vasos como foi o presente estudo, a interferência na interceptação radicular dos nutrientes é maior em comparação a plantas conduzidas em campo, principalmente quando se leva em consideração o tamanho dos vasos (MENDES e MURAOKA, 2005). Além disso a alta disponibilidade de Ca na solução nutritiva, além de um fornecimento contínuo do elemento através das reposições na solução nutritiva quando houve depleções pode ter sido responsável pela observação da ausência de alterações nos teores de Ca

**Tabela 10.** Teores de boro (B) e cálcio (Ca) em folhas índice de tomate *Sweet grape*

Tratamentos	B	Ca
	mg/kg	g/kg
<sup>(1)</sup> Dose de 100% de B	24,10a	0,84a
Dose de 25% de B	16,98b	0,77a
CV (%)	17,81	28,76
<sup>(2)</sup> Pulverização com H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	23,29a	0,88a
Pulverização com Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub>	22,97a	0,81a
Pulverização com água	15,30b	0,78a
CV (%)	16,9	22,68
<sup>(3)</sup> Pulverização a cada 7 dias	23,85a	0,73a
Pulverização a cada 14 dias	19,85a	0,68a
CV (%)	11,60	12,87

produzidos em sistema hidropônico, coletados aos 50 dias após o transplântio (DAT)

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(2)</sup>.

**Tabela 11.** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para os teores de B nas folhas índice de tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de B	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$	6,25 $\mu\text{mol L}^{-1}$
	-----mg/kg-----	
Ácido bórico	160,22 Aa	132,98 Ab
Octaborato de sódio	150,61 Aa	126,87 Ab
Água	87,77 Ba	38,66 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

**Tabela 12.** Teores de boro (B) e cálcio (Ca) em frutos de tomate *Sweet grape* produzidos

Tratamentos	B	Ca
	mg/kg	g/kg
<sup>(1)</sup> Dose de 100% de B	132,64 a	9,44 a
Dose de 25% de B	98,76 b	9,23 a
CV (%)	26,13	28,6
<sup>(2)</sup> Pulverização com H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	146,31 a	9,45 a
Pulverização com Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub>	137,20 a	9,40 a
Pulverização com água	62,20 b	9,19 a
CV (%)	22,77	21,88
<sup>(3)</sup> Pulverização a cada 7 dias	125,00 a	9,29 a
Pulverização a cada 14 dias	106,40 a	9,38 a
CV (%)	13,83	14,6

em sistema hidropônico, coletados aos 80 dias após o transplântio (DAT)

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(2)</sup>.

**Tabela 13.** Desdobramento da interação entre fontes de B na adubação foliar e doses de B na solução nutritiva para os teores de B nas folhas índice de tomate *Sweet Grape* cultivado por 112 dias em sistema hidropônico

Fontes de B	Doses de boro na solução nutritiva	
	25,00 µmol L <sup>-1</sup>	6,25 µmol L <sup>-1</sup>
	-----mg/kg-----	
Ácido bórico	27,00 Aa	19,58 Ab
Octaborato de sódio	27,40 Aa	18,55 Ab
Água	17,85 Ba	12,76 Bb

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para efeito das fontes de B na fertilização foliar e minúsculas para doses de boro na solução nutritiva, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Não houve diferença entre as fontes de B aplicadas via foliar na produção e incidência do lóculo aberto nos frutos. Os resultados indicam que apesar das distintas formulações dos fertilizantes foliares houve a absorção pelo tomateiro. Peryea et al. (2003) testou oito diferentes fertilizantes foliares comerciais com B na macieira e notou pouca diferença em seu efeito na produtividade. Por outro lado Guertal et al. (1996) em estudo em casa de vegetação comparando ácido bórico e borato de sódio observaram que as fontes promoveram diferenças na concentração foliar de B do algodão, mas que não houve diferenças de efeito' na concentração foliar de B em soja.

