



ANA LUISA RODRIGUES DE ARAUJO

**SUPLEMENTAÇÃO DE SILÍCIO E CÁLCIO NA PRODUÇÃO
E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MORANGO**

**LAVRAS – MG
2019**

ANA LUISA RODRIGUES DE ARAUJO

**SUPLEMENTAÇÃO DE SILÍCIO E CÁLCIO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE MORANGO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Profa. Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho
Coorientadora

Maria Ligia de Souza Silva
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Araujo, Ana Luisa Rodrigues de.

Suplementação de silício e cálcio na produção e qualidade pós-colheita de morango / Ana Luisa Rodrigues de Araujo. - 2019.

74 p. : il.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Elisângela Elena Nunes Carvalho, Maria Lígia de Souza Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Morango. 2. Nutrientes. 3. Produção e qualidade. I. Resende, Luciane Vilela. II. Carvalho, Elisângela Elena Nunes. III. Silva, Maria Lígia de Souza. IV. Título.

ANA LUISA RODRIGUES DE ARAUJO

SUPLEMENTAÇÃO DE SILÍCIO E CÁLCIO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de Maio de 2019.

| | |
|--------------------------------------|--------|
| Dr. Paulo Márcio Norberto | EPAMIG |
| Dra. Elisângela Elena Nunes Carvalho | UFLA |
| Dra. Paula Nogueira Curi | UFLA |
| Dr. Wilson Magela Gonçalves | UFLA |

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

**LAVRAS – MG
2019**

*A Deus acima de tudo.
A minha mãe que me apoiou e me fortaleceu com palavras e
orações em todos os momentos dessa caminhada.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Fecha-se um ciclo importante em minha vida profissional, venho expressar o mais profundo agradecimento a todas as pessoas que me apoiaram nesta caminhada e que contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha mãe que amo muito que me apoiou em vários momentos difíceis, sendo a força que me impulsionou até a minha chegada. E aos meus primos que sempre torceram por mim ao longo dessa jornada.

À Jean Paulo mais que um amigo. Meu muito obrigado, lembrarei sempre de você pela atenção e companhia, pelos momentos de descontração e pelas conversas e desabafos que tivemos neste período. Presente que ganhei nessa vida.

À Luciane Resende Vilela, professora e orientadora, gostaria de agradecer pelo incentivo, oportunidade, paciência e confiança demonstrada em todas as etapas da tese, fica aqui o meu respeito, admiração pela senhora e meu muito obrigado.

Às professoras Elisangela Carvalho e Maria Ligia Silva pela coorientação, apoio, confiança e amizade.

À Msc. Ana Beatriz Araujo pela amizade, pelas dicas e auxílio nas análises laboratoriais.

Aos amigos Ramon Avelar, Larissa, Douglas Souza, Krisnanda, Wagner, Yago, Karina e todos aqueles que de alguma forma contribuíram direta e indiretamente para a conclusão de trabalho. Minha eterna gratidão.

Às amigas Adriana Guedes, Leila, Jocelane e Juliet pelo apoio mesmo estando a distância. Às amigas da república Natália, Camila, Ana Luiza, Jessica, Júlia e especialmente Kenia Santos amiga de todas as horas que sempre se dispôs a ajudar-me.

Aos técnicos e amigos do setor de Olericultura (Stefany, Josimar e Luisinho) que participaram do projeto, pela colaboração e receptividade demonstradas.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, por proporcionarem a realização deste trabalho. À Agrobiológica – Soluções Naturais pelo fornecimento do cálcio e silício utilizados no experimento.

MUITO OBRIGADA!

*“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará
fazendo o impossível.”*

(São Francisco de Assis)

RESUMO

O morango está inserido no ranking das pequenas frutas. Beleza, sabor e forma são características peculiares que o diferencia das demais frutas, na aceitação dos consumidores. O Estado de Minas Gerais tem notoriedade na produção nacional de morango, principalmente na região do Sul de Minas. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a suplementação da adubação com silício e cálcio na produção e na qualidade pós-colheita de frutos de morangueiro. As cultivares avaliadas foram Aromas e San Andreas tratadas e não tratadas com a combinação de silício e cálcio. Para o ensaio de campo os fatores estudados foram: quatro formas de aplicações com combinações de nutrientes (silício no solo + cálcio foliar; silício foliar + cálcio foliar; silício no solo + silício foliar + cálcio foliar; e sem aplicação de cálcio e/ou silício) e duas cultivares comerciais de morango (Aromas e San Andreas), em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliados os componentes de produção (número de frutos, massa total de frutos, massa de frutos comerciais e massa de frutos não comerciais e peso médio de frutos). Para o ensaio de conservação pós-colheita foi utilizada a cultivar San Andreas e avaliadas as seguintes características: firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, ratio, antocianina, vitamina C, pectina solúvel, o ângulo hue e a perda de massa em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 3, sendo três períodos de armazenamento (0, 3 e 6 dias) e três tratamentos (silício no solo + cálcio foliar; silício foliar + cálcio foliar; e sem aplicação de cálcio e/ou silício). Quanto à produção, as cultivares responderam de forma diferenciada à forma de aplicação de silício e de cálcio. A maior produção total de frutos foi observada para cultivar Aromas quando aplicado o Si via solo + Si e Ca foliar e a San Andreas para o Si e Ca via foliar. As características de pós-colheita, com exceção da perda de massa, firmeza e ângulo hue, foram influenciadas pela interação entre os tratamentos e o tempo de armazenamento. Diante dos resultados obtidos na presente pesquisa, verificou-se o benefício do uso da aplicação de silício e cálcio na cultura do morangueiro, melhorando características de produção e qualidade pós-colheita.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch. Nutrientes. Qualidade de frutos. Produção. Pós-colheita.

ABSTRACT

The strawberry is inserted in the ranking of the small fruits. Beauty, flavor and shape are peculiar characteristics that differentiate it from the other fruits, in the acceptance of consumers. The state of Minas Gerais gained notoriety in the national production of strawberry, mainly in the southern region of Minas Gerais. The objective of this work was to evaluate the supplementation of silicon and calcium fertilization in production and postharvest quality of strawberry fruits. The cultivars evaluated were Aromas and San Andreas treated and not treated with the combination of silicon and calcium. For the field test, the factors studied were: four methods of applications with nutrient combinations (silicon in the soil + foliar calcium; foliar silicon + foliar calcium; silicon in the soil + foliar silicon + foliar calcium; and without calcium and/or silicon application) and Two commercial strawberry cultivars (Aromas and San Andreas), in a randomized block design with four replications. The production components (number of fruits, total mass of fruits, mass of commercial fruits and mass of non-commercial fruits and average weight of fruits) were evaluated. For the post-harvest conservation assay, the cultivar San Andreas was used and the following characteristics were evaluated: firmness, soluble solids, titratable Acidity, PH, ratio, anthocyanin, vitamin C, soluble pectin, hue angle and mass loss In a completely randomized design in a 3 x 3 factorial arrangement, three storage periods (0, 3 and 6 days) and three treatments (silicon in soil + foliar calcium; foliar silicon + calcium Leaf and without calcium and/or silicon application). As for the production, the cultivars responded differently to the method of silicon and calcium application. The highest total fruit yield was observed for cultivar Aromas when applied Si via soil + Si and Ca leaf and to San Andreas for Si and Ca via foliar. These characteristics of postharvest, except for the loss of mass, firmness and hue angle, were influenced by the interaction between treatments and storage time. In view of the results obtained in the present study, it was verified the benefit of the use of silicon and calcium in strawberry crop, improving production characteristics and postharvest quality.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch. Nutrients. Fruit quality. Production. After harvest.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- Figura 1 - Produção não comercial de morangos ao longo do período produtivo em função dos diferentes tipos de aplicação de Si e Ca.44
- Figura 2 - Produção não comercial de frutos de morango das cultivares ao longo do período produtivo.44
- Figura 3 - Peso médio de frutos de morangueiro (A) na forma de aplicação entre as colheitas; (B) nas cultivares San Andreas e Aromas em diferentes épocas de colheita....46

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Tabela 1 - Produção comercial (g planta^{-1}) de morangos das cultivares San Andreas e Aromas em função dos diferentes tipos de aplicação de Si e Ca.42
- Tabela 2 - Produção não comercial de morangos (g planta^{-1}) das cultivares San Andreas e Aromas em função dos diferentes tipos de aplicação de Si e colheitas.....43
- Tabela 3 - Produção não comercial (g planta^{-1}) de morangos das cultivares San Andreas e Aromas em função das colheitas.45
- Tabela 4 - Produção total (g planta^{-1}) de morangos das cultivares San Andreas e Aromas em função dos diferentes tipos de aplicação de Si.45
- Tabela 5 - Peso por fruto de morangos (g fruto^{-1}) em função dos diferentes (períodos de colheitas) tipos de aplicação de Ca e Si e colheitas.....47
- Tabela 6 - Peso médio de frutos de morangueiro (g fruto^{-1}) das cultivares San Andreas e Aromas em diferentes épocas de colheita.....47

ARTIGO 2

- Tabela 1 - Valores médios de Sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e ratio (SS/AT) de frutos de morangueiro cultivar San Andreas durante o armazenamento.....61
- Tabela 2 - Valores médios de Antocianina, pectina solúvel e vitamina de frutos de morangueiro cultivar San Andreas durante o armazenamento.....66

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| | PRIMEIRA PARTE..... | 19 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 | Característica botânica da cultura | 16 |
| 2.2 | Histórico e importância socioeconômica do morangueiro..... | 17 |
| 2.3 | Cultivares | 18 |
| 2.3.1 | Cultivar Aromas | 19 |
| 2.3.2 | Cultivar San Andreas..... | 20 |
| 2.4 | Qualidade de pós-colheita em morango | 20 |
| 2.5 | Nutrição mineral e a qualidade do fruto | 22 |
| 2.5.1 | Silício: benefícios na agricultura..... | 23 |
| 2.5.2 | Silício na pós-colheita do morangueiro | 25 |
| 2.5.3 | Cálcio: benefícios na agricultura | 26 |
| 2.5.4 | Cálcio na conservação pós-colheita do morangueiro | 27 |
| | REFERÊNCIAS | 29 |
| | SEGUNDA PARTE – ARTIGOS* | 37 |
| | ARTIGO 1 - Produção de frutos de morangueiro em resposta à adubação com silício e cálcio | 38 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 39 |
| 2 | MATERIAL AND MÉTODOS..... | 40 |
| 3 | RESULTADOS..... | 42 |
| 4 | DISCUSSÃO..... | 47 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 49 |
| | REFERÊNCIAS..... | 51 |
| | Artigo 2 - Avaliação de frutos de morangueiro sob o efeito do cálcio e silício na qualidade da pós-colheita..... | 54 |
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 55 |
| 2 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 56 |
| 2.1 | Condução do experimento de campo..... | 56 |
| 2.2 | Perda de Massa (PM)..... | 58 |
| 2.2.1 | Firmeza (FIR) | 58 |

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 2.2.2 | Ângulo (Hue)..... | 58 |
| 2.2.3 | Acidez titulável (AT) | 59 |
| 2.2.4 | Sólidos solúveis (SS) | 59 |
| 2.2.5 | Potencial hidrogeniônico (pH)..... | 59 |
| 2.2.6 | Ratio (SS/AT)..... | 59 |
| 2.2.7 | Ácido ascórbico (Vit.C)..... | 59 |
| 2.2.8 | Antocianina | 59 |
| 2.2.9 | Pectina solúvel (Pec S)..... | 59 |
| 2.3 | Análise estatística | 60 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 60 |
| 3.1 | Sólidos solúveis | 60 |
| 3.2 | pH e acidez titulável | 62 |
| 3.3 | Ratio (SS/AT)..... | 63 |
| 3.4 | Perda de massa | 64 |
| 3.5 | Ângulo Hue | 65 |
| 3.5 | Antocianina | 65 |
| 3.6 | Pectina solúvel..... | 67 |
| 3.7 | Vitamina C | 69 |
| 4 | CONCLUSÃO..... | 70 |
| | REFERÊNCIAS..... | 71 |

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo do morangueiro representa uma atividade expressiva economicamente para pequenos e médios produtores, tendo notoriedade na produção o estado de Minas Gerais, seguido do Rio Grande do Sul e São Paulo (ANTUNES, 2018). O estado de Minas Gerais apresenta-se como o maior detentor nacional na produção de morango. A região do Sul de Minas é responsável por cerca 95% da produção do estado, por apresentar condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo (PEREIRA et al., 2015).

A maior parte do consumo do morango é realizada ainda fresco, respondendo por uma parcela significativa na renda do pequeno produtor e a outra parte, cerca de 10% dos frutos são destinadas para fabricação de polpas congeladas e produtos processados. Entretanto, trata-se de uma cultura de alto valor, mas que dispõe de curta conservação de pós-colheita e alta suscetibilidade a danos no manuseio (MUNARETTO et al., 2018). As perdas ocorridas no intervalo entre a colheita e o consumo final atingem em torno de 30 a 40%, devido à sua alta perecibilidade (YARAHMADI et al., 2014). Embora estudos tenham sido direcionados para o aumento da produtividade, contudo, nos últimos anos, esses estudos também têm focado, no aspecto pós-colheita (PORTELA et al., 2012; GONÇALVES et al., 2016). Entretanto, para garantir que o fruto chegue no mercado com qualidade são necessários alguns cuidados ainda em campo. Esses cuidados têm a finalidade de manter preservada a qualidade do fruto durante a pós-colheita e garantir o mínimo de perdas possíveis (FLORES-CANTILLANO, 2010).

A produtividade e a qualidade físico-química podem variar em função do manejo realizado na cultura em campo, principalmente pela adubação fornecida às plantas que pode interferir diretamente no desempenho pós-colheita do produto (LARA, 2013). Estudos comprovam que alguns minerais exercem influência no complexo nutricional, estrutural nos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (HEPLER;WINSHIP, 2010; BELGE et al., 2017).

O silício é um dos elementos pouco estudados na adubação, no entanto, tem expressado vários benefícios quando se quer elevar a produção e melhorar a qualidade das culturas, como o cultivo do arroz e da cana-de-açúcar por Toresano-Sánchez et al. (2012), a cultura da batata por Pilon et al. (2015) e no cultivo do tomate por (MARODIN et al., 2014). Até então, na literatura existem poucos relatos com o uso do silício em morangueiro, todavia,

esses relatos têm sido satisfatórios tanto para a produtividade como para qualidade dos frutos (MUNARETTO et al., 2018).

Outro elemento que tem sido bastante estudado, inclusive na cultura do morangueiro, é o cálcio (Ca). As aplicações de Ca em frutos ou em hortaliças, por via foliar ou via solo exercem efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular mantendo a consistência firme do fruto (DE ALBUQUERQUE et al., 2014). Além de reduzir a taxa respiratória, teores de pectina solúvel, atividades de pectinametilesterase, atividade de poligalacturonase e compostos causadores do amaciamento dos frutos, incidência do mofo cinzento Singh et al. (2007) assim como, prolongar o tempo de vida útil em morango (LARA, 2013).

Cálcio e silício possuem papéis essenciais na defesa das plantas. O cálcio é essencial por reforçar os componentes estruturais das células atribuindo-lhe resistência Chitarra e Chitarra (2005), e o silício proporciona maior rigidez estrutural dos tecidos (EPSTEIN, 1994). Ainda sim, faltam relatos sobre o uso do silício em associação com o cálcio que visem essencialmente à produtividade e a pós-colheita dos frutos. Diante dos fatos relacionados, objetivou-se com este trabalho avaliar a suplementação do silício e cálcio na produção e na qualidade pós-colheita dos frutos de morangueiros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Característica botânica da cultura

O morangueiro é uma planta dicotiledônea do gênero *Fragaria*, família *Rosaceae*. O número básico de cromossomos observado no gênero *Fragaria* é $x = 7$ (ICHIJIMA, 1926). Neste gênero, existem 24 espécies conhecidas das quais 12 são diploides ($2n = 2x = 14$), cinco tetraplóides ($2n=4x=28$), uma hexaplóides ($2n=6x=42$), duas octoplóides ($2n=8x=56$), uma decaplóide e três espécies híbridas. A espécie comercial do morangueiro, *Fragaria* × *ananassa* Duchesne é um híbrido octoplóide, vindo do cruzamento natural entre *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana*, natural do Chile e América do Norte, respectivamente (DARROW, 1966).

Caracteriza-se como planta de hábito rasteiro, herbácea e perene, contudo é cultivada comercialmente de forma anual ou bianual devido ao acúmulo de doenças de um ciclo para o outro, propaga-se vegetativamente por meio de estolhos para fins de mudas comerciais e através das sementes que estão contidas nos aquênios quando visa o melhoramento genético (GALVÃO, 2014). Os estolhos possuem nós que originam novas plantas formando-se em séries. O número de estolhos formados por planta é bastante variável entre as cultivares. A maior quantidade de estolhos é observada em cultivares de dias curtos (SERÇE; HANCOCK, 2005). Apresenta raízes superficiais e fasciculadas e concentram-se nos primeiros 20 cm de profundidade (CALVETE et al., 2012). Dispõe de raízes primárias e secundárias, sendo as primárias as que penetram no solo e vivem geralmente por um ano podendo, em condições favoráveis, viver um período maior de tempo. As raízes secundárias formam as radículas cuja função é a de absorção de nutrientes e água, servindo de acumuladores de reservas durante o inverno. No conjunto, as raízes de uma planta adulta figura um aspeto fasciculado, de cor amarelo pardo e tanto mais claro quanto mais jovem e sadia estiver à planta (PALHA, 2005).