A fonte de boro mais utilizada nas adubações feitas no solo ou via foliar é o ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) (LEMISKA et al., 2014), sendo que ambas as formas de fornecimento promovem melhora na produtividade como demonstrado por Wójcik et al. (2008) que compararam o efeito desse fertilizante no solo e via pulverização foliar na macieira. Nesse sentido há uma abundância de trabalhos que demonstram a eficiência da aplicação de  $H_3BO_3$  via foliar no tomateiro (ROOSTA e HAMIDPOUR 2011; PRADO et al., 2013; GONDIM et al., 2014) ou em outras culturas como amendoim (MANTOVANI et al., 2013), morango (LEMISKA et al., 2014), maçã (WÓJCIK et al., 2008) berinjela (SUGANIYA et al., 2015) pimenta (DRONGE et al., 2000) e citros (BOLOGNA E VITTI, 2006). Por outro lado, não foram encontrados na literatura trabalhos testando a eficiência do octaborato de sódio em pulverizações foliares no tomateiro, entretanto, há poucos, mas existem trabalhos que relatam seu efeito positivo em outras culturas como girassol (MARTIN et al., 2014) mostarda, trigo e batata (SARKAR et al., 2007).

Não houve influência significativa na produção e nos teores de nutrientes na folha e fruto com as diferentes frequências de aplicação (a cada 7 ou 14 dias) de ambos fertilizantes foliares. Gondim et al. (2014) conduzindo um experimento com tomates na ausência de boro na solução nutritiva observou que três aplicações de  $H_3BO_3$  a  $0,340\text{ g/L}^1$  durante o ciclo do tomateiro foram suficientes para atender as exigências de B da planta. Da mesma forma, Mantovani et al. (2013) observou que três aplicações de  $H_3BO_3$  a  $1,5\text{ kg/ha}^{-1}$  via foliar, durante o ciclo de uma lavoura de amendoim foi capaz de elevar a produtividade.

### **3.1. Qualidade pós-colheita**

As análises de qualidade pós colheita dos frutos evidenciaram que houve influência da aplicação dos fertilizantes foliares sobre os atributos de pós colheita somente na condição de insuficiência de B na solução nutritiva (Tabelas 16 e 17).

#### **3.1.1. Firmeza**

Os resultados obtidos mostram que a firmeza dos frutos foi significativamente influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pela aplicação de  $H_3BO_3$  e  $Na_2B_8O_{13}$  somente quando houve insuficiência de boro na solução nutritiva, não havendo distinção de efeito na frequência de pulverização dos fertilizantes (Tabelas 16 e 17). Esses resultados podem ser explicados pela Tabela 13, onde se verifica que a pulverização com ambos fertilizantes foliares foi

responsável por aumentar o teor de boro nos frutos. O boro participa na estruturação da pectina, que é um dos principais polissacarídeos com função de promover resistência à parede celular dos frutos (MARSCHNER, 2012). O'Neill et al. (2004) indicaram que o B constitui um polissacarídeo denominado Rhamnogalacturonan II que participa de uma "rede" de glicanos pectíneos. Dessa forma, a aplicação foliar de boro pode ter atingido o fruto e suprido a demanda de formação deste polissacarídeo resultando em frutas mais firmes. No entanto, a deficiência de boro pode reduzir a biosíntese dos polissacarídeos e comprometer a estrutura da parede celular (GUPTA, 1985) e isso pode ser constatado no tratamento onde se reduziram as doses de B na solução nutritiva com ausência fornecimento de boro via foliar, onde a firmeza diferiu significativamente das plantas que receberam a aplicação foliar de B em pré-colheita. Yamauchi et al. (1986) postulou que o B participa do metabolismo e incorporação do cálcio na parede celular, ajudando a formar pectatos de cálcio.

Resultados semelhantes aos deste trabalho foram encontrados por Islam et al. (2016) que observaram aumento na firmeza de frutos de tomates cereja produzidos em hidroponia ao longo do período de armazenamento em temperaturas de 25 e 11 °C com a aplicação de  $H_3BO_3$  durante o ciclo produtivo. Esses mesmos autores notaram que a aplicação conjunta com  $CaCl_2$  aumentou a firmeza dos frutos em relação a aplicação isolada de  $H_3BO_3$ . Eles sugeriram que o cálcio participa juntamente com boro na formação e estruturação de pectinas conferindo maior firmeza para os frutos. Lemiska et al. (2014) também encontraram maior firmeza em frutos de morango aplicando  $H_3BO_3$  durante o ciclo de produção quando comparam as plantas que receberam e não receberam pulverizações. Esses autores observaram ainda, que os maiores efeitos da aplicação foliar de B sobre a firmeza ocorreram quando havia deficiência desse elemento no solo.

Não houve diferença na firmeza dos frutos quando se aplicaram os fertilizantes foliares concomitantemente com a dose adequada de B na solução nutritiva (Tabelas 14 e 15), porém foram observados maiores teores de B nos frutos que receberam as aplicações de B (Tabela 13). Esses resultados sugerem que a absorção de B feita pelas raízes foi suficiente para suprir a demanda de produção do polissacarídeo Rhamnogalacturonan II que participa na formação da pectina, dando maior resistência aos frutos (O'NEILL et al., 2004). Dessa forma os maiores teores de B encontrados com a aplicação foliar de B não tiveram maiores repostas na firmeza dos frutos.

A observação das significativas perdas de firmeza ao longo do período de armazenamento (Tabelas 14, 15, 16 e 17) se trata de um processo natural que ocorre em

diversos frutos climatérios. O tomate, devido ao aumento da atividade de enzimas que atuam na degradação da pectina, presente nas paredes celulares, tem essa atividade aumentada à medida que os frutos amadurecem (PARK et al., 2005).

### **3.1.2. Sólidos Solúveis**

Os resultados obtidos mostram que o teor de SS dos frutos foi significativamente influenciado ( $p \leq 0,05$ ) pela aplicação de  $H_3BO_3$  e  $Na_2B_8O_{13}$  somente quando havia deficiência de boro na solução nutritiva, não havendo distinção de efeitos da frequência de pulverização dos fertilizantes (Tabela 16 e 17). Houve uma redução no teor de SS com a aplicação de ambos fertilizantes. Em contra partida Islam et al., (2016) não observou alterações no teor de SS de frutos de tomates cereja produzidos em hidroponia ao longo do período de armazenamento em temperaturas de 25 e 11 C° com a aplicação de  $H_3BO_3$ . Uma hipótese para obtenção desses resultados no presente estudo, baseia-se no fato da ausência da aplicação foliar de fertilizantes de B nas plantas que receberam solução nutritiva com deficiência B resultou em menor produção de frutos quando comparada a aplicação de ambos fertilizantes foliares (Tabela 7). A menor produção de frutos em comparação aos tratamentos que receberam as pulverizações foliares pode ter ocasionado a concentração dos açúcares, aumentando o teor de sólidos solúveis das frutas.

### **3.1.3. pH**

Não houve diferença significativa para pH em função aplicação foliar das fontes de boro, sendo este afetado apenas pelo tempo de armazenamento dos frutos após a colheita. Este fato decorre do aumento da população de microrganismos que consomem ácidos orgânicos predominantes na composição do tomate, causando aumento de pH e decréscimo na acidez. (ALSHAIBANI e GREIG, 1979).

### **3.1.4. Acidez titulável**

A acidez titulável (AT) da polpa dos tomates não foi influenciada pela aplicação de ambos fertilizantes utilizados. Os resultados indicam uma tendência similar à verificada para o teor de SS. Comportamento semelhante foi observado Islam et al., (2016) que observaram que a aplicação de  $H_3BO_3$  em tomates conduzidos em hidroponia e armazenados em duas diferentes temperaturas não alterou a AT. No entanto, Lemiska

et al. (2014) verificaram que, em morango, a aplicação de  $H_3BO_3$  em pré-colheita resultou na redução da AT. Segundo esses autores, morango contém grande quantidade de ácidos orgânicos, sendo o ácido ascórbico o mais comum e sua produção é afetada pela interação entre genótipo e nutrição da planta com boro.

### 3.1.5. Relação sólidos solúveis e acidez titulável

A razão SS/AT não foi significativamente influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pelos tratamentos. Resultado semelhante foi encontrado por Islam et al., (2016) em tomates hidropônicos.