O caule do morangueiro é um rizoma estolhoso curto, cilíndrico e retorcido que se ramifica e do qual emergem as folhas trifoliadas em forma de roseta, o qual é designado popularmente de coroa. A coroa é o principal órgão de armazenamento de reserva do morangueiro (OLIVEIRA, 2009). Além das folhas, dessa estrutura são originados os estolhos e inflorescências conforme as condições climáticas. Cada folha é composta por três trifólios, pilosos, de tons verdes, conforme a característica da cultivar. O tempo de emergência de

novas folhas é bastante variável permeando entre oito a doze dias, já que depende da atividade vegetativa coordenada por inúmeros fatores, estando dentre eles a temperatura.

As flores são hermafroditas, com cinco sépalas que mantêm-se no pseudofruto e cinco pétalas, que caem após a fecundação dos óvulos. Embora as flores sejam hermafroditas, a utilização de polinizadores é importante, pois reduz o número de frutos deformados e aumentam o peso de massa fresca do fruto (MALAGODI-BRAGA, 2010). As flores apresentam ainda, variações quanto à capacidade de autopolinização. O tamanho da flor, o grau de separação dos órgãos reprodutivos e atratividade da florada são fatores responsáveis e que dificultam a autopolinização (MALAGODI-BRAGA, 2018).

A parte comestível é um receptáculo floral carnoso e succulento, de polpa vermelha formando um pseudofruto que concentra açúcares e vitaminas. Os frutos verdadeiros de fato, designados de aquênios são estruturas diminutas que contêm as sementes, unidos ao redor da polpa (MALAGODI-BRAGA, 2018). No entanto, do ponto de vista comercial, o fruto é o conjunto formado pelo receptáculo carnudo sobre o qual se desenvolvem os aquênios. O morangueiro têm seus pseudofrutos classificados como não climatérios, devendo apenas ser colhido próximo à maturação, para que reúnam as características desejáveis ao consumo (FLORES-CANTILLANO, 2010). Depois de colhido não há mudança no estado de maturação, ocorrendo, contudo, aumento da atividade respiratória (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.2 Histórico e importância socioeconômica do morangueiro

Atributos de beleza, sabor e forma dão ao morango características peculiares que o diferencia das demais frutas, na aceitação dos consumidores nas mais diversas regiões do Brasil e do mundo. Na classificação de pequenos frutos é a espécie de maior expressão em área cultivada e volume produzido (CARVALHO, 2013; ROSA et al., 2013). O fruto do morango é versátil e fonte de matéria prima de diversos alimentos o que o tornar um dos frutos mundialmente conhecido (CUNHA JUNIOR et al., 2012).

Analisando a produção mundial em 2016 atingiu 9.118.336 milhões de toneladas, num total de 401.862 ha de área plantada. A China, responsável por uma produção de 3.793.864 toneladas lidera o ranking seguido dos Estados Unidos e México, com 1.420.570 e 468.248 toneladas, respectivamente. Ainda conforme dados da Food and Agriculture Organization-FAO (2018), a área plantada no Brasil em 2016 alcançou 398 ha, com produção de 3.343 toneladas.

O morangueiro foi introduzido em 1945 no Brasil, no estado de São Paulo em 1950, e, em 1958 em Minas Gerais por produtores de hortaliças do município de Estiva onde teve seu primeiro cultivo (SILVEIRA; GUIMARÃES, 2014). Em seguida, estendeu-se para as comunidades rurais do Vale do Rio do Peixe, no município de Cambuí, e de Cruz Alta, município de Pouso Alegre (CARVALHO, 2005).

Em decorrência dos bons resultados econômicos alcançados com a cultura, a atividade ampliou-se rapidamente. A partir de então, com a expansão das áreas cultivadas no país, e, sobretudo o crescimento na procura dos frutos para o consumo *in natura* e pelas indústrias de processamento visando diversificar a forma de consumo tem potencializado e ampliado o cultivo para novas áreas (FACHINELLO et al., 2011b).

De acordo com Antunes (2018) estima-se que em 2017 já tenha alcançado mais de 155.000 toneladas em uma área aproximadamente de 4.300 hectares. Ainda que os dados não estejam sendo incluso nos resultados divulgados pelo FAO, especialistas revelam que o país surge entre os 20 maiores produtores mundiais. Segundo o autor, as regiões com notoriedade na produção nacional estão Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo e a produtividade média brasileira é de 36 toneladas/ha.

Em Minas Gerais, o número de empregos gerado com cultivo aproxima-se de 15 mil empregos diretos e 24 mil indiretos (SILVEIRA; GUIMARÃES 2014). A cultura assume notoriedade econômica e social, sendo muitas vezes responsável pela principal fonte de renda gerada pela família nas pequenas propriedades rurais (CARVALHO, 2011).

Segundo a Hortifruti Brasil (2017), o estado de Minas Gerais e São Paulo participam com 66% do total produzido. Estima-se, ainda, que o morango está inserido no Ranking dos principais hortifrúti, o qual somado a outras frutas alcançaram faturamento médio anual de R\$ 20 bilhões nas centrais de abastecimento do país, entre 2014 e 2016. Para acompanhar a expansão desse mercado, o produtor de morangos tem buscado investir em tecnologia visando o aumento do rendimento da cultura.

2.3 Cultivares

O sucesso do cultivo do morangueiro começa com a escolha da cultivar. As cultivares de morangueiro são bastante sensíveis às diversas condições ambientais. A latitude é um fator singular para adaptação do morango. Atualmente, são plantados dois tipos de cultivares morangueiro, sendo elas classificadas em função da resposta ao fotoperíodo e a temperatura

(OUELLETTE et al., 2017). Considerando essa sensibilidade as cultivares estão classificadas em cultivares de dias neutros (insensíveis ao fotoperíodo), que florescem entre temperaturas de 10 e 28 °C e as cultivares de dias curtos, aquelas que normalmente florescem quando a temperatura é inferior 15° C e o dia possui menos de 14 horas (DURNER, 2015).

A utilização de cultivares de dia curto ainda predomina no Brasil, porém quando submetidas a condições mais elevadas de temperaturas essas cultivares tem sua produção reduzida. Em contrapartida, as cultivares de dia neutro garante maior produção em períodos mais quentes do ano, devido a menor sensibilidade fotoperíodo e a temperatura. A produção de morango durante o período de entressafra é uma das principais vantagens vistas pelos produtores ao plantarem cultivares de dia neutro (STRASSBURGER et al., 2010).

Estudo realizado por De Oliveira Franco et al. (2017) verificaram frutos com maior diâmetro, comprimento e massa em uma cultivar de dia neutro (cultivar San Andreas), nos meses em que ocorreram o aumento da temperatura e do fotoperíodo. A cultivar utilizada de dia neutro, que apresenta a característica de insensível ao fotoperíodo, apresentou baixa produção no mês de julho, onde ocorreu diminuição da temperatura. Essas cultivares apresentam menor produção devido à redução da temperatura e fotoperíodo, induzindo a planta a reduzir seu metabolismo, ocasionando período de dormência, gerando a redução da produção.

Entre as cultivares de dias curtos utilizadas no Brasil destaca-se, a cultivar Camarosa, Camino Real, Festival, Oso Grande, Palomar e Ventana. No caso das cultivares de dias neutros, as que atendem a preferência do mercado consumidor são as cultivares: Aromas, Albion, Diamante, Monterrey, Portola, San Andreas (ANTUNES; COCCO, 2012). A escolha da cultivar por parte dos produtores baseia-se na produtividade, qualidade de fruto (firmeza, cor, tamanho, sabor) e na resistência aos principais fitopatógenos que limitam o desenvolvimento da cultura (RADIN et al., 2011). Ainda que, os morangos comercializados em feiras livres e supermercados não sejam identificados quanto ao nome da cultivar, como ocorrem com outras frutas (ANTUNES; PERES, 2013). A seguir serão descritas as cultivares utilizadas no presente estudo:

2.3.1 Cultivar Aromas

Obtida no ano de 1991, do cruzamento entre seleções avançadas de Cal 87.112-6 e Cal 88.27-1, pela Universidade da Califórnia e comercialmente lançada em 1994. Essa cultivar é de dia neutro por dispor da capacidade de florescer independente do fotoperíodo Faedi et al.

(2009) estando sujeitas unicamente às variações de temperatura. A planta apresenta porte ereto, precoce, vigor médio, possui fruta com bom tamanho, polpa firme, cavidade interna do fruto de tamanho médio, coloração vermelha-brilhante, bom sabor, com boa qualidade de frutas próprias para mesa e para indústria (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN 2004). Mostrar-se resistente à maioria das doenças que atacam a cultura e apresenta tolerância ao oídio (*Sphaerotecamacularis*) (GONÇALVES et al., 2016).

2.3.2 Cultivar San Andreas

Desenvolvida pelo programa de melhoramento da Universidade da Califórnia em 2009, resultante do cruzamento entre a cultivar Albion e a seleção CAL 97.86-1 (SHAW; LARSON, 2008). Foi introduzida recentemente no mercado brasileiro e apresenta bom desempenho nas regiões produtoras de Minas Gerais e Espírito Santo (BARUZZI et al., 2009).

A cultivar San Andreas é uma planta de maior vigor quando comparada às cultivares Albion, Aromas e a Diamante. Assemelha-se em aparência com a cultivar Albion e a Diamante, é menor e mais compacta que Aromas. San Andreas é moderadamente resistente ao oídio, antracnose, podridão da coroa, murcha de *Verticillium*, a podridão da coroa de *Phytophthora*, mancha comum e mostra-se tolerante ao ácaro rajado. Os frutos são próprios para serem consumidos *in natura*, são grandes e de formato longos, chega a pesar em média 31,6g. A cor da polpa é mais escura e vermelha que a cultivar Diamante e ligeiramente mais suave que as cultivares Aromas e Albion, dispõe de sabor, firmeza, época e padrão de produção semelhante a Albion. Em cultivo fora do solo apresenta alto rendimento (GONÇALVES et al., 2016).

2.4 Qualidade de pós-colheita em morango

Com o aumento da preocupação pelo consumidor em relação à qualidade do produto que consome, o comércio de frutas e hortaliças tem exigido, cada vez mais, produtos com qualidade. Obter e preservar a qualidade do produto agrícola requer adoção de tecnologias na pré e pós-colheitas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Ainda de acordo com os autores, a qualidade não pode ser definida apenas como um único atributo, mas sim um conjunto de características de cada produto hortícola. A qualidade abrange a aparência, sabor, aroma, textura, o valor nutricional, assim como a presença ou ausência de imperfeição do produto.

Esses atributos de qualidade em frutas e hortaliças são decisivos enquanto critério de compra por partes do consumidor.

Em morangueiro à forma e o tamanho do fruto são parâmetros externos tradicionais de qualidade com forte apelo comercial, sobretudo para frutos comercializados *in natura*, devido às exigências do mercado consumidor (CONTI et al., 2002). No entanto, o consumo do morango não associa-se unicamente à forma e ao tamanho Bordignon Jr et al. (2009), e sim a outros atributos peculiares que agradam o consumidor como a cor atraente, textura macia, aroma e o sabor único (MANGANARIS et al., 2014). Esses parâmetros de qualidade da fruta juntamente com a firmeza e a composição química influenciam na preferência do consumidor (ORNELAS-PAZ et al., 2013). Para Weber et al. (2018), atributos visuais (em particular, a cor vermelha) é a característica mais significativa em morangos, sendo o primeiro atributo observado pelo consumidor e o qual pré determina a qualidade visual dos frutos na colheita. Essa coloração nos frutos está relacionada à presença de antocianinas, que são pigmentos utilizados como indicador de maturação dessa fruta para o consumo (CARPENEDO et al., 2016). Esses pigmentos são importantes para vários segmentos da indústria alimentícia, pois podem ser um substituinte dos corantes artificiais, atendendo um público cada vez mais consciente para consumir alimentos isentos de produtos químicos sintéticos, dando preferência ao natural e aos saudáveis (MACHADO et al., 2013).

A textura, assim como a coloração tem efeito significativo na aceitabilidade do fruto pelo consumidor. Em geral, nas frutas a textura é determinada pela maciez ou pela firmeza da polpa. A textura relaciona-se com o sabor e o aroma “flavor”, visto que a liberação de compostos presentes nos frutos estão relacionados com a estrutura do tecido (CHITARRA; CHITARRA, 2005). De acordo com Brackmann et al. (2011), a textura firme dos frutos também é determinante tanto para o consumo *in natura* quanto para os frutos que passarão por algum tipo de processamento, já que, no processamento o fruto deverá conservar o formato após a cozedura.

O sabor do morango é outro aspecto de qualidade importante na determinação de maturação e na definição de compra do fruto, pois o mercado consumidor prefere frutos doces, sobretudo o que serão consumidos *in natura* (GODOI et al., 2009). O sabor é principalmente determinado pelas proporções de sólidos solúveis e acidez. Alterações nos atributos de qualidade do morango podem ser influenciadas e variar de acordo com a cultivar, práticas culturais, condições climáticas e pelo sistema de produção (MDITSHWA et al.,

2017). Apesar disso, os morangos recebem fortemente mais influência da cultivar do que as práticas de cultivo para parâmetros de qualidade (CAPOCASA et al., 2008).

Além da alteração no sabor, aroma, textura e aparência, que pode ser atribuída a cultivar, outro fator que tem influência sob morangueiro é alta perecibilidade. O fruto é altamente perecível na fase pós-colheita e as perdas podem alcançar 40% no decorrer do armazenamento (CANER et al., 2008). A perda da integridade estrutural devida o alto teor de umidade, açúcares e ácidos torna-o meio ideal para proliferação de organismos patogênicos limitando assim à vida de prateleira (SIQUEIRA et al., 2009).

Sabe-se que, após a colheita a qualidade dos frutos não pode ser melhorada, por isso cuidados na pré-colheita devem ser adotados. Um fator importante e que merece destaque é a adubação, pois auxilia na redução de perdas pós-colheita, visto que plantas equilibradas nutricionalmente aumentam a produtividade e qualidade dos frutos (TAIZ; ZEIGER, 2004; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.5 Nutrição mineral e a qualidade do fruto

O manejo da adubação e a nutrição mineral é um dos aspectos mais relevante para o cultivo do morangueiro, quando se objetiva visando melhorar a produtividade e também a qualidade final dos frutos (FERREIRA et al., 1993). Para Passos e Trani (2013), apesar da introdução de novas cultivares e a adoção de novas tecnologias, informações sobre a nutrição mineral em morangueiro ainda é insuficiente, embora haja uma crescente demanda por informações. Os principais nutrientes, que influenciam na produção e na qualidade do morango são: nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, enxofre, boro entre outros. Estes são essenciais para a produção e qualidade dos frutos do morangueiro.

Cada nutriente exerce funções específicas na vida da planta, apresentando impacto no rendimento, na qualidade dos frutos colhidos, assim como no prazo de validade (VALENTINUZZI et al., 2015). Caso a quantidade necessária de nutriente não seja atendida, o desenvolvimento da planta é comprometido e o produto colhido não atinge a qualidade desejada. A relação entre a qualidade dos produtos agrícolas e a nutrição mineral pode ser comprovada por meio de alguns exemplos retirados da literatura (BOARETTO; MORAES, 2010). A este respeito, é interessante salientar que, recentemente Jezek et al. (2018) destacou a relação existente entre antocianinas e fertilização com nitrogênio em morango.

Um exemplo adicional encontrado na literatura pode ser representado pelo Ca que, por ter função estrutural na parede celular, a deficiência pode aparecer externamente causando

perda no valor comercial em pimentão e macieira Silva et al. (2017) e redução na firmeza (KHURSHID et al., 2019). Além de nitrogênio e Ca, o Si também mostra-se interessante. Embora tenha sido confirmado o efeito positivo do Si em algumas culturas, este geralmente não participa da composição de soluções nutritivas Gottardi et al. (2012), mesmo que, efetivamente a suplementação aumente a aptidão das plantas com um aumento resultante da produção agrícola (SAVVAS; NTATSI, 2015). Ainda de acordo com Hajiboland et al. (2018) a adição do Si na solução nutritiva melhorou em diversas frutas parâmetros de qualidades, sobretudo, na concentração de açúcar.

2.5.1 Silício: benefícios na agricultura

O silício é o segundo elemento presente em maior quantidade na crosta terrestre e no solo (EPSTEIN, 1994; LIANG et al., 2015). Os primeiros questionamentos sobre o papel do silício na biologia da planta e a relação existente entre a absorção e o crescimento vegetal surgiram em meados de 1862 (LEWIN; REIMANN, 1969). A constatação da essencialidade do silício é difícil de ser obtida, por estar presente em abundância na biosfera (WERNER; ROTH, 1983). Entretanto, estudos evidenciam a eficiência do Si na melhoria de aspectos relacionados à morfologia e estruturação, ao longo do ciclo auxiliando no desenvolvimento das plantas (GEORGE et al., 1995).

Um consenso ainda não está estabelecido a respeito da essencialidade do Si como nutriente para as culturas (SILVA et al., 2003). No entanto, ao contrário do nitrogênio, fósforo e potássio, o Si, não é considerado agronomicamente um nutriente, contudo sua presença no meio é vista como benéfica para as plantas por diversos autores. Em algumas espécies de plantas a capacidade em acumular Si em seus tecidos variam e permitem classificá-las em acumuladoras, intermediárias e não acumuladoras (TUBANA et al., 2016). Segundo Ashkani et al. (2015) essas variações também podem ocorrer entre genótipos da espécie. Algumas culturas são descritas amplamente por absorverem e acumularem ativamente uma alta quantidade de Si, sendo as monocotiledôneas as mais representativas como arroz, trigo, milho, cana-de-açúcar dentre outras e algumas dicotiledôneas, como algodão e a soja (LIANG et al., 2015).