**Tabela 14.** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 11° C cultivados com dose de boro suficiente na solução nutritiva

Tratamentos	F	SS	pH	AT	SS/AT
	N	°Brix	-	% de ácido cítrico	-
<sup>(1)</sup> Pulverização com $H_3BO_3$	15,98a	7,75a	4,43a	0,55a	14,09a
Pulverização com $Na_2B_8O_{13}$	15,78a	7,45a	4,42a	0,54a	13,79a
Pulverização com água	15,39a	8,00a	4,46a	0,54a	14,81a
CV (%)	12,97	6,60	3,85	5,70	6,42
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	15,82a	7,75a	4,48a	0,54a	14,35a
Pulverização a cada 14 dias	14,59a	7,50a	4,56a	0,52a	14,42a
CV (%)	7,48	4,20	3,13	4,80	5,14
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	21,38a	7,70a	4,37a	0,56a	13,75a
9 dias após a armazenagem	16,76b	7,70a	4,35a	0,53a	14,52a
18 dias após a armazenagem	13,66c	7,75a	4,42ab	0,55a	14,09a
27 dias após a armazenagem	11,49d	7,80a	4,56b	0,51a	15,29a
CV (%)	6,33	7,13	2,80	3,10	3,14

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

**Tabela 15.** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 25° C cultivados com dose de boro insuficiente na solução nutritiva

Tratamentos	F	SS	pH	AT	SS/AT
	N	°Brix	-	% de ácido cítrico	-
<sup>(1)</sup> Pulverização com H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	15,08a	7,70a	4,43a	0,52a	14,80a
Pulverização com Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub>	14,89a	7,50a	4,42a	0,54a	13,88a
Pulverização com água	14,33a	7,85a	4,46a	0,54a	14,53a
CV (%)	13,07	6,79	3,45	5,22	7,32
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	15,51a	7,65a	4,40a	0,54a	14,16a
Pulverização a cada 14 dias	14,28a	7,50a	4,48a	0,51a	14,70a
CV (%)	8,48	4,71	3,02	4,83	4,41
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	21,38a	7,65a	4,38a	0,55a	13,90a
9 dias após a armazenagem	15,76b	7,75a	4,36a	0,53a	14,62a
18 dias após a armazenagem	12,66c	7,70a	4,43ab	0,54a	14,25a
27 dias após a armazenagem	9,49d	7,80a	4,59b	0,53a	14,71a
CV (%)	6,33	3,23	2,98	3,23	3,98

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

**Tabela 16.** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 11° C cultivados com dose de boro suficiente na solução nutritiva

Tratamentos	F	SS	pH	AT	SS/AT
	N	°Brix	-	% de ácido cítrico	-
<sup>(1)</sup> Pulverização com H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	14,58a	7,60a	4,43a	0,52a	14,80a
Pulverização com Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub>	14,89a	7,55a	4,42a	0,54a	13,88a
Pulverização com água	14,33a	7,80a	4,66a	0,54a	14,53a
CV (%)	12,57	6,43	3,45	5,22	7,32
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	15,51a	7,65a	4,40a	0,54a	14,16a
Pulverização a cada 14 dias	15,43a	7,50a	4,08a	0,51a	14,70a
CV (%)	6,88	4,71	6,02	4,54	4,41
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	20,58a	7,65a	4,38a	0,55a	13,90a
9 dias após a armazenagem	16,76b	7,75a	4,36a	0,51a	14,62a
18 dias após a armazenagem	12,66c	7,70a	4,43ab	0,54a	14,25a
27 dias após a armazenagem	9,49d	7,80a	4,59b	0,53a	14,71a
CV (%)	6,33	5,23	3,82	4,31	3,98

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

**Tabela 17.** Firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) de tomates *Sweet grape* armazenados a 25° C cultivados com dose de boro insuficiente solução nutritiva

Tratamentos	F	SS	pH	AT	SS/AT
	N	°Brix	-	% de ácido cítrico	-
<sup>(1)</sup> Pulverização com H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	14,18a	7,70b	4,37a	0,54a	14,25b
Pulverização com Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub>	14,52a	7,55b	4,40a	0,53a	14,24b
Pulverização com água	11,42b	8,65a	4,39a	0,57a	15,17a
CV (%)	10,33	6,98	5,22	7,87	8,83
<sup>(2)</sup> Pulverização a cada 7 dias	13,87a	7,90a	4,38a	0,54a	14,62a
Pulverização a cada 14 dias	12,88a	8,00a	4,39a	0,54a	14,81a
CV (%)	8,32	4,92	3,84	5,62	5,59
<sup>(3)</sup> 0 dia após a armazenagem	20,06a	7,95a	4,25a	0,56a	14,19a
9 dias após a armazenagem	14,67b	7,90a	4,37a	0,53a	14,90a
18 dias após a armazenagem	10,61c	8,00a	4,42ab	0,55a	14,54a
27 dias após a armazenagem	8,12d	7,90a	4,51b	0,54a	14,62a
CV (%)	6,23	4,06	3,18	4,53	4,87

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste de F 5% probabilidade para <sup>(2)</sup> e teste Tukey, a 5% de probabilidade para <sup>(1)</sup> e <sup>(3)</sup>.

#### 4. Conclusões

1- A utilização de pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{HBO}_3$  ou  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$  aumentou os teores de B das folhas e dos frutos, e independentemente da dose B utilizada na solução nutritiva.

2- Os efeitos das pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{HBO}_3$  ou  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$  no aumento da produtividade e controle dos sintomas de lóculo aberto estão condicionadas à deficiência de boro na solução nutritiva

3- A utilização de pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{HBO}_3$  ou  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$  influenciou a qualidade pós colheita dos frutos somente quando houve insuficiência de B na solução nutritiva.

4- A utilização de pulverizações foliares semanais ou quinzenais com  $\text{HBO}_3$  ou  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$  é capaz de substituir parcialmente a fertilização via radicular em condição de insuficiência de B na solução nutritiva.

## 5. Referências bibliográficas

- ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R.L.; BULL, L.T (2014). Relação k:ca:mg na solução nutritiva para a produção de mini tomate cultivado em substrato. **Irriga**, v.19, p. 214-224.
- ALSHAIBANI, A.M.H.; GREIG J.K (1979). Effects of stage of maturity, storage, and cultivar on some quality attributes of tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.104, p.880-882.
- BASTÍAS, E.; ALCARAZ-LÓPEZ, C.; BONILLA, I. MARTÍNES-BALLESTA, M.C.; BOLAÑOS, L.; CARVAJAL, M (2010). Interactions between salinity and boron toxicity in tomato plants involve apoplastic calcium. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, p. 54-60.
- BOLOGNA, I.R.; VITTI, G.C (2006). Produção e qualidade de frutos de laranjeira ‘Pera’ em função de fontes e doses de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 328-330.
- BROWN, P.H.; SHELP, B.J (1997). Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, v.193, p. 85-101.
- CARRASCO-GIL S.; RIOS J. J.; ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ A.; ABADÍA A.; GARCÍA-MINA J. M.; ABADÍA J (2016). Effects of individual and combined metal foliar fertilization on iron- and manganese-deficient *Solanum lycopersicum* plants. **Plant Soil**, v. 402, p.27–45.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J (2012). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP. 590p.
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P (1980). **Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya L*) IV – desenvolvimento de frutos e exportação de nutrientes através da colheita**. Anais da escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, v. 37, p 169-178.
- DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; SACHET. M.R.; MALAGI, G (2011). Modo de reprodução e viabilidade de pólen de três espécie de jabuticabeira. **Revista Brasileira de fruticultura**, v.33, p.345-352.
- DAVIS, J. M. D. C.; SANDERS, P.V.; NELSON, L.; LENGNICK, W. J SPERRY. (2003). Boron improves growth, yield, quality, and nutrient content of tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 128, p.441–446.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R (2006) **Micronutrientes**. In: **Fernandes MF (Ed.) Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.327-354.
- DONGRE, S.M.; MAHORKAR, V.K.; JOSHI, P.S.; DEO, D.D (2000). Effect of micronutrients spray on yield and quality of chilli (*Capsicum annumL.*) cv. Jayanti. **Agricultural Science Digest**, v. 20, p.106-107.