Pozza et al. (2007) em ensaio de competição entre silicato e fosfato verificaram a capacidade do Si em deslocar o fósforo, liberando-o assim para a solução do solo. Os mesmos autores também constataram que a aplicação de fósforo posterior a de Si pode aumentar a disponibilidade deste nutriente. Outras interações também são observadas na literatura com

outros íons dentro do complexo de troca de íons. Prabagar et al. (2011) confirmam a forte interação entre o Si e a neutralização do alumínio tóxico no solo. De Almeida Júnior et al. (2011), em estudo realizado a fim de avaliar a disposição final da escória de aciaria de forno elétrico e o fornecimento de Si, na cultura da cana-de-açúcar ressaltaram que houve aumento significativo dos teores de Ca, Mg, P, Si, Fe, Mn e Zn no solo e redução da acidez potencial, com aplicação do material silicatado.

Além desses aspectos positivos do Si no solo, os principais benefícios desse elemento refletem na nutrição de plantas. A principal fonte disponível de Si para as plantas no solo está na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4) (EPSTEIN, 1999). No entanto, a solubilidade pode ser comprometida pela temperatura, pH do solo: quanto maior o pH, maior será a disponibilidade no solo, tamanho de partículas e a dissolução é comprometida pelo teor de matéria orgânica, umidade e pelo potencial de oxirredução (KORDÖRNFER et al., 2004).

A absorção do Si na planta pode ocorrer através do processo ativo ou passivo, em ambos os casos são designados transportadores de membranas específicos para este fim. O Si é facilmente absorvido e no interior da planta é translocado pelo xilema e tende naturalmente a se polimerizar (KORDÖRNFER et al., 2004). A redistribuição do Si é muito baixa, sendo depositado como sílica amorfa o que impede a mobilidade no floema (MALAVOLTA, 2006). De acordo com Ma e Yamaji (2006), a concentração de Si depende da taxa transpiratória, isto é, regiões em que a transpiração ou evaporação é mais acentuada observa-se um maior acúmulo. O Si está presente nas folhas e nos tecidos de sustentação e de suporte do caule, podendo também ser localizados em pequenas quantidades nos grãos (KORDÖRNFER et al., 2004).

O silício esteve relegado, todavia, tem recebido grande atenção nos processos bioquímicos, fisiológicos e fitotécnicos em diversas culturas hortícolas. O benefício conferido ao Si às plantas tem sido associado tanto para o desenvolvimento produtivo em campo quanto após a colheita. Atualmente, é reconhecida a importância do aprofundamento sobre o Si na biologia da planta, isso devido à sua função em conferir efeitos metabólicos positivos sobre a fisiologia da planta. Estudos sinalizam que o Si promove a capacidade de aumentar o tempo de conservação pós-colheita em frutas e hortaliças (GALATI et al., 2015). Diferentes estudos sobre Si na biologia da planta estão voltados para o efeito de acumulação nos tecidos, mas também sobre efeitos metabólicos positivos sobre a fisiologia da planta.

Estudos indicaram que a aplicação de silicato de magnésio em alface crespa, pôde proporcionar melhor conservação pós-colheita das folhas, além de aumentar a sua vida útil.

Marodin et al. (2016) evidenciaram em tomateiro adubado com silicato de cálcio, potássio e sódio, usados como fontes de Si, aumento na conservação pós-colheita e na qualidade físico-química de frutos do tomateiro. Em estudo com tomates cerejas, Islam et al. (2018), demonstraram que a pulverização foliar com Si, na forma de dióxido de silício, aumentou a firmeza no momento da colheita e manteve-o após o armazenamento, ocasionando aumento da vida útil e ainda do teor de vitamina C. Em resultados com cenoura Elsherbiny e Taher (2018) confirmam que o silício pode ser aplicado para controlar a *Sclerotinia sclerotiorum* a agente causal de podridão de cenoura na pós-colheita durante o armazenamento.

Tal como em hortaliças, em frutíferas também se evidenciam a potencialidade do uso de silicatos. Li et al. (2017), relataram aumento da integridade da membrana e no teor de vitamina C em frutos de melancia tratados com Si. Já na cultura da uva, os benefícios potenciais da adubação silicatada foram apresentados com aumento no rendimento em decorrência do aumento no tamanho das bagas e nos parâmetros de qualidade de pós-colheita da uva de mesa (ZHANG et al., 2017).

2.5.2 Silício na pós-colheita do morangueiro

Os efeitos significativos alcançados com o uso do Si em plantas na pré-colheita podem gerar também resultados promissores na qualidade pós-colheita dos frutos. Ainda que a essencialidade do silício não tenha sido comprovada, pesquisas já comprovavam a eficácia do uso de fertilizantes à base de silicatos na conservação pós-colheita, principalmente para frutas e hortaliças (MIRANDA et al., 2018).

O aumento no teor de sólidos solúveis foi verificado em plantas de amora-preta mediante aplicação do silício via foliar (MUNARETTO et al., 2018). Especificamente para a cultura do morangueiro, estudos demonstraram que aplicações de Si via foliar em pré-colheita propiciaram aumento no teor de antocianina, bem como mostrou-se também eficaz na manutenção da firmeza dos frutos (MUNARETTO et al., 2018).

Figueiredo et al. (2010) avaliando o efeito da aplicação de silicato de potássio (K_2SiO_3) via foliar e em fertirrigação, nos atributos físico-químicos em morango observaram aumento nos teores totais de açúcares e glicose, assim como obtiveram também redução da solubilização da pectina. Em outro experimento conduzido por De Sousa et al. (2010) foi observado que com o aumento das doses de K_2SiO_3 fornecido por via foliar nas plantas de morangueiro apresentaram também aumento no nos teores de açúcares nos frutos.

Valentinuzzi et al. (2015) avaliando o potencial de biofortificação do Si em morangueiros da cv. 'Elsanta' cultivados hidroponicamente verificaram que a suplementação via foliar proporcionou uma maior firmeza dos frutos. Já Weber et al. (2018) avaliando o efeito da aplicação foliar de silício associado ao extrato de algas marinhas na frutificação de morangos orgânicos verificaram aumento nos níveis de antocianina em morangos tratados em comparação aos frutos do tratamento controle.

2.5.3 Cálcio: benefícios na agricultura

Atender às exigências dos consumidores, que buscam por frutos de alta qualidade exige conhecimento dos fatores envolvidos na pré e pós-colheita que regem a qualidade dos frutos. As práticas culturais realizadas em campo são essenciais para que as frutas cheguem à mesa do consumidor com qualidade, mantendo as características determinadas ainda no campo (MANGANARIS et al., 2007). A adubação equilibrada de nutrientes minerais é responsável pelo desempenho ideal da planta (HAGHSHENAS et al., 2018).

No morangueiro, a adubação tem papel determinante na produção e na qualidade dos frutos, dentre os nutrientes exigidos estão: nitrogênio, potássio e o cálcio Gaskell, (2004), este último, com grande importância por ser constituintes das paredes celulares são exigidos em maior quantidade Marschner (2012), por atuar na redução do amaciamento e da senescência dos frutos (BARKER; PILBEAM, 2015). Ainda conforme a importância apresentada, o cálcio ao contrário de outros minerais é responsável pelo crescimento radicular, quando não fornecido a formação das raízes é reduzida Nava et al., (2007), devido à diminuição do alongamento e da divisão celular (MARSCHNER, 2012).

O cálcio é o terceiro nutriente disponível no solo mais importante, pois participa de vários processos de crescimento e desenvolvimento na planta. No solo, vem de fontes de vários minerais e rochas incluindo feldspato, apatita, calcário e gesso. É integrante de muitos compostos, tais como Carbonato de Ca, fosfato de Ca, sulfato de Ca, cloreto de Ca e outros (BARKER; PILBEAM, 2015). Sabe-se que o cálcio é absorvido pelas raízes na forma iônica Ca^{2+} disponível na solução do solo, pelas extremidades de raízes jovens, nas quais a parede celular da endoderme ainda não está suberizada (CLARKSON et al., 1978).

A presença de cátions como K^+ , Mg^{2+} e NH_4^+ em concentrações elevadas no meio nutritivo reduz a absorção do Ca^{2+} . Após a absorção, considerando a baixa mobilidade do cálcio no floema, o transporte de Ca das raízes para a parte aérea ocorre pelos vasos do xilema, impulsionado pelo fluxo transpiratório, uma vez que, quando comparado aos frutos às

folhas têm a área de superfície muito maior e taxas de transpiração muito mais elevadas que os frutos (HOCKING et al., 2016).

Ao entrar no xilema o cálcio pode continuar na forma livre ou formar complexo com ácidos orgânicos ou ainda ligar-se às paredes do xilema através dos locais de trocas catiônicas (MARSCHNER, 2012). Por intermédio dos vasos capilares o cálcio vindo do xilema chega aos tecidos foliares e, uma vez depositado, não pode ser redistribuído das folhas para as partes restantes da planta por meio do floema.

De acordo com Mengel e Kirkby (2001), quando o cálcio encontra-se em baixa disponibilidade no solo, como ocorre em solos ácidos ou quando há excesso de umidade ou estresse hídrico, a quantidade de cálcio nos frutos podem não alcançar valores adequados acarretando danos à cultura. O procedimento comumente utilizado é a aplicação por pulverização de sais de Ca, principalmente CaCl_2 ou $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ no campo. A aplicação direta na superfície do fruto é o segundo caminho possível para a entrada do Ca, de modo a suprir a deficiência.

Taiz e Zeiger (2017) mencionam outras atribuições peculiares dos íons Ca^{2+} , o papel estrutural no qual o Ca^{2+} liga-se a grupos de ácidos de lipídeos da membrana e a ligações cruzadas entre as pectinas, de modo particular na lamela média que separam células recém-divididas; e outra atribuição no qual atua como mensageiro intracelular, podendo ligar-se a proteína presente no citosol de células vegetais.

Em frutíferas, é um nutriente-chave para o desenvolvimento, produtividade e qualidade pós-colheita dos frutos, pois desempenha funções importantes na maior parte dos tecidos vegetais e em particular na fisiologia dos frutos na pré e pós-colheita, sobretudo nos processos associados às alterações na composição química e física dos frutos (BELGE et al., 2017). Assim como tem ocorrido com silício, resultados descritos na literatura têm comprovado que aplicações do cálcio nos frutos na pré e pós-colheita retardam o amolecimento e conseqüentemente aumenta o tempo de armazenamento da fruta (RANJBAR et al., 2018).

2.5.4 Cálcio na conservação pós-colheita do morangueiro

As perdas nas seções de frutas e hortaliças podem alcançar em torno de 600 milhões de reais por ano no Brasil, resultando em grandes despesas para setor varejista. Essas perdas nas redes varejistas do setor de frutas e hortaliças, resultam em 8,29 % do faturamento líquido, sendo a maior perda entre todos os departamentos (MELO et al., 2013).

A principal causa da perecibilidade das frutas na pós-colheita, está relacionada ao elevado teor de água, aliado à intensa atividade de enzimas que degradam a parede celular e que contribui para o amaciamento da polpa. Controlar o amaciamento da polpa é essencial para retardar o aumento da vida útil após a colheita. Ao considerar que os frutos são órgãos que possuem alto teor de água e nutrientes e, mesmo depois da colheita até a senescência, mantêm vários processos biológicos em atividade, expondo desta forma a maior predisposição a distúrbios fisiológicos, danos mecânicos e ocorrência de podridões (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O cálcio é um dos nutrientes associados à qualidade das frutas. É comum que problemas relacionados a sua má suplementação na planta surjam nos frutos tanto após a colheita como durante o armazenamento. Informações disponíveis na literatura relatam que a utilização do Ca, com a finalidade de preservar a qualidade e vida útil das frutas, tem apresentado bons resultados em pré e pós-colheita, como evidenciado em maçãs 'Fuji', mirtilos, bananas, mamões e morangos (ANGELETTI et al., 2010; BRACKMANN et al., 2011; PEREIRA et al., 2015). Tal fato pode ser justificado pelo papel específico do cálcio na manutenção da integridade estrutural das paredes celulares nos frutos, bem como na regulação da funcionalidade das membranas celulares.

Muengkaew et al. (2018) avaliando aplicação de Ca na pré-colheita em frutos de manga encontraram maiores concentrações de vitamina C e SS/TA e reduções das atividades da pectina metilesterase e da poligalacturonase na polpa tratada. Outro benéfico é o aumento na firmeza dos frutos após aplicação do Ca sendo também relatado em outras culturas, incluindo pêssego (GAYED et al., 2017).

Camargo et al. (2000) avaliando o efeito do cloreto de cálcio sobre a qualidade de morangos na pré-colheita observaram melhoria na consistência da polpa dos frutos, onde os íons de cálcio foram essenciais, ao formar ligações cruzadas entre grupos carboxílicos. Efeitos positivos também foram reportado por Chen et al. (2011), indicando que a aplicação de CaCl_2 na pós-colheita reduz a degradação estrutural de pectina em morango. Cardoso et al. (2013) estudando o efeito do uso combinado de hipoclorito + cloreto de cálcio em morangos cv. diamante constatou melhoria na manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos, no que diz respeito à acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C. Zhang et al. (2018) relataram que, morangos frescos tratados com uma combinação cálcio e ultra-som melhorou as propriedades físico-químicas durante o armazenamento, com frutos mais firmes, enquanto os teores de sólido solúvel, acidez titulável e pectina soluvel indicaram qualidade superior.

REFERÊNCIAS

- ANGELETTI, P. et al. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p. 98-103, 2010.
- ANTUNES, L.; COCCO, C. Tecnologia para a produção de frutas e mudas de morangueiro. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 25, n.2, p. 61-65, 2012.
- ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, p. 156-161, 2013/01/01 2013.
- ASHKANI, S. et al. Molecular Breeding Strategy and Challenges Towards Improvement of Blast Disease Resistance in Rice Crop. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 886, 2015- November-16 2015.
- BARUZZI, G. et al. Innovazione varietale per gli ambienti meridionali italiani. **Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura**, Bologna, n.6, 2-8, 2009.
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Handbook of plant nutrition**. CRC press, 2015.
- BELGE, B. et al. Refrigerated storage and calcium dips of ripe ‘Celeste’ sweet cherry fruit: Combined effects on cell wall metabolism. **Scientia Horticulturae**, v. 219, p. 182-190, 2017.
- BOARETTO, A.E.; MORAES, M.F. Contribuição da nutrição adequada para qualidade dos alimentos. In: PRADO, R. M. et al. (Eds.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV, CAPES, FAPESP, CNPq, 9-44p. 2010.
- BORDIGNON JR, C. L. et al. Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 183-188, 2009-03 2009.
- BRACKMANN, A. et al. Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, p. 542-547, 2011.
- CANER, C.; ADAY, M.; DEMIR, M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. **European Food Research and Technology**, v. 227, p. 1575-1583, 2008.
- CAPOCASA, F. et al. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 872-878, 2008/12/15/ 2008.
- CARDOSO, L. et al. Qualidade pós-colheita de morangos cv. Diamante tratados com cloreto de cálcio associado a hipoclorito de sódio. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 588, 2013.
- CARVALHO, S. P. Boletim do morango: cultivo, segurança alimentar, cultivo orgânico., 2005. (Nota técnica).

- CARVALHO, S. P. DE. História e evolução da cultura do morangueiro no Brasil nos últimos 50 anos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, 2011.
- CARVALHO, S. Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS. Pelotas. 36p, 2013.
- CARPENEDO, S.; ANTUNES, L. E. C.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial de morangos cultivados na região de Pelotas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 565-570, 2016-12 2016.
- CHEN, F. et al. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. **Food Chemistry**, Washington, v. 126, n. 2, p. 450-459, 2011.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 786 p.
- CLARKSON, D.; SANDERSON, J.; SCATTERGOOD, C. Influence of phosphate-stress on phosphate absorption and translocation by various parts of the root system of *Hordeum vulgare* L.(barley). **Plant Physiol**, Rockville, v. 139, n. 1, p. 47-53, 1978.
- COCCO, C. et al. Produção de cultivares de morangueiro de dias-curtos na região de Pelotas-RS., 2011. (Nota técnica).
- CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. J. H. B. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.
- CUNHA JUNIOR, L. C. et al. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 688-694, 2012-12 2012.
- DARROW, G. M. Holt, rinehart and winston: the Strawberry history, breeding and physiology. New York: The New England Institute for Medical Research, 1996. 447p.
- DE ALBUQUERQUE, A. W.; DOS SANTOS, J. M.; DE FARIAS, A. P. Productivity and postharvest quality of *Heliconia* Golden Torch under different sources and doses of silicon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 173-179, 2014.
- DE ALMEIDA JÚNIOR, A. B. et al. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, 2011.
- DE OLIVEIRA FRANCO, E.; ULIANA, C.; MADRUGA LIMA, C. S. Características físicas e químicas de morango ‘San Andreas’ submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de plantio e meses de avaliação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, México, v. 18, n. 2, p. 115-120, 2017.

DE SOUSA, J. V. et al. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, 2010.

DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. .; PÁDUA, J. G. Cultivares. **Informe Agropecuário**, v. 28, p. 20–23, 2007.

DURNER, E. F. Photoperiod affects floral ontogeny in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) plug plants. **Journal Scientia horticultrae**, v. 194, p. 154-159, 2015.

ELSHARBINY, E. A.; TAHER, M. A. Silicon induces resistance to postharvest rot of carrot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* and the possible of defense mechanisms. **Postharvest Biology and Technology**, v. 140, p. 11-17, 2018/06/01/ 2018.

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

EPSTEIN, E. SILICON. **Annual review of plant biology**, v. 50, n. 1, p. 641-664, 1999.

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

FACHINELLO, J. C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. spe1, p. 109-120, 2011-10 2011a.

FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 487p.

FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

FLORES-CANTILLANO, R. F. Cuidados na conservação do morango. Artigo em Hypertexto., 2010.