DUGGAN, B.L.; YEATES, S.J.; GAFF, N.; CONSTABLE, G.A (2009). Phosphorus fertilizer requirements and nutrient uptake of irrigated dry-season cotton grown on virgin soil in tropical Australia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.40, p.2616-2637.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; MOREIRA, A.; GUIMARÃES, C.M. (2009) Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 1044-1064.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R (2002). Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.564-570.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P (2015). **Adubação foliar: fundamentos científicos e técnicas de campo**. -- São Paulo: Abisolo. 150p.

GONDIM, A.R.O.; PRADO, R.M.; FILHO, A.B.C.; ALVES, A.U.; CORREIA, M.A.R (2014). Boron Foliar Application in Nutrition and Yield of Beet and Tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, p. 1573-1579.

GONDIM, A. R. O (2009). **Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba**. 76 p. Tese de Doutorado – (UNESP).

GUERTAL, E. A.; ABAYE, A. O.; LIPPERT, B. M.; MINER, G. S.; GASCHO, G. J (1996). Sources of boron for foliar fertilization of cotton and soybean. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, p. 2815-2828.

GUNES, A.; ALPASLAN, M.; CIKILI, Y.; OZCAN, H (1999). Effect of zinc on the alleviation of boron toxicity in tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, p. 1061-1068.

GUPTA, U.C.; MUNRO, D.C (1969). The boron content of tissues and roots of rutabagas and of soil as associated with brown-heart condition. **Soil Science Society American proceedings**, v.33, p.424-426.

GUPTA, U.C.; JAMES, Y.W.; CAMPBELL, C.A.; LEYSHON, A.J.; NICHOLAICHUK, W (1985) Boron toxicity and deficiency: A review. **Canadian Journal Soil Science**, v.65, p.381–409.

HEATH, D.W (2012). **US Patent** 8,097,792. Disponível em <https://www.google.com/patents/US7816583>, acessado em 18 de abril de 2017.

HU H.; BROWN P. H. (1994). Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin: evidence for a structural role of boron in the cell wall. **Plant Physiology**, v.105, p.681–689.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p. Primeira edição digital.

- ISLAM, M.Z.; MELE, M.A.; BAEK, J.P.; KANG, H.M (2016). Cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. **Horticulture Environment Biotechnology**, v.57, p. 46-52.
- LIEBISCH, F.; MAX, J.F.J.; HEINE G.; HORST, W.J. (2009). Blossom-end rot and fruit cracking of tomato grown in net-covered greenhouse in Central Thailand can partly be corrected by calcium and boron sprays. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.172 p.140–150.
- LEE, S.H.; KIM, W.S.; HAN, T.H. (2009). Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season's pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). **Scientia Horticulture** v. 122, p.77–82
- LEMISKA, A.; PAULETTI, V.; CUQUEL, F. L.; ZAWADNEAK, M. A C (2014). Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação de boro. **Ciência Rural**, v. 44, p. 622-628.
- MAGALHÃES, J.R (1988). **Diagnose de desordens nutricionais em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/ CNPH, 64 p. (EMBRAPA/CNPH - Documentos, 1)
- MAIA, J.T.L.S (2012). **Cultivo hidropônico do tomateiro do grupo cereja: crescimento, produção e qualidade sob doses de K e sintomas visuais e anatomia sob omissão de nutrientes**. Tese de doutorado (UFV) 104p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (1997). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba 2. ed.: POTAFOS, 319 p.
- MANTOVANI, J.P.M.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S (2013). Adubação foliar de boro em diferentes estádios fenológicos da cultura do amendoim. **Revista Ceres**, v. 60, p.270-278.
- MARSCHNER, P. (Ed). **Mineral nutrition of higher plants**. 3. Ed. London: Academic Press, 2012, 651p
- MARTIN, T.N.; PAVINATO, P.S.; MENEZES, L.F.G.; SANTI, A.L.; BERTONCELLI, P.; ORTIZ, S.; LUDWIG, R.L (2014). Utilização de cálcio e boro na produção de grãos e silagem de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p.2699-2710.
- MENDES, F.L.; MURAOKA, T (2005). Efeito do Tamanho do Vaso na Avaliação do Fósforo Isotopicamente Trocável. In: International Nuclear Atlantic Conference, 2005, Santos/SP.
- O'NEILL, I.; ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.G. (2004). Rhamnogalacturonan II structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.109–139.

- PARK, S.; NING H.C.; JON, K.P.; KIL S.Y.; PARK, J (2005). Increased calcium levels and prolonged shelf life in tomatoes expressing arabidopsis  $H^+ /Ca^{2+}$  transporters. **Plant Physiology**, v.139, p.1194-1206.
- PERYEA, F. J.; NEILSEN, D.; NEILSEN, G (2003). Boron maintenance sprays for apple: Early-season applications and tank-mixing with calcium chloride. **Hortscience**, v. 38, p. 542-546.
- PLESE, L.P.M.; TIRITAN, C.S.; YASSUDA, E.I.; PROCHNOW, L.I.; CORRENTE, J.E.; MELLO, S.C (1998). Efeitos das aplicações de cálcio e de boro na ocorrência de podridão apical e produção de tomate em estufa. **Scientia Agrícola**, v. 55, p. 144-148.
- PRADO, R.M.; GONDIM, A.R.O.; CECÍLIO FILHO, A.B.; ALVES, A.U.; CORREIA, M.A.R.; ABREU-JUNIOR, C.H (2013). Boron foliar application in nutrition and yield of beet and tomato. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 44, p. 1435-1443.
- PRECZENHAK, A. P.; RESENDE, J. T. V.; CHAGAS, R. R.; SILVA, P. R.; SCHWARZ, K.; MORALES, R. G. F. (2014) Caracterização agronômica de genótipos de minitomate. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 348- 356.
- PREZOTTI, L.C (2010). **Nutrição e adubação do tomateiro**. IN: Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. Tomate. Vitória, ES: Incaper, p.169-185.
- RAMON, A.M.; CARPENA-RUIZ, R.O.; GARATE, A .; BEUSICHEN, M.L (1990). The effects of short term deficiency of boron on potassium, calcium and magnesium distribution in leaves and roots of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. **Developments in Plant and Soil Science**, v.21, p.287-290.
- RODRIGUES D.S; PONTES A.L; MINAMI K; DIAS C.T.S (2002). Quantidade absorvida e concentrações de micronutrientes em tomateiro sob cultivo protegido. **Scientia Agrícola**, v.59, p.137-145.
- ROOSTA, H.R.; HAMIDPOUR, M (2011). Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.396-402.
- SAKATA (2012). **Acúmulo de massa seca e curva de absorção de nutrientes em plantas de mini tomate Sweet Grape**. Relatório técnico, UNESP: Botucatu, 33p.
- SARKAR, D.; MANDAL, B.; KUNDU M.C (2007). Increasing use efficiency of boron fertilizers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. **Plant Soil**, v.301 p.77-85.
- SHELP, B.J.; PENNER, R.; Zhu, Z (1992). Broccoli (*Brassica oleraceae* var. italica) cultivar response to boron deficiency. **Canadian Journal of Plant Science**, v.42, p. 883-888.

SUGANIYA, S.; KUMUTHINI.; HARRIS, D (2015). Effect of boron on flower and fruit set and yield of ratoon brinjal crop. **International Journal of Scientific Research and Innovative Technology**, v.2, p.135-141

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. VAN (1997) **Hortaliças**. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.157-164. (Boletim Técnico, 100)

VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI, J.R.; CAIXETA, M.P. (2004) Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, 29, 355-372.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. (2003) Calcium in plants. **Annals of Botany**, v.92 p.487–511.

WÓJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K (2008). Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. **Scientia Horticulturae**, v.116, p.58-64.

WOLF, B (1974). Improvements in the azomethine-H method for determination of boron. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*, v.5, p.39-44.

YAMAUCHI, T.T.; HARA, Y.; SONODA (1986). Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall. **Plant Cell Physiology**, v.27, p.729-732.