GALVÃO, A. G. **Hibridação de morangueiro e seleção de clones com potencial para cultivo no sul de Minas Gerais**. 2014. 77 p. Tese (Doutorado em agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

GALATI, V. C. et al. Aplicação de silício, em hidroponia, na conservação pós-colheita de alface americana “Lucy Brown”, minimamente processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 1932-1938, 2015-08-07 2015.

GASKELL, M. Nitrogen availability, supply, and sources in organic row crops. Proc. California Organic Production and Farming in the New Millennium: A Research Symposium. Berkeley, CA, 2004.

- GAYED, A. A. N. A. et al. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling' peach during cold storage. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 2, p. 220-231, 2017-04 2017.
- GEORGE, E.; MARSCHNER, H.; JAKOBSEN, I. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 15, n. 3-4, p. 257-270, 1995.
- GODOI, R. D. S. et al. Produção e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com emprego de substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1039-1044, 2009-04-03 2009.
- GONÇALVES, M. A. et al. Comportamento produtivo de cultivares de morangueiro estabelecido a partir de mudas com torrão. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 2, n. 3, p. 277-283, 2016.
- GOTTARDI, S. et al. Beneficial effects of silicon on hydroponically grown corn salad (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) plants. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 56, p. 14-23, 2012.
- HAGHSHENAS, M.; ARSHAD, M.; NAZARIDELJOU, M. J. Different K:Ca ratios affected fruit color and quality of strawberry 'Selva' in soilless system. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 2, p. 243-252, 2018/01/20 2018.
- HAJIBOLAND, R. et al. Effect of silicon supplementation on growth and metabolism of strawberry plants at three developmental stages. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Oxon, v. 46, n. 2, p. 144-161, 2018/04/03 2018.
- HEPLER, P. K.; WINSHIP, L. J. Calcium at the Cell Wall-Cytoplasm Interface. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 52, n. 2, p. 147-160, 2010.
- HOCKING, B. et al. Fruit Calcium: Transport and Physiology. **Frontiers in Plant Science**, v. 29, n. 7, p. 569, 2016.
- ICHIJIMA, K. Cytological and Genetic Studies on *Fragaria*. **Genetics**, v. 11, n. 6, p. 590-604, 1926.
- ISLAM, M. Z. et al. The effect of silicon and boron foliar application on the quality and shelf life of cherry tomatoes. **Journal Zemdirbyste-Agriculture**, v. 105, n. 2, 2018.
- LEWIN, A.; REIMANN, B. E. F. Silicon and Plant Growth. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 20, n. 1, p. 289-304, 1969.
- JEZEK, M. et al. Anthocyanin Management in Fruits by Fertilization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 753-764, 2018/01/31 2018.
- KHURSHID, A. S. et al. Effect of calcium & boron application on quality and yield of apple under temperature conditions of Kashmir. **International Journal of Advanced Biological Research**, v. 9, p. 63-67, 2019.

LARA, I. Preharvest sprays and their effects on the postharvest quality of fruit. **Stewart Postharvest Review**, v. 9, n. 3, 2013.

LIANG, Y. et al. **Silicon in Agriculture: From Theory to Practice**. 2015.

LI, H. et al. Exogenous Melatonin Confers Salt Stress Tolerance to Watermelon by Improving Photosynthesis and Redox Homeostasis. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 295, 2017-March-01 2017.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 8, p. 392-397, 2006/08/01/ 2006.

MAAS, J. L. **Compendium of Strawberry Diseases**. Saint Paul, MN: APS Press. 1998

MACHADO, W. M.; PEREIRA, A. D.; MARCON, M. V. Efeito Do Processamento E Armazenamento Em Compostos Fenólicos Presentes Em Frutas E Hortaliças Effect of Processing and Storage on Phenolic Compounds Present in Fruits and Vegetables. **Publicatio UEPG Ciências Exatas Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa,. v. 19, n. 1, p. 17–30, 2013.

MALAGODI-BRAGA, K. S. A polinização do morangueiro (Fragaria x ananassa). In: SEMANA DOS POLINIZADORES, 2., 2010, Petrolina. Palestras... Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 36–48, 2010.

MALAGODI-BRAGA, K. S. A polinização como fator de produção na cultura do morango. COMUNICADO TÉCNICO Embrapa.Jaguariúna, SP., v. 56, p. 1–13, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. Ed. São Paulo: Ceres, 2006.

MANGANARIS, G. A. et al. Berry antioxidants: small fruits providing large benefits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 5, p. 825-833, 2014.

MANGANARIS, G. A. et al. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1385-1392, 2007/01/01/ 2007.

MARODIN, J. C. et al. Tomato post-harvest durability and physicochemical quality depending on silicon sources and doses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 361-366, 2016.

MARODIN, J. C. et al. Yield of tomato fruits in relation to silicon sources and rates **J Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 220-224, 2014.

MDITSHWA, A. et al. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 216, p. 148-159, 2017.

MELO, E. L. et al. O desafio do planejamento de demanda no setor hortifrutigranjeiro: um estudo de caso da Empresa Nova Casbri. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, Rio de Janeiro. **Anais...** Alagoas: UFAL, 2013. Disponível em: Acesso em: 22 fev. 2019

MIRANDA, P. S. et al. Efeito do silício no cultivo e pós-colheita do repolho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 30-35, 2018.

MUENGKAEW, R. et al. Application of calcium–boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). **J Horticulture, Environment**, v. 59, n. 4, p. 537-546, August 01 2018.

MUNARETTO, L. M. et al. Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 40-46, 2018-03 2018.

NAVA, G.; DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Nitrogen and potassium fertilization affect apple fruit quality in southern Brazil. **Journal Communications in soil science plant analysis** v. 39, n. 1-2, p. 96-107, 2007.

OLIVEIRA, F. DE A. et al. Desenvolvimento inicial da mamoeira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, p. 206–211, 2009.

OLIVEIRA, A. C. B. DE; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 21–26, 2012.

ORNELAS-PAZ, J. D. J. et al. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v. 138, n. 1, p. 372-381, 2013/05/01/ 2013.

OUELLETTE, S. et al. Silicon Transporters and Effects of Silicon Amendments in Strawberry under High Tunnel and Field Conditions. **Frontiers in Plant Science** Amsterdam, v. 8, n. 949, 2017-June-08 2017.

PALHA, G.; SERRANO, C. Potencial agronômico e atividade antioxidante de genótipos remontantes de morangueiro, em plantas de raiz nua e de raiz protegida. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n. 26, p. 253–261, 2005.

PASSOS, F.; TRANI, P.E. Calagem e adubação do morangueiro. Campinas: Instituto Agrônomo, 2013. 16p. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC).

PEREIRA, M. C. T. et al. Aplicação em pré-colheita de cloreto de cálcio no controle do despencamento natural dos frutos de bananeira "FHIA-18". **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 1925-1931, 2015-11 2015.

PILON, N. A. L.; UDULUTSCH, R. G.; DURIGAN, G. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. **Hoehnea**, v. 42, n. 3, p. 425-443, 2015-09 2015.

PORTELA, I. P.; PEIL, R. M. N.; ROMBALDI, C. V. Efeito da concentração de nutrientes no crescimento, produtividade e qualidade de morangos em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 266-273, 2012-06 2012.

POZZA, A. A. A. et al. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1627-1633, 2007.

PRABAGAR, S.; HODSON, M. J.; EVANS, D. E. Silicon amelioration of aluminium toxicity and cell death in suspension cultures of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, n. 2, p. 266-276, 2011/02/01/ 2011.

RADIN, B. et al. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 287-291, 2011-09 2011.

RANJBAR, S.; RAHEMI, M.; RAMEZANIAN, A. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 240, p. 57-64, 2018/10/20/ 2018.

ROSA, H. T. et al. Crescimento vegetativo e produtivo de duas cultivares de morango sob épocas de plantio em ambiente subtropical. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 604–613, 2013.

RICARDO, C. P. P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta-Série de Estudos Agronômicos**, v. 10, n. 1/2, 1983.

SAVVAS, D.; NTATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 196, p. 66-81, 2015/11/30/ 2015.

SANCHES, A. G. et al. Fontes de amido e temperatura de armazenamento na manutenção da qualidade pós-colheita da pitaya de polpa vermelha. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 02, p. 41–54, 2017.

SERÇE, S.; HANCOCK, J. F. The temperature and photoperiod regulation of flowering and runnering in the strawberries, *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, and *F. x ananassa*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 167-177, 2005/01/01/ 2005.

SHAW, D. V.; LARSON, K. D. Performance of early-generation and modern strawberry cultivars from the University of California breeding programme in growing systems simulating traditional and modern horticulture. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 83, n. 5, p. 648-652, 2008/01/01 2008.

SILVA, L. S. D.; SOUSA, R. O. D.; BOHNEN, H. Alterações no teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem plantas de arroz. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 487-490, 2003.

SILVA, J. L. DE A. et al. Extração de ácidos de diferentes frutas utilizando ultra ultra-sons de baixa frequência. **Engenharia Ambiental**, , v. 14, n. 1, p. 54–59, 2017.

SILVEIRA, R. S. G.; GUIMARÃES, C. B. Aspectos sociais e econômicos da cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 279, p. 7–10, 2014.

SINGH, R.; SHARMA, R. R.; TYAGI, S. K. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 2, p. 215-220, 2007/03/26/ 2007.

SIQUEIRA, H. H. D. et al. Armazenamento de morango sob atmosfera modificada e refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1712-1715, 2009.

STRASSBURGER, A. S. et al. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 623–630, 2010.

TORESANO-SÁNCHEZ, F.; VALVERDE-GARCÍA, A.; CAMACHO-FERRE, F. Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 35, n. 4, p. 567-590, 2012/03/01 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E. R. SANTARÉM, et. al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

TUBANA, B. S.; BABU, T.; DATNOFF, L. E. A Review of Silicon in Soils and Plants and Its Role in US Agriculture: History and Future Perspectives. **Soil Science** v. 181, n. 9/10, p. 393-411, 2016.

VALENTINUZZI, F. et al. Phosphorus and iron deficiencies induce a metabolic reprogramming and affect the exudation traits of the woody plant *Fragaria×ananassa*. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 20, p. 6483-6495, 2015.

WEBER, N. et al. First fruit in season: seaweed extract and silicon advance organic strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) fruit formation and yield. **Scientia Horticulturae**, v. 242, p. 103-109, 2018/12/19/ 2018.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. **Encyclopedia of plant physiology. New series**, 1983.

YARAHMADI, M. et al. Postharvest Application of Gum and Mucilage as Edible Coating on Postharvest Life and Quality of Strawberry Fruit. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v. 2, n. 4, p. 1279-1286, 04/01 2014.

ZHANG, L. et al. Combined effects of ultrasound and calcium on the chelate-soluble pectin and quality of strawberries during storage. **Carbohydrate Polymers**, v. 200, p. 427-435, 2018/11/15/ 2018.

ZHANG, M.; LIANG, Y.; CHU, G. Applying silicate fertilizer increases both yield and quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) grown on calcareous grey desert soil. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 757-763, 2017/11/18/ 2017.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*

ARTIGO 1 - Produção de frutos de morangueiro em resposta à adubação com silício e cálcio

RESUMO

O aumento da produção e a qualidade de frutos de morango estão relacionados diretamente à adubação. Visando alcançar maior produção de frutos, algumas estratégias têm sido adotadas a exemplo de pesquisas com nutrição de plantas. Diante disso, objetivou-se com cálcio e silício. Os fatores estudados foram: quatro formas de aplicação com combinações de nutrientes (silício no solo + cálcio foliar; silício foliar + cálcio foliar; silício no solo + silício foliar + cálcio foliar; e sem aplicação de cálcio e/ou silício) e duas cultivares comerciais de morango (Aromas e San Andreas), em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Foi avaliada a massa total de frutos, massa de frutos comerciais, massa de frutos não comerciais e peso médio de frutos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com auxílio do software R. A aplicação de silício e cálcio promoveu incremento na produção de frutos de morango. A maior produção total de frutos para a cv. San Andreas (328,07 g planta⁻¹) foi observado na aplicação de Si e Ca foliar. Para a cv. Aromas a maior produção total (332,41 g planta⁻¹) foi observado na aplicação de Si no solo + Si e Ca foliar. Em relação ao peso médio de frutos a cultivar Aromas apresentou inferior em 21,54% em relação a cultivar San Andreas.

Palavras chave: *Fragaria x ananassa* Duch.. Rendimento. Adubação suplementar. Nutrição mineral.

ABSTRACT

The increase in production and quality of strawberry fruits are directly related to fertilization. In order to achieve greater fruit production, some strategies have been adopted as an example of research with plant nutrition. Therefore, the objective was with calcium and silicon. The factors studied were four methods of Application with nutrient combinations (silicon in soil + foliar calcium; foliar silicon + foliar calcium; silicon in soil + foliar silicon + foliar calcium; and without calcium and/or silicon application) and two commercial strawberry cultivars (Aromas and San Andreas), in Randomized block design with four replications. The total fruit mass, commercial fruit mass, non-commercial fruit mass and average fruit weight were evaluated. The Means were compared by the Tukey test with the aid of the R software. The application of silicon and calcium promoted Increase in strawberry fruit production. The highest total fruit yield for CV. San Andreas (328.07 g Plant⁻¹) was observed in the application of Si and foliar Ca. For CV. Aromas the highest total production (332.41 g Plant⁻¹) was observed in the application of SI in soil + si and Ca foliar. In relation to the average weight of fruits, cultivar Aromas presented inferior in 21.54% compared to cultivar San Andreas.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch., Yield. Supplemental fertilization. Mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

A adubação do morangueiro exerce papel fundamental no desempenho da cultura e pode afetar tanto a produção quanto à qualidade pós-colheita dos frutos (VIGNOLO et al., 2011). O cálcio é um dos nutrientes que afeta significativamente a pós-colheita e consequentemente o rendimento da produção. Auxilia no fortalecimento das paredes celulares, proporcionando frutos mais resistentes, com maior firmeza, favorecendo inclusive, o transporte (BIENIASZ et al., 2010). Atua na preservação da qualidade pós-colheita de hortaliças e frutos tem sido elucidado em pesquisas. O cálcio tem influência na redução da respiração e produção de etileno, no atraso da senescência, do amadurecimento e no controle de distúrbios fisiológicos, consequentemente prolongando a durabilidade pós-colheita (BAKSHI et al., 2013).

Em morangueiro, Lara et al. (2004), observaram que a aplicação de cálcio aumentou a resistência a doenças, em função da manutenção da integridade da parede celular e do aumento da produção de pectina, o que torna os frutos mais rígidos e mais resistentes ao ataque de patógenos, impactando diretamente na produção de frutos dentro do padrão comercial exigido.

Trabalhos mostraram que a aplicação suplementar de cálcio interferiu nas características de qualidade dos frutos de morango, reduzindo a incidência de podridões. Singh et al. (2007) observaram que a incidência de *Botrytis cinera* nos frutos de morango foi reduzida com a aplicação de cálcio em pré-colheita, utilizando-se a dose de 2kg por hectare. Naradisorn et al. (2004) verificou redução na incidência de *B. cinera* nos frutos de morango em pós-colheita, devido à aplicações de cloreto de cálcio, com doses variando de 0 a 20kg. Os teores de cálcio elevaram-se nos frutos e ocorreu redução da incidência de podridões em pós-colheita, quando a aplicação de cálcio foi realizada nos frutos em fase de pós-colheita. Morangos tratados com hipoclorito associado ao cloreto de cálcio, com presença ou não de refrigeração, mantiveram melhor sua qualidade pós-colheita (CARDOSO et al., 2013).

O silício é outro nutriente que tem mostrado efeitos positivos quando usado na agricultura. Sua aplicação tem contribuído para melhorar o crescimento e o desenvolvimento de culturas hortícolas cultivadas em solo (JANA; JEONG, 2014). Os compostos minerais a base de silício são fontes alternativas empregadas na produção vegetal, De Souza Silva et al. (2013), por reforçar as paredes celulares com deposição de sílica sólida, promovendo maior rigidez estrutural, estimulando o crescimento e conferindo melhoria no rendimento das

plantas, por reduzir a incidência de doenças e pragas (HECKMAN, 2013; LIANG et al., 2015).

A aplicação de Si via solo ou foliar na forma de silicato de potássio e nanossílica têm comprovado efeitos significativos no florescimento, firmeza de fruto, rendimento sólidos solúveis, teores de antocianinas e acidez titulável em frutos de morangueiro (DEHGHANIPOODEH et al., 2016). O míldio pulverulento causado por *Sphaerothecaaphanis* (Wallr.) Braun var. *aphanis*, foi controlado eficientemente na cultura do morangueiro, com aplicações de SiO₂ em solução nutritiva (KANTO et al., 2004). A mancha de Pestalotia causado por *Pestalotialongisetula* teve redução de até 61%, com aplicação de silicato de potássio (CARRÉ-MISSIO et al., 2010).

Considerando a expressão econômica do morangueiro para a agricultura familiar no Brasil e a baixa produtividade da cultura em função de problemas nutricionais e fitossanitários, objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de morangos em resposta a adubação suplementar de cálcio e silício.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na área experimental do Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Sul do Estado de Minas Gerais que se localiza a latitude de 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918,8 m. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é Cwb, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental é classificado em Latossolo Vermelho Distroférico e apresenta as seguintes características na camada arável de 0 a 20 cm: pH (em H₂O) = 6,4; Al trocável = 0,10 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 2,59cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,74cmol_c dm⁻³; P- Mehlich = 28,89 mg dm⁻³; K⁺ = 37,12 mg dm⁻³; Matéria orgânica = 1,45dag Kg⁻¹; V = 67,69% ; Soma de bases = 3,43cmol_c dm⁻³; m = 2,83%; CTC = 5,06cmol_c dm⁻³; Textura do solo = Argilosa.

O preparo do solo foi realizado com uma aração e gradagem. Posteriormente foram preparados os canteiros, com três linhas de plantio com espaçamento de 0,30 m x 0,30 m. Em seguida, procedeu-se a adubação de acordo com a análise química do solo, segundo as recomendações de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), com MAP, sulfato de amônio, sulfato de potássio e sulfato de magnésio. O ensaio foi conduzido a céu aberto, com sistema de

irrigação por gotejamento e canteiros cobertos com *mulching* de polietileno branco de 30 µm de espessura.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições contendo 20 plantas por parcela. Os fatores estudados foram: quatro formas de aplicações com combinações de nutrientes (silício no solo + cálcio foliar; silício foliar + cálcio foliar; silício no solo + silício foliar + cálcio foliar; e sem aplicação de cálcio e silício) e duas cultivares comerciais de morango (“Aromas” e “San Andreas”), ambas de dias neutros. Os tratamentos constaram das combinações das aplicações e das cultivares, totalizando oito tratamentos.

As aplicações de cálcio (Ca) e silício (Si) foram realizadas 60 dias após plantio, sendo a aplicação de Si via solo foi realizada uma única vez, utilizando 0,24g do produto por planta mediante a incorporação superficial. A aplicação do Si por via foliar foi realizada com o auxílio de um pulverizador manual. A dose foi parcelada em oito aplicações, na qual foram aplicados 0,03g por planta do produto comercial a cada oito dias correspondendo à mesma dose aplicada via solo. A dose de Ca aplicada foi de 0,0024g por planta do produto comercial a cada oito dias. Nas aplicações foliares cada tratamento recebeu 20 mL por planta da solução preparada de Ca e Si.

Ressalta-se que a dose de Ca e Si aplicada nesse experimento foi à recomendada pelo fabricante do produto para a cultura do morangueiro. A fonte de Si utilizada foi Agri Sil[®] (98% de SiO₂ e 6,5% de Si solúvel) e a de Ca foi Ecofol[®] Cálcio (5,23% de cálcio e 6,45% de carbono total).

Para as aplicações via foliar foi desenvolvido um anel de tubo de PVC para proteger as demais plantas da parcela e não comprometer os outros tratamentos. Antes da aplicação, as plantas foram envolvidas com pano de algodão para impedir que a solução contendo Si e Ca entrasse em contato com o solo, evitando sua absorção via solo.

O ponto de maturação adotado foi o padrão comercial quando o fruto apresenta 75% de coloração vermelha. Durante a condução do experimento foram realizados tratamentos fitossanitários para o controle de ácaro e doenças por meio de pulverizações com acaricidas e fungicidas, quando necessário.

As variáveis produtivas como número de frutos por planta, massa total de frutos (MTF g planta⁻¹), massa de frutos comerciais (MFC g planta⁻¹) e massa de frutos não comerciais (MFNC g planta⁻¹) foram avaliadas entre os meses de agosto e novembro. Os frutos foram colhidos por parcelas a cada 2 vezes na semana, contados e pesados. Consideraram-se

comerciais os frutos com peso superior a 10 gramas e não comerciais os frutos com peso inferior a 10 gramas. Ao final do ciclo de produção somaram-se todos os frutos e todas as massas registradas para assim determinar a produção por planta.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e tendo-se verificado a interação entre os fatores, dos quais foram desdobrados dentro de cada tratamento e quando significativos e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o *softwareR* (2017).

3 RESULTADOS

Considerando a variável produção de frutos comerciais, a análise de variância mostrou que houve interação entre as cultivares e as formas de aplicação em diferentes combinações de nutrientes (TABELA 1).

Tabela 1 - Produção comercial (g planta^{-1}) de morangos das cultivares San Andreas e Aromas em função dos diferentes tipos de aplicação de Si e Ca.

| Tratamento | Cultivares | |
|---------------------------------|-------------|-----------|
| | San Andreas | Aromas |
| Si solo + Ca foliar | 214,46 Aab | 190,83 Aa |
| Si foliar + Ca foliar | 257,60 Aa | 178,80 Ba |
| Si solo + Si foliar + Ca foliar | 163,00 Bb | 215,69 Aa |
| Controle | 175,50 Ab | 169,20 Aa |
| CV (%) | 0,72 | |

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey e teste F, respectivamente.

As cultivares responderam de forma distinta às diferentes aplicações e combinações dos nutrientes. “Aromas” não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com um valor médio de $188,63 (\pm 20,09) \text{ g planta}^{-1}$. Na cv. San Andreas a aplicação de Si foliar + Ca foliar proporcionou a maior produção de frutos comerciais com $257,60 \text{ g planta}^{-1}$, enquanto que a aplicação com Si no solo + Si foliar + Ca foliar e o tratamento controle não diferiram entre si com produção comercial média de $169,25 (\pm 8,83) \text{ g planta}^{-1}$.

Foi possível observar que as duas cultivares apresentam respostas diferenciadas em função dos tratamentos. Para todas as combinações a cv. San Andreas foi mais responsiva do que a cv. Aromas, exceto quando se aplicou Si solo + Si foliar + Ca foliar onde a cv. Aromas foi mais produtiva ($215,69 \text{ g planta}^{-1}$). Para os demais tratamentos não houve diferenças significativas entre as diferentes combinações e formas de aplicação. A produção média,

considerando os diferentes tratamentos foi de 188,63 ($\pm 20,09$) g planta⁻¹ para cv. Aromas e 202,64 ($\pm 42,69$) g planta⁻¹ para cv. San Andreas.

Para a produção de frutos não comerciais de morango (aqueles com peso inferior a 10 gramas), não houve interação entre os fatores estudados. Entretanto, houve diferença estatística para as formas de aplicações com combinações de nutrientes e entre as cultivares comerciais.

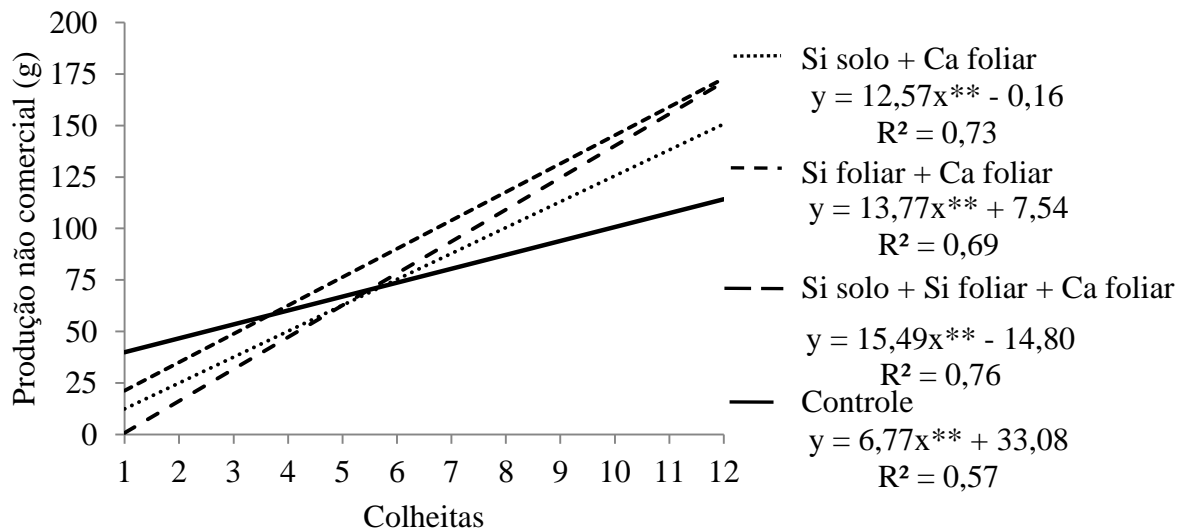
Conforme pode ser observado na Tabela 2, as formas de aplicações com combinações de nutrientes não apresentaram diferenças significativas na produção de frutos não comerciais quando se analisou as duas cultivares em conjunto. Em todas as colheitas, exceto na 10^a e 11^a colheita, o tratamento controle apresentou uma menor produção de frutos não comerciais 102,87 e 104,21 g planta⁻¹, respectivamente. Embora não se tenha observado diferenças estatísticas entre as diferentes combinações de adubação, o menor número de frutos não comerciais ocorreu quando se aplicou o tratamento Si solo + Si foliar + Ca foliar, fato este, observado até a sétima colheita. A partir daí já se observou variações entre os tratamentos. No entanto é interessante observar, tanto na Tabela 2 como na Figura 1, que após a sétima colheita (14^a semana) o tratamento controle apresentou uma produção média de frutos não comerciais inferiores aos demais tratamentos.

Tabela 2 - Produção não comercial de morangos (g planta⁻¹) das cultivares San Andreas e Aromas em função dos diferentes tipos de aplicação de Si e colheitas.

| Colheitas | Adubações | | | |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|----------|
| | Si solo + Ca foliar | Si foliar + Ca foliar | Si solo + Si foliar + Ca foliar | Controle |
| 1 | 32,42 a | 51,90 a | 22,79 a | 35,65 a |
| 2 | 30,70 a | 28,01 a | 27,81 a | 56,70 a |
| 3 | 37,74 a | 33,21 a | 24,38 a | 84,83 a |
| 4 | 36,88 a | 50,80 a | 41,87 a | 28,04 a |
| 5 | 53,79 a | 75,28 a | 50,37 a | 69,08 a |
| 6 | 31,64 a | 62,37 a | 44,00 a | 86,47 a |
| 7 | 87,20 a | 86,06 a | 78,56 a | 41,99 a |
| 8 | 90,29 a | 110,10 a | 89,72 a | 70,81 a |
| 9 | 136,80 a | 171,25 a | 131,17 a | 121,78 a |
| 10 | 180,75 a | 211,15 a | 217,10 a | 102,87 b |
| 11 | 151,51 ab | 172,29 a | 173,28 a | 104,21 b |
| 12 | 109,02 a | 112,32 a | 129,30 a | 122,15 a |
| CV (%) | 29,93 | | | |

As médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Figura 1 - Produção não comercial de morangos ao longo do período produtivo em função dos diferentes tipos de aplicação de Si e Ca.



Independente do tratamento adotado, com ou sem aplicação de Si e Ca, a cv. Aromas tem maior produção de frutos não comerciais quando comparada a cv. San Andreas (FIGURA 2). Observa-se no período da primeira à 12ª colheita, que o ponto de máxima produção de frutos não comerciais é na 10ª colheita, para ambas cultivares, com produção de 112,69 g planta⁻¹ para a cv. San Andreas e 243,24g planta⁻¹ para cv. Aromas (TABELA 3).

Figura 2 - Produção não comercial de frutos de morango das cultivares ao longo do período produtivo.

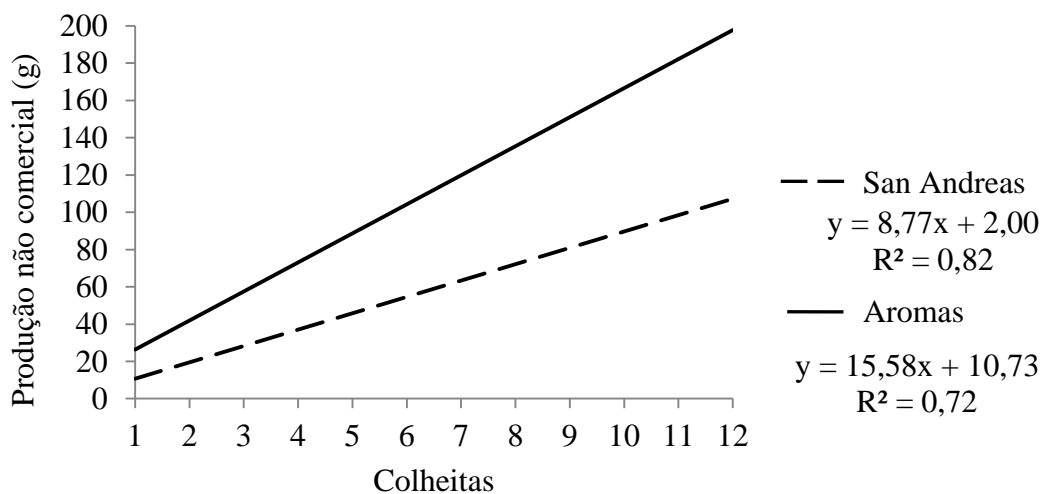


Tabela 3 - Produção não comercial (g planta⁻¹) de morangos das cultivares San Andreas e Aromas em função das colheitas.

| Colheitas (semanas) | Cultivares | |
|------------------------|-------------|----------|
| | San Andreas | Aromas |
| 1 | 14,81 b | 56,57 a |
| 2 | 24,51 a | 47,09 a |
| 3 | 41,36 a | 48,72 a |
| 4 | 23,12 a | 55,68 a |
| 5 | 34,11 b | 90,15 a |
| 6 | 55,52 a | 56,72 a |
| 7 | 47,83 b | 99,07 a |
| 8 | 56,56 b | 123,90 a |
| 9 | 102,75 b | 180,74 a |
| 10 | 112,69 b | 243,24 a |
| 11 | 105,76 b | 194,89 a |
| 12 | 89,45 b | 146,95 a |
| CV (%) | 29,93 | |

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

A produção total de morango apresentou interação significativa entre as formas de aplicação e as cultivares, conforme Tabela 4. O desdobramento mostra que na cv. Aromas os diferentes tratamentos não afetaram significativamente a produção total de frutos. Entretanto, numericamente observa-se uma melhor resposta da cultivar quando se aplicou o tratamento Si solo + Si foliar + Ca foliar (332,41 g planta⁻¹). Já para a cv. San Andreas o tratamento com Si foliar + Ca foliar teve maior produção, enquanto que os tratamentos com Si solo + Si foliar + Ca foliar e o tratamento controle apresentaram produções inferiores, comportamento bem diferente da cv. Aromas.

Entre as cultivares, não houve diferença entre os tratamentos, exceto para o tratamento com Si solo + Si foliar + Ca foliar na qual a cv. Aromas teve produção de 34,41% superior a cv. San Andreas.

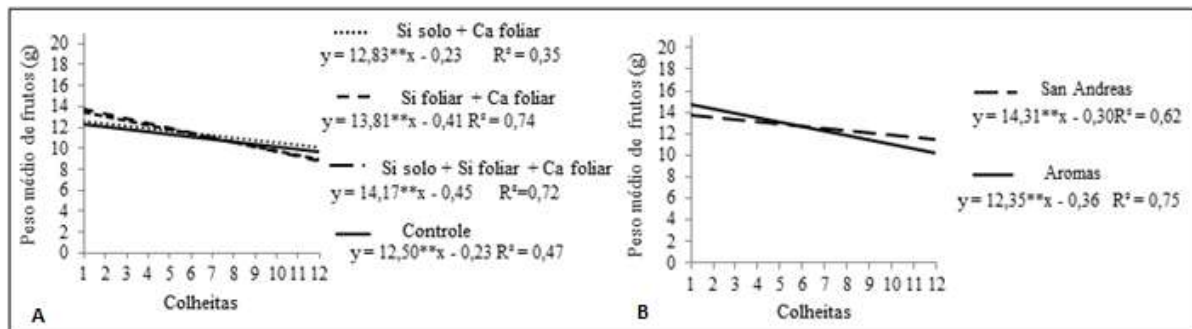
Tabela 4 - Produção total (g planta⁻¹) de morangos das cultivares San Andreas e Aromas em função dos diferentes tipos de aplicação de Si.

| Tratamento | Cultivares | |
|---------------------------------|-------------|-----------|
| | San Andreas | Aromas |
| Si solo + Ca foliar | 269,29 Aab | 299,16 Aa |
| Si foliar + Ca foliar | 328,07 Aa | 302,46 Aa |
| Si solo + Si foliar + Ca foliar | 218,01 Bb | 332,41 Aa |
| Controle | 231,38 Ab | 268,42 Aa |
| CV (%) | 0,71 | |

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey e teste F, respectivamente.

O que se observa é que o peso médio de fruto de morango tende a diminuir, aumentando a quantidade de frutos não comerciais, enquanto que os frutos comerciais diminuem do meio para o final da colheita, de acordo com Figura 3.

Figura 3 - Peso médio de frutos de morangueiro (A) na forma de aplicação entre as colheitas; (B) nas cultivares San Andreas e Aromas em diferentes épocas de colheita.



O peso médio de frutos de morango não apresentou diferença significativa entre as formas de aplicação com diferentes combinações de nutrientes durante as colheitas (FIGURA 3A), exceto para a terceira e sexta colheita, em que o peso médio de frutos no tratamento controle foi menor que nos demais tratamentos, representando uma redução de 16,21% e 22,05% respectivamente. Na sétima colheita também foi observado diferença entre os tratamentos, no entanto a menor produção se deu na aplicação combinando Si solo + Si foliar + Ca foliar (TABELA 5). Quando se utilizou a combinação Si solo + Ca foliar, a ocorrência de frutos não comerciais (considerando que o padrão comercial são de frutos maiores ou iguais a 10g se dá apenas a partir da 11ª colheita, enquanto nos demais tratamentos ocorre mais precocemente

Entre as cultivares foi observada diferença significativa durante as colheitas. A cv. Aromas apresenta peso médio de fruto inferior a cv. San Andreas, média de 21,54 ($\pm 4,49$) %, exceto na terceira e sexta colheita em que não houve diferença entre as cultivares (TABELA 6). Na cv. Aromas o aumento do número de frutos não comerciais se dá a partir da 6ª colheita, embora a produção total seja maior.

Tabela 5 - Peso por fruto de morangos (g fruto⁻¹) em função dos diferentes (períodos de colheitas) tipos de aplicação de Ca e Si e colheitas.

| Colheitas | Adubações | | | Controle |
|-----------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|----------|
| | Si solo + Ca foliar | Si foliar + Ca foliar | Si solo + Si foliar + Ca foliar | |
| 1 | 11,38 a | 12,35 a | 13,14 a | 13,63 a |
| 2 | 13,66 a | 13,71 a | 13,15 a | 11,23 a |
| 3 | 12,73 ab | 13,11 ab | 13,69 a | 11,04 b |
| 4 | 11,31 a | 11,70 a | 11,91 a | 12,85 a |
| 5 | 11,21 a | 11,46 a | 12,82 a | 10,63 a |
| 6 | 12,70 a | 12,33 a | 12,38 a | 9,72 b |
| 7 | 8,96 ab | 9,40 ab | 8,43 b | 11,26 a |
| 8 | 12,58 a | 11,68 a | 11,35 a | 10,87 a |
| 9 | 11,55 a | 11,21 a | 10,99 a | 9,90 a |
| 10 | 10,12 a | 9,52 a | 9,33 a | 10,54 a |
| 11 | 10,25 a | 9,11 a | 9,36 a | 10,88 a |
| 12 | 9,74 a | 8,15 a | 8,54 a | 9,36 a |
| Média | 11,35 | 11,14 | 11,26 | 10,99 |
| CV (%) | 17,88 | | | |

As médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Tabela 6 - Peso médio de frutos de morangueiro (g fruto⁻¹) das cultivares San Andreas e Aromas em diferentes épocas de colheita.

| Colheitas (semanas) | Cultivares | |
|------------------------|-------------|---------|
| | San Andreas | Aromas |
| 1 | 13,49 a | 11,76 b |
| 2 | 14,50 a | 11,37 b |
| 3 | 12,77 a | 12,52 a |
| 4 | 13,38 a | 10,51 b |
| 5 | 12,96 a | 10,10 b |
| 6 | 12,26 a | 11,30 a |
| 7 | 10,76 a | 8,26 b |
| 8 | 13,75 a | 9,49 b |
| 9 | 12,10 a | 9,73 b |
| 10 | 11,03 a | 8,73 b |
| 11 | 11,23 a | 8,58 b |
| 12 | 9,90 a | 7,99 b |
| Média | 12,35 | 10,02 |
| CV (%) | 17,88 | |

As médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

4 DISCUSSÃO

Neste estudo não se evidenciou efeitos positivos da adubação suplementar com Si e Ca na produção de morangos, porém observou-se claramente a resposta diferenciada das duas cultivares quanto à forma e as combinações dos nutrientes utilizados, o que pode ser devido à

variabilidade genética existente entre ambas, tanto para os caracteres relacionados a produção, quanto para os mecanismos relacionados a absorção de nutrientes. Em experimentos realizados com as duas cultivares nas safras de 2011 e 2012 no Rio Grande do Sul, Carvalho (2013) destaca que a cv. San Andreas apresenta fruto com a maior massa média, 15,18 ($\pm 3,83$) g fruto⁻¹, enquanto que a cv. Aromas tem a maior produção, com média de 469,67 ($\pm 384,97$) g planta⁻¹, sendo 18,03% superior que a produção da cv. San Andreas, porém com frutos com menor peso médio e uma maior produção precoce de frutos não comerciais.

Vários estudos têm comprovado que a eficiência em absorver nutrientes e a resposta à adubação no morangueiro está relacionado às características genótípicas de cada cultivar e as variações ambientais. Agüero e Kirschbaum, (2013), verificou a eficiência do uso de nutrientes de diferentes genótipos de morangueiro e separou as cultivares como reponsivas e não responsivas a adubação. Fica claro a resposta diferenciada de cada cultivar analisada, considerando inclusive, a forma de aplicação dos nutrientes, como é o caso da cv Aromas, que apresentou produção comercial, total maior quando se aplicou diferentemente da “San Andreas”, o tratamento Si solo+ Si foliar + Ca foliar.

Este resultado sugere que a cv aromas é mais eficiente em absorver Si do solo do que a “San Andreas”. (Neste trabalho foram observadas diferenças entre as cultivares relacionadas à forma de aplicação do Si). A cv. Aromas respondeu melhor a aplicação via solo enquanto a cv. San Andreas apresentou maior produção total e comercial com a aplicação via foliar

No entanto o efeito da aplicação do Si na produção do morangueiro é controverso na literatura. Souza Silva et al. (2013) avaliaram a aplicação de doses de silício via solo e foliar, sob ambiente protegido utilizando a cultivar Milsei Tudla e observaram que o Si proporcionou aumento significativo na produção de frutos, destacando-se o fornecimento do Si via solo. O mesmo foi constatado por Filipczaket al. (2016) avaliando os efeitos da aplicação de Si foliar no crescimento e na qualidade de frutos nas cultivares Elkat e Elsanta. O aumento da produção conferido pelo Si também foi observado nesse estudo, porém com diferenças na eficiência da aplicação via solo e foliar entre as cultivares estudadas. Já para Munaretto et al. (2018) a aplicação de silício foliar utilizando as cultivares Aromas e Albion não propiciou maior produtividade, número e massa média de frutos.

Estudos com outras culturas tem mostrado a resposta diferenciada de cultivares quanto a aplicação de Si. Esta variabilidade genética apresentada pelas cultivares pode estar relacionada a mecanismos fisiológicos, como diferentes taxas de absorção e translocação de nutrientes, bem como devido a diferenças morfológicas no sistema radicular Faria Júnior et al.

(2009), condições climáticas e forma de aplicação e a presença de transportadores de Si (OUELLETTE et al., 2017).

Dentre as vantagens da aplicação de Si destacam-se as modificações que este elemento propicia na fisiologia da planta, na forma de compostos que são depositados nos tecidos formando uma estrutura silificada, que ajuda as plantas a manter uma maior pressão do turgor, suportando maiores taxas de expansão e alongamento. Isso, por sua vez, leva a uma maior fotossíntese e maior capacidade para captação de água e nutrientes pelas raízes, Hajiboland et al. (2018), além de amenizar o efeito do ataque de pragas e doenças, devido à dificuldade de penetração no interior dos tecidos (REIS et al., 2007). O fornecimento de Si mediante pulverização foliar tem sido considerado alternativa viável para fornecimento às plantas, pois supre a necessidade de Si e estimula seus efeitos benéficos (WANG; GALLETTA, 1998; REIS et al., 2007; BUCK et al., 2008; CARRÉ-MISSIO et al., 2010 ; SOUSA et al., 2010).

Da mesma forma que o silício, o efeito positivo do cálcio em relação aos parâmetros de produção depende do material genético, do ambiente e do manejo da cultura. Aplicação foliar de cálcio nas cultivares de morangueiro Luna e Santa por Bieniasz et al. (2010), não aumentou a produção e massa média de frutos. Motamedi, Jafarpour e Shams (2014) confirmou que a aplicação de cálcio aumentou a vida útil de frutos de morangueiro e o crescimento das plantas. Kazemi (2013) demonstrou que a aplicação foliar de ácido salicílico em combinação ou não com aplicação de cloreto de cálcio aumentou a produção e a qualidade de frutos de morangueiro.

De acordo com Marschner (1995), existe uma relação inversa entre a necessidade de Ca pelas plantas e a habilidade dessas em absorver o Si. Assim, o Ca poderia ter sua função afetada pela presença do Si. Sivanesan et al. (2013) relataram que concentração de Ca nas folhas aumentou e diminuiu com foliar e subirrigacional de Si, respectivamente. A aplicação combinada do cálcio e silício tem apresentado resultados satisfatórios em outras culturas, porém no morangueiro o efeito da interação Ca x silício nos caracteres relacionados à produção deve ser melhor elucidado.

5 CONCLUSÃO

- As cultivares respondem de forma diferenciada à forma de aplicação de silício e cálcio. A cv. Aromas responde melhor à aplicação via solo e a cv. San Andreas via foliar.

- A aplicação de silício e cálcio promove incremento na produção de frutos de morango.

REFERÊNCIAS

- AGÜERO, J. J.; KIRSCHBAUM, D. S. Approaches to Nutrient Use Efficiency of Different Strawberry Genotypes. **International Journal of Fruit Science**, v. 13, n. 1-2, p. 139-148, 2013/01/01 2013.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **J Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BAKSHI, P. et al. Influence of pre-harvest application of calcium and micro-nutrients on growth, yield, quality and shelf-life of strawberry cv. Chandler. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 83, n. 8, p. 831-835, 2013.
- BIENIASZ, M.; MAŁODOBRY, M.; DZIEDZIC, E. THE EFFECT OF FOLIAR FERTILIZATION WITH CALCIUM ON QUALITY OF STRAWBERRY CULTIVARS 'LUNA' AND 'ZANTA'. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 926, 2010. p.457-461.
- BUCK, G. B. et al. Potassium silicate as foliar spray and rice blast control. **Journal of Plant Nutrition**, Oxon, v. 31, n. 2, p. 231-237, 2008.
- CARDOSO, L. et al. Qualidade pós-colheita de morangos cv. Diamante tratados com cloreto de cálcio associado a hipoclorito de sódio. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 588, 2013.
- CARRÉ-MISSIO, V. et al. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de Pestalotia em morango. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p. 182-185, 2010.
- DE SOUZA SILVA, M. L. et al. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 1, n. 34, p. 3411-3424, 2013.
- DEGHANIPOODEH, S. et al. Effects of potassium silicate and nanosilica on quantitative and qualitative characteristics of a commercial strawberry (*fragaria* × *ananassa* cv. 'camarosa'). **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, n. 4, p. 502-507, 2016.
- FARIA JÚNIOR, L. A. D. et al. Produção de matéria seca, teor e acúmulo de silício em cultivares de arroz sob doses de silício **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1034-1040, 2009.
- FILIPCZAK, J; SAS-PASZT, L; SZWONEK, E; LEWANDOWSKI, M; KOWALCZYK, W; POPIŃSKA-GIL, W. 2016. Response of two strawberry cultivars to the application of silicon. In: INTERNATIONAL CONFERENCE MICROELEMENTS IN AGRICULTURE AND ENVIRONMENT, 13., 2016, KudowaZdroj, Poland. **Proceedings...** KudowaZdroj:[s.n.].
- HAJIBOLAND, R. et al. Effect of silicon supplementation on growth and metabolism of strawberry plants at three developmental stages. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 46, n. 2, p. 144-161, 2018/04/03 2018.

HECKMAN, J. Silicon: A beneficial substance. **Better crops**, v. 97, n. 4, p. 14-16, 2013.

JANA, S.; JEONG, B. R. Silicon: the most under-appreciated element in horticultural crops. **J Trends in Horticultural Research**, v. 4, n. 1, p. 1-19, 2014.

KAZEMI, M. Foliar application of salicylic acid and calcium on yield, yield component and chemical properties of strawberry. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**, v.2, n.11, p.19-23.oct. 2013.

KANTO, T. et al. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. **Journal of General Plant Pathology**, v. 70, n. 4, p. 207-211, 2004/08/01 2004.

LARA, I.; GARCÍA, P.; VENDRELL, M. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 3, p. 331-339, 2004/12/01/ 2004.

LIANG, Y. et al. **Silicon in Agriculture: From Theory to Practice**. 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London, UK: Academic Press. 1995.

MOTAMEDI, S.; JAFARPOUR, M.; SHAMS, J. Evaluation of nutrition on flower number and yield of strawberry in greenhouse. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, Bangladesh, 2013 v.5 n.18, p.2091-2095, 2014

MUNARETTO, L. M. et al. Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 40-46, 2018-03 2018.

NARADISORN, M. et al. Effect of preharvest calcium application on grey mould development and postharvest quality in strawberries. V International Strawberry Symposium 708, 2004. p.147-150.

OUELLETTE, S. et al. Silicon transporters and effects of silicon amendments in strawberry under high tunnel and field conditions. **Frontiers in plant science**, Amsterdam, v. 8, p. 949, 2017.

R DEVELOPMENT CORE TEAM: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria 2017. <<http://www.R-project.org>>.

REIS, T. et al. **O silício na nutrição e defesa de plantas**. EPAMIG Belo Horizonte, 2007.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999, 322 p.

SINGH, R.; SHARMA, R. R.; TYAGI, S. K. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.). **Scientia Horticulturae**, v. 112, n. 2, p. 215-220, 2007/03/26/2007.

SIVANESAN, I. et al. Growth of chrysanthemum cultivars as affected by silicon source and application method. **Korean Journal of Horticultural Science Technology**, London, v. 31, n. 5, p. 544-551, 2013.

VIGNOLO, G. K. et al. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, New York, v. 41, n. 10, p. 1755-1761, 2011-10 2011.

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

Artigo 2 - Avaliação de frutos de morangueiro sob o efeito do cálcio e silício na qualidade da pós-colheita

RESUMO

O morango é amplamente consumido por ser uma fruta de sabor agradável. Contudo, apresentam baixa vida útil depois de colhidos. O uso da adubação com cálcio e silício tem se mostrado bastante promissor na busca do aumento do tempo de armazenamento de frutos. Diante disso, objetivou-se avaliar a influência da adubação com cálcio e silício nas propriedades físico-químicas de frutos ao longo do armazenamento. Os morangos foram armazenados a 5 °C , com 85±5% UR por seis dias. A cada dois dias foram avaliadas as características: firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, ratio, antocianina, vitamina C, pectina solúvel, o ângulo hue e a perda de massa. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 3 x 3, sendo (3 tempos de avaliação - dias 0; 3 e 6; três tratamentos, tratados com silício foliar+cálcio foliar, silício solo+cálcio foliar e controle). Durante o período de armazenamento, observou-se que, as aplicações com silício apresentaram comportamento semelhante ao longo do período de armazenamento, para os teores de sólidos solúveis, ratio, antocianina e vitamina C, porém a aplicação promoveu maiores teores de sólidos solúveis e ratio no dia da colheita e perdas significativas de antocianinas e vitamina C, principalmente nos frutos com aplicação com o silício via foliar no final do armazenamento. Foi observada uma menor concentração de pectina solúvel, nos frutos com aplicação com o silício foliar em relação à aplicação de silício no solo. Em relação à perda de massa e ao ângulo Hue houve efeito isolado dos fatores, onde houve maior perda de massa ao longo do tempo de armazenamento, assim como um amadurecimento mais lento com aplicação de silício foliar aos frutos. Apesar de ter ocorrido diferença para as demais características a suplementação de cálcio e silício independente do modo aplicação não foram eficientes em melhorar os atributos de qualidades para cultivar San Andreas nessas condições.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*. Qualidade. Armazenamento. Nutrição. Longevidade.

ABSTRACT

Strawberry is widely consumed as a fruit with a pleasant taste. However, they have a short shelf life. The use of calcium and silicon fertilization has shown to be very promising in the search for an increase in fruit storage time. The objective of this study was to evaluate the influence of fertilization with calcium and silicon on the physical-chemical properties of fruits throughout the storage. The strawberries were stored at 5 °C , with 85 ± 5% RH for six days. Every two days the characteristics were evaluated: firmness, soluble solids, titratable acidity, pH, ratio, anthocyanin, vitamin C, soluble pectin, hue angle and mass loss. The experimental design was a completely randomized design in a 3 x 3 factorial arrangement, with three treatments (days 0, 3 and 6) treated with foliar silicon, foliar calcium, soil silicon and foliar calcium and control. During the storage period, it was observed that silicon applications presented similar behavior over the storage period for soluble solids, ratio, anthocyanin and vitamin C, but the application promoted higher solids solids content and ratio on the day of harvest and significant losses of anthocyanins and vitamin C, especially in the fruits with application with silicon via foliar at the end of storage. It was observed a lower concentration of soluble pectin in the fruits with application with the foliar silicon in relation to the

application of silicon in the soil. In relation to the loss of mass and the Hue angle, there was an isolated effect of the factors, where there was greater mass loss along the storage time, as well as a slower ripening with foliar silicon application to the fruits. Despite the fact that the calcium and silicon supplementation of the mode of application were different for the other characteristics, they were not efficient in improving the attributes of qualities to cultivate San Andreas under these conditions.

Key words: *Fragaria x ananassa*. Quality. Storage. Nutrition. Shelf live

1 INTRODUÇÃO

Embora figure uma tendência crescente no consumo, a produção de morango depara-se com algumas dificuldades, dentre eles, incidência de pragas e doenças Henz (2010) e a perecibilidade (POMBO et al., 2011). A perecibilidade após a colheita tem tornado a comercialização do morango um fator limitante, sendo este um fruto pouco resistente em virtude da epiderme fina e de intensa atividade metabólica. Tal característica resulta em baixa conservação pós-colheita, com alterações visuais e nutricionais, o que deprecia o seu valor comercial (Chitarra; Chitarra, 2005). Estima-se que entre a colheita e a mesa do consumidor ocorrem perdas significativas de 30–40% dos frutos de morango devido a sua fragilidade (YARAHMADI et al., 2014).

A condição nutricional da cultura pode ter efeito sobre a composição química e física do fruto, no tamanho, na suscetibilidade a pragas e a doenças e na conservação pós-colheita, visto que o manejo adotado no campo pode determinar além da produtividade a qualidade do produto final. Uma adubação adequada pode ser o ponto chave para obtenção da qualidade dos frutos, sendo resultante de ação conjunta de vários fatores, em especial do efeito individual e combinado dos nutrientes (AULAR; NATALE, 2013).

De acordo com Belge et al. (2017) atribui-se ao cálcio funções fisiológicas importantes na planta sobretudo, nos processos associados à composição química e física dos frutos. Estudos com aplicação de cálcio (Ca) na pré-colheita, visando conservar a qualidade das frutas tem apresentado resultado promissor no processo de retardar o amadurecimento, preservar a firmeza da polpa e elevar o teor de sólidos solúveis totais como confirmam Brackmann et al. (2011) trabalhando com maçãs ‘Fuji’.

O efeito benéfico oriundo da aplicação desse nutriente nas frutas confirma-se com o atraso na senescência, no amadurecimento e eleva o teor de cálcio favorecendo seu valor nutricional Martín-Diana et al. (2007), além de promover desenvolvimento e crescimento equilibrado (AGHDAM et al., 2012).

O silício (Si) também é um nutriente importante para a melhoria na qualidade e no rendimento dos frutos, pois estimula o crescimento e a produção vegetal propiciando porte mais ereto e maior rigidez dos tecidos. Atualmente, muitos estudos demonstram a essencialidade do silício nos processos bioquímicos e fisiológicos, até mesmo fitotécnicos em diferentes culturas. Estudos indicam efeitos positivos sobre o tempo de conservação pós-colheita, bem como melhoria na qualidade das hortaliças (MARODIN et al., 2011). Munaretto et al. (2018), avaliando doses de silício em pré-colheita nas cultivares de morangueiro Aromas e San Andreas, relataram efeito positivo na qualidade pós-colheita, a aplicação de silício promoveu maiores teores de antocianina e manteve a firmeza dos frutos em ambas cultivares. Figueiredo et al. (2010), constataram aumento dos teores de açúcares totais e sacarose com uso de silício em morango elevando o teor de sacarose em 17% dos frutos.

Considerando a escassez de informações relacionando a nutrição na fase de pré-colheita com os parâmetros de qualidade e período de vida útil do fruto de morango na pós-colheita objetivou-se com o trabalho avaliar a influência da adubação com cálcio e silício nas propriedades físico-químicas de frutos ao longo do armazenamento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento de campo

O ensaio foi conduzido de maio a novembro de 2017 na área experimental do Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, Sul do Estado de Minas Gerais que se localiza a latitude de 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918,8 m. O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é Cwb, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental é classificado em Latossolo Vermelho Distroférico e apresenta as seguintes características na camada arável de 0 a 20 cm: pH (em H₂O) = 6,4; Al trocável = 0,10 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 2,59 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,74 cmol_c dm⁻³; P- Mehlich = 28,89 mg dm⁻³; K⁺ = 37,12 mg dm⁻³; Matéria orgânica = 1,45 dag Kg⁻¹; V = 67,69% ; Soma de bases = 3,43 cmol_c dm⁻³; m = 2,83%; CTC = 5,06 cmol_c dm⁻³; Textura do solo = Argilosa.

O preparo do solo foi realizado com uma aração e gradagem. Posteriormente foram preparados os canteiros, com três linhas de plantio com espaçamento de 0,30 m x 0,30 m. Em seguida, procedeu-se a adubação de acordo com a análise química do solo, segundo as recomendações de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) com MAP, sulfato de amônio, sulfato de potássio e sulfato de magnésio. O ensaio foi conduzido a céu aberto, com sistema de

irrigação por gotejamento e canteiros cobertos com mulching de polietileno branco de 30 µm de espessura. As aplicações de cálcio (Ca) e silício (Si) foram realizadas 60 dias após plantio, sendo a aplicação de Si via solo foi realizada uma única vez, utilizando 0,24g do produto por planta mediante a incorporação superficial. A aplicação do Si por via foliar foi realizada com o auxílio de um pulverizador manual. A dose foi parcelada em oito aplicações, na qual foram aplicados 0,03g por planta do produto comercial a cada oito dias correspondendo à mesma dose aplicada via solo. A dose de Ca aplicada foi de 0,0024g por planta do produto comercial a cada oito dias. Nas aplicações foliares cada tratamento recebeu 20 mL por planta da solução preparada de Ca e Si.

Ressalta-se que a dose de Ca e Si aplicada nesse experimento foi à recomendada pelo fabricante do produto para a cultura do morangueiro. A fonte de Si utilizada foi Agri Sil® (98% de SiO₂ e 6,5% de Si solúvel) e a de Ca foi Ecofol® Cálcio (5,23% de cálcio e 6,45% de carbono total).

As colheitas foram realizadas duas vezes por semana, entre os meses de agosto e novembro. O ponto de maturação adotado foi o padrão comercial quando o fruto apresenta 75% de coloração vermelha. Durante a condução do experimento foram realizados tratamentos fitossanitários para o controle de ácaro e doenças por meio de pulverizações com acaricidas e fungicidas, quando necessário.

Para a avaliação da qualidade em função do tempo de armazenamento utilizou-se frutos da colheita do dia 30 de outubro de 2017 (158 DAP), utilizando a cultivar comercial San Andreas. Os frutos foram colhidos nas primeiras horas do dia manualmente, o ponto de maturação adotado foi o padrão comercial com 75 % de coloração vermelha.

Os frutos foram cuidadosamente transportados para o Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de alimentos e para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Os frutos não passaram por nenhuma lavagem simulando a situação utilizada pelo produtor. Para avaliação das características físicas e químicas, utilizou-se uma bandeja com 3 frutos de morangos comerciais, previamente selecionados e identificados de acordo com os tratamentos. Os frutos foram acondicionados em embalagens para morango sem tampa e envolvidos com filme de PVC de 15 µ simulando as condições de comercialização e armazenados em câmara fria em temperatura de 5°C por seis dias. Cada bandeja continha 3 repetições, sendo cada uma representada por dois frutos por tempo de avaliação, sendo avaliados a cada dois dias de armazenamento .

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em um arranjo fatorial 3 x 3. Os fatores foram constituídos pelo período de armazenamento (0, 3 e 6 dias) e pelos tratamentos (T1 = com aplicação de silício foliar + cálcio foliar; T2 = com aplicação de silício no solo + cálcio foliar e T3= sem aplicação de cálcio e silício). Foram avaliadas as seguintes características físico-químicas:

2.2 Perda de Massa (PM)

A PM foi calculada considerando a diferença entre o peso inicial dos frutos armazenados e aquele obtido a cada intervalo de tempo (0, 3 e 6 dias), através da seguinte fórmula: Perda de massa= [(massa inicial – massa final)] × 100. A média dos resultados foi expressa em porcentagem de perda de massa.

2.2.1 Firmeza (FIR)

A FIR foi determinada com o auxílio de um texturômetro Stable Micro System modelo TATX2i, utilizando a sonda tipo agulha P/6N (6 mm de diâmetro), que mede a força de penetração desta nos frutos, numa velocidade de 5 mm/s e a uma distância de penetração de 40 mm, valores estes previamente fixados. Foi usada uma plataforma HDP/90 como base. A firmeza do morango foi expressa em Newton (N).

2.2.2 Ângulo (Hue)

A coloração externa foi determinada utilizando o colorímetro Konica Minolta CR-400 calibrado de acordo com o sistema CIE com medição de L*, a* e b* (iluminante D65). A coordenada L* representa a claridade, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco). A coordenada a* pode assumir valores entre -80 a +100, no qual os extremos correspondem, respectivamente, ao verde e vermelho. A coordenada b* pode variar de -50 a +70, com intensidade do azul ao amarelo. As leituras dos parâmetros L*, a* e b* permitiram calcular o ângulo hue (°h) que corresponde à tonalidade ou matiz e identifica a cor num ângulo de 360° e o Croma (C*) ou saturação ou intensidade da cor, conforme (Mcguire, 1992). Utilizou-se valores expresso pelo ângulo de cor matriz, ângulo hue (h).

2.2.3 Acidez titulável (AT)

A AT foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N, usando como indicador a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2005) e expressos em porcentagem de ácido cítrico.

2.2.4 Sólidos solúveis (SS)

Os SS foram determinados utilizando refratômetro digital, conforme método do Instituto Adolfo Lutz (2005), os resultados foram expressos em %. E a Relação de SS/AT - foi calculada entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT).

2.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado utilizando-se um pHmetro Schott Handylab, segundo técnica do Instituto Adolfo Lutz (2005).

2.2.6 Ratio (SS/AT)

Relação de SST/AT - foi calculada entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT).

2.2.7 Ácido ascórbico (Vit.C)

A vitamina C foi determinada pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 de dinitrofenilhidrazina, segundo (Strohecker e Henning, 1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

2.2.8 Antocianina

As antocianinas foram quantificadas espectrofotometricamente, segundo Lees e Francis (1972). Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3- glicosídeo por 100 gramas de amostra.

2.2.9 Pectina solúvel (Pec S)

A pectina solúvel (Pec S) foi determinada segundo a técnica descrita por McComb e McCreedy (1952). A determinação colorimétrica foi feita por meio da reação com carbazol, segundo a técnica de Bitter e Muir (1962). O resultado foi expresso em mg de ácido galacturônico por 100g de polpa.

2.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e tendo-se verificado a interação entre os fatores, dos quais foram desdobrados dentro de cada tratamento e quando significativos e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o *software R*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com análise físico-química de frutos de morangueiro cultivar San Andreas a tabela 1 apresenta os valores médios para as variáveis: sólidos solúveis, pH, acidez titulável e ratio. Para o ângulo hue e perda de massa, nenhuma foi observada interação entre os fatores, só efeito significativo para a aplicação e efeito significativo do período de armazenamento respectivamente. Para firmeza não houve diferença significativa.

3.1 Sólidos solúveis

Durante o período de armazenamento, observou-se alterações nos teores de sólidos solúveis dos frutos ocorrendo efeito significativo para a interação entre os fatores tratamento x dias de armazenamento (TABELA 1). As amostras tratadas com Si foliar e Si no solo, independente do modo de aplicação iniciaram o armazenamento com maiores valores (8,00 e 9,00%) respectivamente em relação ao tratamento controle (7,00 %). A aplicação de Si solo+Ca foliar proporcionou aumento o teor de SS de 28,57% em relação ao controle e 12,5% sob aplicação de Si foliar + Ca foliar. De acordo com os dados obtidos no terceiro dia de armazenamento, não houve alteração nos teores de SS entre as aplicações de silício, no entanto, frutos tratados com o silício reduziram 25% nos sólidos solúveis quando comparado ao tratamento controle. No sexto dia, a aplicação Si solo + Ca foliar apresentou um ligeiro incremento (4,71%) em relação aos demais tratamentos.

Todos os tratamentos permaneceram com teores de sólidos solúveis dentro da quantidade mínima recomendada para a aceitação do sabor de morango, exceto os tratamentos com aplicação de Si no terceiro dia, estando abaixo do mínimo de estabelecido.

Tabela 1 - Valores médios de Sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e ratio (SS/AT) de frutos de morangueiro cultivar San Andreas durante o armazenamento.

| Variáveis | Tratamentos | Armazenamento (dias) | | |
|-----------|-----------------------|----------------------|---------|---------|
| | | 0 | 3 | 6 |
| SS (%) | Controle | 7,00 Cb | 8,00 Aa | 7,00 Bb |
| | Si foliar + Ca foliar | 8,00 Ba | 6,00 Bc | 7,00 Bb |
| | Si solo + Ca foliar | 9,00 Aa | 6,00 Bc | 7,33 Ab |
| Ph | Controle | 3,63 Ba | 3,66 Aa | 3,65 Aa |
| | Si foliar + Ca foliar | 3,64 Ba | 3,52 Cc | 3,58 Bb |
| | Si solo + Ca foliar | 3,76 Aa | 3,56 Bc | 3,64 Ab |
| AT (%) | Controle | 0,99 Aa | 0,93 Ba | 0,85 Ab |
| | Si foliar + Ca foliar | 0,86 Bb | 1,10 Aa | 0,84 Ab |
| | Si solo + Ca foliar | 0,85 Bb | 1,04 Aa | 0,83 Ab |
| Ratio | Controle | 7,05 Cb | 8,60 Aa | 8,17 Aa |
| | Si foliar + Ca foliar | 9,33 Ba | 5,44 Bc | 8,27 Ab |
| | Si solo + Ca foliar | 10,62 Aa | 5,77 Bc | 8,83 Ab |

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Kader (1997) menciona que o valor mínimo recomendado para aceitação do sabor de morango é de 7% de teor de sólidos solúveis. O teor de sólidos solúveis é uma característica de interesse principalmente para frutos comercializados in natura, visto que o mercado prefere frutos doces (CONTI et al., 2002). Apesar da suplementação do Si possibilitar melhora no teor de SS, no presente trabalho ocorreu uma diminuição de sólidos solúveis durante o armazenamento em comparação ao início do armazenamento. Castricini et al. (2017), também verificaram redução nos teores de sólidos solúveis durante o armazenamento avaliando cultivares de morangueiro no semi-arido de Minas gerais. De Souza Silva et al. (2013) avaliando doses de Si sobre a produção e qualidade de frutos de morangueiro obtiveram valores inferiores de sólidos solúveis aos encontrados nesse trabalho, independente da dose e do modo de aplicação.

Abd-Alkarim et al. (2017), avaliando a eficácia da suplementação de Si relataram que a aplicação melhorou o teor de sólidos solúveis totais em frutos de pepino. Resultado similar foi encontrado por Jarosz (2013) avaliando o efeito da aplicação de Si na composição química das folhas e nos frutos de pepino observou que o teor de sólido solúvel total e a matéria seca em frutos de pepino podem ser melhorados com aplicação de silício.

3.2 pH e acidez titulável

Para a avaliação do pH e acidez titulável nos frutos, a análise de variância do desdobramento demonstrou efeito significativo entre os fatores de aplicação e tempo de armazenamento (TABELA 1).

Analisando o pH, os frutos do tratamento com Si solo + Ca foliar apresentaram maiores médias de pH (3,76) no tempo 0 (zero) de armazenamento. No terceiro dia de armazenamento os frutos do tratamento controle apresentaram maiores médias (3,66) em comparação aos demais. Ao sexto dia de armazenamento o tratamento controle (3,65) e Si solo + Ca foliar (3,64) aumentaram seu pH. Analisando o comportamento das aplicações de Si foi observado um suave aumento do pH para os frutos do tratamento controle, ainda sim, não diferiram entre si ao longo do tempo. Em todos os tratamentos observou-se uma redução gradativa do pH durante o período de armazenamento.

Ainda de acordo com a tabela é possível observar variação da acidez entre os frutos, em função do tempo de armazenamento. Observa-se que apenas os frutos do tratamento controle apresentaram valores de acidez titulável (0,99 %) acima do recomendado no tempo 0 (zero) de armazenamento. Contudo, no terceiro dia de armazenamento todos os tratamentos foram superiores a 0,8%, máximo estabelecido para a aceitação do sabor de morango (KADER, 1997). No sexto dia de armazenamento a acidez dos frutos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Normalmente, com a maturação do fruto há aumento do pH, e o inverso ocorre com a acidez titulável. A redução da acidez pode ser justificada provavelmente pela utilização dos ácidos orgânicos em reações respiratórias ou de sua conversão em açúcares e tende a diminuir em função do avanço da maturação, podendo, no entanto, em alguns casos, haver um pequeno aumento com o amadurecimento do fruto (Chitarra ; Chitarra, 2005). Esse comportamento pode ser verificado, analisando os tratamentos em função do tempo de armazenamento, onde os frutos do tratamento controle diminuíram sua acidez.

Para Rinaldi et al. (2005), a redução na acidez também pode ser explicada pelo consumo próprio vegetal, na tentativa de manter-se no estado inicial. Os ácidos orgânicos favorece o sabor, assim como propicia aroma característico nas frutas. A acidez é um importante parâmetro para aceitabilidade das frutas perante o consumidor . Além de ser um indicativo para o estágio de maturação, bem como para a conservação da fruta tornando-se

importante em estudos de pós-colheita. A concentração desses ácidos é um atributo importante para a qualidade de frutos.

Em morango a acidez pode ser correlacionada entre a cultivar e a época de maturação Jouquand et al. (2008), ao sistema de produção e manejo, a interação entre cultivar com e o ambiente de cultivo. O pH dos frutos é determinante na definição da finalidade de uso das cultivares (CONTI et al., 2002).

De acordo com Figueiredo et al. (2010) a diminuição do pH não ocorre com a elevação dos ácidos cítricos, mas pelo aumento de outros ácidos que ao reduz o pH e eleva a acidez da polpa. Quando a finalidade é a obtenção de frutos com característica para indústria esses atributos é bastante relevante. Entretanto, para o consumo *in natura* os frutos com pH pouco ácido tem maior aceitação pelo consumidor. Todavia, para o consumo *in natura* o consumidor tem maior preferência por fruto pouco ácido. Esses autores ainda relatam que a utilização de silício poderá servir como alternativa para obtenção de variedades com dupla aptidão.

3.3 Ratio (SS/AT)

Durante o período de armazenamento observou-se alterações na relação SS/AT ocorrendo efeitos significativos para a interação entre os fatores tratamento x dias de armazenamento (TABELA 1).

Os frutos das aplicações de Si no solo e Si foliar de modo geral apresentaram maior ratio inicialmente (10,62 e 9,33) respectivamente ao longo do armazenamento dos morangos. Os frutos oriundos do tratamento com aplicação de Si no solo+Ca foliar apresentaram uma maior relação de doçura (50,64%), diferindo dos demais tratamentos avaliados. Apesar disso, foi verificado um acréscimo ao longo do armazenamento dos morangos para a relação SS/AT no tratamento controle.

Analisando as aplicações verificou-se que a relação SS/AT nos tratamentos em que houve aplicação de Si via foliar ou via solo, foi maior no tempo 0 e no sexto dia, embora não tenha ocorrido diferenças estatísticas entre as aplicações ao longo do tempo de armazenamento dos morangos. Apesar disso, foi verificado um acréscimo de 13,71% ao final do armazenamento dos morangos para a relação SS/AT no tratamento controle.

Uma das formas comumente empregada para avaliar o sabor das frutas é a relação entre sólidos solúveis e acidez total. Quanto mais expressiva for a relação entre sólidos solúveis e acidez total mais será atribuída às frutas um equilíbrio entre o doce e o ácido,

proporcionando sabor agradável, tornando-as ainda mais atrativas ao consumidor (BRACKMANN et al., 2011). O sabor é resultante da combinação dos compostos voláteis, organolépticos e da textura (ZHANG et al., 2010). No entanto, tanto os processos fisiológicos bem como a relação entre o clima e os fatores biológicos influenciam na qualidade do fruto do morangueiro (KADER, 1997).

A relação SS / AT referenciada por Cecatto et al. (2013) para a cv. San Andreas (5,26) cultivada em solo foi inferior ao encontrado neste trabalho. Conforme Kader (1997) o índice médio recomendado para a razão entre SS / AT é de pelo menos 8,75, sendo considerado bom indicador para fruta de alta qualidade. Sendo assim, no presente trabalho, os tratamentos com plantas foram submetidas às aplicações de Si+Ca foliar atingiram o índice recomendado.

3.4 Perda de massa

Analisando esta variável observou-se efeito significativo apenas para o período de armazenamento, cuja maior perda de massa foi observada no sexto dia de armazenamento com média de 4,85%, estando esse valor abaixo de 10%, visto que valor de massa fresca superior a 10% indica perda de qualidade em morango (HERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2006). O valor médio da perda de massa fresca também esteve abaixo de 6% limite considerado para frutos de morango segundo García et al. (1998). Para Menezes et al. (2001), a perda de massa fresca é uma característica importante a ser preservada durante o tempo de armazenamento, pois pode originar problemas de ordem qualitativa e quantitativa nos frutos.

De acordo com Joo et al. (2011) a perda de massa fresca durante o armazenamento de frutos está associada principalmente a perda de água por transpiração. Essa perda de água é uma das principais causas da deterioração dos frutos, ocasionando alteração na aparência, textura e valor nutricional. Para Nunes et al. 2005 a perda de massa está associada a degradação da membrana celular e por consequência, a liberação da enzima oxidativa polifenoxidase principal causadora da degradação de antocianina, colaborando para o escurecimento dos frutos durante o armazenamento. Munaretto et al. (2018) ao avaliar qualidade pós-colheita nas cultivares de morango Aromas e Albion com aplicações foliares em pré-colheita quatro doses de SiO₂ não verificaram diferença significativa para perda de massa.

3.5 Ângulo Hue

O ângulo Hue que expressa a tonalidade da coloração do fruto e conforme McGuire (1992), o 0° corresponde à cor vermelha e o 90°, à amarela. Analisando esta variável observou-se efeito significativo apenas entre os tratamentos. No entanto, independente do tratamento todos os frutos se encontravam no quadrante vermelho. Logo, quanto menor for o valor do ângulo hue, mais vermelho é o fruto. Embora não se tenha observado diferenças significativas quanto aos valores de Hue, verifica-se um amadurecimento mais lento quando se usou a aplicação de Si foliar + cálcio foliar, cujo valor apresentado foi de 33,39. Estudos tem comprovado que o suprimento adequado de Ca, retarda a senescência do fruto. Em geral são frutos mais firmes e com maior vida útil (BARKER; PILBEAM, 2015).

A cor do fruto é um importante critério de maturação para o produtor, além de ser um atributo de importância para a aceitação do consumidor, acompanhado do sabor e da textura (GUEDES et al., 2013). Ávila et al. (2012), avaliando a cultivar Camino Real em sistema de produção (convencional e orgânico) e período de armazenamento verificaram diminuição do ângulo hue de 30,11 e 33,13 para 24,87 e 27,09 respectivamente durante o armazenamento. Para o autor, valores mais baixos do ângulo hue expressa coloração mais escura. Para, o escurecimento da epiderme do morango é uma característica indesejável ao longo do armazenamento, deixando o produto pouco aceitável no mercado.

3.5 Antocianina

A antocianina variou significativamente, em função da interação entre os fatores aplicações de Si e Ca dentro do tempo de armazenamento (TABELA 2). Em função dos tratamentos, os frutos do tempo zero oriundos de plantas com aplicação de Si foliar + Ca foliar apresentaram maior conteúdo de antocianinas totais, 35,93 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹ representando um acréscimo de 18,46% em relação ao tratamento controle e 46,65% ao tratamento com aplicação de Si no solo + Ca foliar.

Tabela 2 - Valores médios de Antocianina, pectina solúvel e vitamina de frutos de morangueiro cultivar San Andreas durante o armazenamento.

| Variáveis | Tratamentos | Armazenamento (dias) | | |
|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------|-----------|
| | | 0 | 3 | 6 |
| Antocianina | Controle | 30,33 Bb | 45,73 ABa | 43,88 Aa |
| | Si foliar + Ca foliar | 35,93 Ab | 42,84 Ba | 25,05 Bc |
| | Si solo + Ca foliar | 24,50 Cb | 45,18 Aa | 43,52 Aa |
| Pectina solúvel | Controle | 88,52 Ca | 48,16 Cb | 42,95 Cc |
| | Si foliar + Ca foliar | 97,71 Ba | 85,07 Bb | 59,69 Bc |
| | Si solo + Ca foliar | 173,90 Aa | 100,92 Ac | 161,96 Ab |
| Vitamina C | Controle | 184,44 Aa | 175,17 Cb | 163,24 Ac |
| | Si foliar + Ca foliar | 175,42 Bb | 215,82 Aa | 115,49 Cc |
| | Si solo + Ca foliar | 183,42 Ab | 197,69 Ba | 145,97 Bc |

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

De Souza Silva et al. (2013) trabalhando com a cultivar Milsei Tudla sob diferentes concentrações de silício também observaram aumento na concentração de antocianina em relação ao valor obtido no tratamento controle com a aplicação de Si.

Não foi observada variação significativa no conteúdo de antocianina no terceiro e sexto dia de armazenamento para os frutos do tratamento controle e aqueles oriundos da aplicação com Si no solo + Ca foliar. No terceiro dia, no entanto, o teor de antocianina no tratamento controle foi de 45,73 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g^{-1} representando um acréscimo de 6,32% em relação aos frutos do tratamento com Si foliar + Ca foliar. Já os frutos oriundos da aplicação de Si no solo + Ca foliar obtiveram 45,18 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g^{-1} representando um acréscimo de 5,18% quando comparado ao teor de antocianina dos frutos da aplicação de Si foliar + Ca foliar. No sexto dia, os morangos do tratamento controle e os tratados com aplicação de Si solo+Ca foliar apresentaram (43,88 e 43,52 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g^{-1}) respectivamente, representando um acréscimo de 42 % nos teores de antocianina em relação àqueles tratados com Si foliar + Ca foliar.

Quando analisamos o comportamento das aplicações de Si, não houve variação significativa nas concentrações de antocianinas entre o tratamento controle e os frutos tratados com aplicação de Si ao longo do tempo de armazenamento, exceto para os frutos tratados com aplicação de Si foliar + Ca foliar no sexto dia. Essa diminuição acentuada na concentração de antocianina pode ter ocorrido em virtude do estágio de maturação do fruto, pois além do

efeito das cultivares sobre o teor de antocianina, o grau de maturação também influencia no teor desse composto (ANTTONEN et al., 2006).

As concentrações de antocianinas obtidas entre (30,33 a 45,73 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹) no tratamento controle e (24,50 a 45,18 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g⁻¹) entre as aplicações, esses resultados são superiores aos verificados por Munaretto et al. (2018), que observaram teores de 8,94 mg g⁻¹ para cultivar Albion e 8,10 mg g⁻¹ para Aromas. As antocianinas são pigmentos naturais e no morango estão presentes em grandes concentrações, sendo responsáveis pela intensa coloração vermelha (BORDIGNON JR. et al., 2009). Para Carpenedo et al. (2016), estes pigmentos são utilizados como indicadores de maturação para o consumo desta fruta, além de funcionar como antioxidante natural (YOSHIDA et al., 2002).

3.6 Pectina solúvel

Ao longo do período de armazenamento observou-se alterações na concentração de pectina solúvel dos frutos ocorrendo efeito significativo para os fatores tratamento x dias de armazenamento (TABELA 2).

Os frutos do tratamento controle iniciaram o armazenamento com menores teores de pectina solúvel em relação aos demais tratamentos (Si foliar + Ca foliar e Si solo+Ca foliar). Apesar disso, pode-se constatar que a aplicação com Si foliar + Ca foliar não diferiu do tratamento controle durante todo o armazenamento. Isso significa que a aplicação não causou alteração no comportamento da pectina solúvel nos morangos analisados, já que as amostras tratadas com Si foliar + Ca foliar apresentaram o mesmo comportamento da amostra controle. Pode-se também observar que os maiores valores encontrados foram para os frutos tratados com Si solo+ Ca foliar. As amostras desse tratamento apresentaram um acréscimo de 96,45% na concentração de pectina solúvel em relação ao controle no início do armazenamento, indicando maior perda de textura com o armazenamento.

Resultados semelhantes foram encontrados por Figueiredo et al. (2010) estudando efeito da aplicação de silício via foliar e em fertirrigação no morangueiro verificaram que o Si aplicado em fertirrigação aumentou a maciez dos “frutos”, enquanto a aplicação foliar tornou mais firmes, visto que, os teores de pectina solúvel mantiveram abaixo dos tratamentos que continham Si em fertirrigação. Tal fato pode ter ocorrido, pois assim como o cálcio, o silício tem papel estrutural importante na planta, visto que quando presente na parede celular reforça a rigidez da célula, ao aumentar os conteúdos de lignina e hemicelulose (Barbosa Filho et al.,

2001). Em morango, os íons de cálcio é o fator-chave para manutenção da firmeza dos tecidos, uma vez que esses íons fazem ligações cruzadas entre os grupos carboxílicos de poliuronídeos adjacentes na parede celular dos frutos (Waldron et al., 2003).

Ainda que seja um parâmetro físico, a textura está fortemente associada ao processo de solubilização de substâncias pécticas. Portanto, frutos que apresentam maiores percentuais de pectina solúvel são normalmente frutos mais moles e, portanto, pouco resistentes ao transporte e armazenamento. Para Canteri et al. (2012) o aumento da pectina solúvel e da solubilidade dos polissacarídeos pécticos está associado ao amaciamento dos frutos durante o amadurecimento das frutas frescas, em virtude da diminuição da força de coesão entre as células (Chitarra; Chitarra, 2005).

As substancias pécticas são responsáveis pela rigidez dos tecidos, aumentando a estabilidade e limitando a vulnerabilidade ao ataque por enzimas pectolíticas, ao atua como materiais cimentantes na parede celular (Paiva et al., 2009). Ao longo do período de armazenamento observou-se alterações na concentração de pectina solúvel dos frutos ocorrendo efeito significativo para os fatores tratamento x dias de armazenamento (TABELA 2).

Os frutos do tratamento controle iniciaram o armazenamento com menores teores de pectina solúvel em relação aos demais tratamentos (Si foliar + Ca foliar e Si solo+Ca foliar). Apesar disso, pode-se constatar que a aplicação com Si foliar + Ca foliar não diferiu do tratamento controle durante todo o armazenamento. Isso significa que a aplicação não causou alteração no comportamento da pectina solúvel nos morangos analisados, já que as amostras tratadas com Si foliar + Ca foliar apresentaram o mesmo comportamento da amostra controle. Pode-se também observar que os maiores valores encontrados foram para os frutos tratados com Si solo+ Ca foliar. As amostras desse tratamento apresentaram um acréscimo de 96,45% na concentração de pectina solúvel em relação ao controle no início do armazenamento, indicando maior perda de textura com o armazenamento.

Resultados semelhantes foram encontrados por Figueiredo et al. (2010) estudando efeito da aplicação de silício via foliar e em fertirrigação no morangueiro verificaram que o Si aplicado em fertirrigação aumentou a maciez dos “frutos”, enquanto a aplicação foliar tornou mais firmes, visto que, os teores de pectina solúvel mantiveram abaixo dos tratamentos que continham Si em fertirrigação. Tal fato pode ter ocorrido, pois assim como o cálcio, o silício tem papel estrutural importante na planta, visto que quando presente na parede celular reforça a rigidez da célula, ao aumentar os conteúdos de lignina e hemicelulose (BARBOSA FILHO

et al., 2001). Em morango, os íons de cálcio é o fator-chave para manutenção da firmeza dos tecidos, uma vez que esses íons fazem ligações cruzadas entre os grupos carboxílicos de poliuronídeos adjacentes na parede celular dos frutos (WALDRON et al., 2003).

Ainda que seja um parâmetro físico, a textura está fortemente associada ao processo de solubilização de substâncias pécticas. Portanto, frutos que apresentam maiores percentuais de pectina solúvel são normalmente frutos mais moles e, portanto, pouco resistentes ao transporte e armazenamento. Para Canteri et al. (2012) o aumento da pectina solúvel e da solubilidade dos polissacarídeos pécticos está associado ao amaciamento dos frutos durante o amadurecimento das frutas frescas, em virtude da diminuição da força de coesão entre as células (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As substâncias pécticas são responsáveis pela rigidez dos tecidos, aumentando a estabilidade e limitando a vulnerabilidade ao ataque por enzimas pectolíticas, ao atua como materiais cimentantes na parede celular (PAIVA et al., 2009).

3.7 Vitamina C

Na avaliação da vitamina C a análise de variância demonstrou efeito significativo para os fatores tratamentos x dia de armazenamento (TABELA 2).

Ao avaliar o teor de vitamina C presente nos frutos armazenados no tempo 0, grupo formado pelo tratamento controle e o grupo submetido à aplicação de Si no solo+Ca foliar exibiram comportamento semelhante, sobressaindo em 5,14% e 4,56% respectivamente, em relação ao grupo tratados com Si foliar + Ca foliar. Foi possível verificar que no terceiro dia de armazenamento, houve um aumento do teor de vitamina C de 23,21% e 9,17%, principalmente para os tratamentos em que houve a suplementação com Si foliar + Ca foliar e Si solo+Ca foliar respectivamente quando comparado ao grupo do tratamento controle. Já no sexto dia, o grupo do tratamento controle sobressaiu 41,34% e 15,83%, respectivamente, em relação às suplementações de Si independentemente da via de foliar + Ca foliar e Si no solo + Ca foliar.

Quando analisamos as aplicações, o grupo do tratamento controle sofreu diminuição contínua no teor de vitamina C ao longo do tempo. Ainda assim, apresentou maior média (163,24 mg 100 g⁻¹) não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos ao final do armazenamento.

Essa redução corrobora com os resultados exposto por Andrade Júnior et al. (2016) que também reportaram esta diminuição ao longo do tempo de armazenamento em câmara

fria, em diferentes cultivares de morangueiro corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Essa diminuição pode ser explicada pela degradação sofrida pelo ácido ascórbico presente nos frutos, por ser mais instável esse ácido orgânico torna-se bastante sensível a fatores como pH, umidade, temperatura, luminosidade e a longos período de armazenamento (SANTOS et al., 2014). De acordo com Szarka et al. (2013), o amadurecimento e a senescência natural dos frutos através da degradação de polissacarídeos da parede celular também induzem a perdas de vitamina C.

Embora os frutos tratados com suplementação de Si não tenham diferido entre si durante o período de armazenamento. No entanto, no terceiro dia foi possível observar aumento no teor de vitamina C, principalmente para os tratamentos com suplementação de Si foliar + Ca foliar e Si solo + Ca foliar que apresentaram 215,82 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ e 197,69 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ respectivamente. Esses resultados divergem dos encontrados por Munaretto et al. (2018) que, ao avaliar produtividade e qualidade pós-colheita em duas cultivares de morangueiros submetidas a diferentes doses de silício verificaram redução nos teores de vitamina C durante o período de armazenamento. O aumento no teor da vitamina C pode estar relacionado com o grau de maturação dos frutos de acordo com (COUTO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010).

Os morangos aqui avaliados obtiveram no dia da colheita e durante o período de armazenamento teores superiores aos encontrados por Da Silva Dantas et al. (2017) e Antunes et al. (2014) que, ao avaliar qualidade pós-colheita em frutos de morangueiros relataram teores de 104,26 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ e 97,84 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹ respectivamente para a cultivar San Andreas.

4 CONCLUSÃO

Apesar de ter ocorrido diferença para as variáveis analisadas, a suplementação de cálcio e silício independente do modo aplicação não foram eficientes em melhorar os atributos de qualidades para cultivar San Andreas nessas condições.

REFERÊNCIAS

- ABD-ALKARIM, E. et al. Silicon supplements affect yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in net houses. **African Journal of Agricultural Research** v. 12, n. 31, p. 2518-2523, 2017.
- AGHDAM, M. S. et al. Impact of postharvest brassinosteroids treatment on PAL activity in tomato fruit in response to chilling stress. **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 116-120, 2012/09/06/ 2012.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANTTONEN, M. J. et al. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruits. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, London, v. 54, n. 7, p. 2614-2620, 2006.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 1214-1231, 2013.
- ÁVILA, J. M. M. D. et al. Influência do sistema de produção e do armazenamento refrigerado nas características físico-químicas e no desenvolvimento de compostos voláteis em morangos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2265-2271, 2012-10-16 2012.
- BARBOSA FILHO, M. P. et al. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 325-330, 2001.
- BELGE, B. et al. Refrigerated storage and calcium dips of ripe 'Celeste' sweet cherry fruit: Combined effects on cell wall metabolism. **Scientia Horticulturae**, v. 219, p. 182-190, 2017.
- BITTER, T.; MUIR, M. A modified uronic Morrison, IM (1974). **Analytical Biochemistry**, New York v. 4, p. 334, 1962.
- BORDIGNON JR., C. L. et al. Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. **Food Science and Technology**, v. 29, p. 183-188, 2009.
- BRACKMANN, A. et al. Avaliação de genótipos de morangueiro quanto à qualidade e potencial de armazenamento. **Revista Ceres**, v. 58, p. 542-547, 2011.
- CANTERI, M. H. G. et al. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros** v. 22, p. 149-157, 2012.
- CARPENEDO, S.; ANTUNES, L. E. C.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial de morangos cultivados na região de Pelotas