## 6- Anexos

**Tabela 1.** Quadrados médios para produção total (PT), produção comercial (PC), número total de frutos (NTF), número de frutos comerciais (NFC), peso médio de frutos comerciais (PMFC) e número de frutos com podridão apical (NFLA) do tomate *Sweet Grape* cultivados, em sistema hidropônico, até os 112 dias após o transplântio (DAT)

Fontes de variação	Graus de liberdade	PT	PC	NTF	NFC	PMFC	NFLA
Dose (D)	1	1448097**	49788**	10472**	8622*	0,74 <sup>ns</sup>	891,0**
Produto (P)	2	199915**	997995**	5990*	6061*	2,88 <sup>ns</sup>	346,6**
Intervalo (I)	1	997 <sup>ns</sup>	895 <sup>ns</sup>	19,7 <sup>ns</sup>	494,1 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	48,2 <sup>ns</sup>
D x P	2	191797**	80488**	1220,4**	1227*	0,02 <sup>ns</sup>	292,4**
D x I	1	140 <sup>ns</sup>	660 <sup>ns</sup>	66,7 <sup>ns</sup>	70,9 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	2,175 <sup>ns</sup>
P x I	2	9285 <sup>ns</sup>	5892 <sup>ns</sup>	262,2 <sup>ns</sup>	107,0 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>
D x P x I	2	292 <sup>ns</sup>	9840 <sup>ns</sup>	626,2 <sup>ns</sup>	117,2 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	2,45 <sup>ns</sup>

(1) ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

**Tabela 2.** Quadrados médios para teores de boro (TBFL) e cálcio (TCFL), em folhas do tomate *Sweet grape*, analisados aos 50 dias após o transplântio (DAT) e teores de boro (TBFR) e cálcio (TCFR), em frutos do tomate *Sweet grape*, analisados aos 80 dias após o transplântio (DAT)

Fontes de variação	Graus de liberdade	TBFL	TCFL	TBFR	TCFR
Dose (D)	1	2281**	11,21 <sup>ns</sup>	20,20**	0,08 <sup>ns</sup>
Produto (P)	2	1615**	50,97 <sup>ns</sup>	14,67**	0,03 <sup>ns</sup>
Intervalo (I)	1	23,9 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	2,77 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
D x P	2	873,4*	5,82 <sup>ns</sup>	14,97*	0,01 <sup>ns</sup>
D x I	1	0,01 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
P x I	2	0,01 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
D x P x I	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>

(1) ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

**Tabela 3.** Quadrados médios para firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de frutos de tomate *Sweet Grape* com boro suficiente armazenados a 25 e 11 C°

Fontes de variação	Graus de liberdade	Boro suficiente e armazenamento a 25 C°					Boro suficiente e armazenamento a 11 C°				
		F	SS	pH	AT	SS/AT	F	SS	pH	AT	SS/AT
Produto (P)	2	17,25 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	3,41 <sup>ns</sup>	19,27 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>
Intervalo (I)	1	9,22 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	9,66 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
Avaliação (A)	2	531,1**	1,11 <sup>ns</sup>	1,64*	0,11 <sup>ns</sup>	2,42 <sup>ns</sup>	369,22**	1,71 <sup>ns</sup>	1,45*	0,12 <sup>ns</sup>	2,76 <sup>ns</sup>
P x I	2	4,42 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
P x A	6	3,45 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>
I x A	2	0,93 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>

(1) ns Não significativo, e \* \*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

P x I x A	6	0,53 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,5 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
-----------	---	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------

**Tabela 4.** Quadrados médios para firmeza (F), Sólidos solúveis (SS), pH, Acidez titulável (AT) e relação Sólidos solúveis e Acidez titulável (SS/AT) de frutos de tomate *Sweet Grape* com boro insuficiente armazenados a 25 e 11 C°

Fontes de variação	Graus de liberdade	Boro insuficiente e armazenamento a 25 C°					Boro insuficiente e armazenamento a 11 C°				
		F	SS	pH	AT	SS/AT	F	SS	pH	AT	SS/AT
Produto (P)	2	39,92*	7,19*	0,64 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	2,35 <sup>ns</sup>	62,54**	6,65*	0,44 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>
Intervalo (I)	1	7,31 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	4,39 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Avaliação (A)	2	284,2**	1,01 <sup>ns</sup>	1,14*	0,09 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>	323,83**	0,14 <sup>ns</sup>	1,54*	0,21 <sup>ns</sup>	2,87 <sup>ns</sup>
P x I	2	2,85 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
P x A	6	4,35	0,91 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
I x A	2	1,10 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
P x I x A	6	0,76 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>

<sup>(1)</sup> ns Não significativo, e \*\*\* Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente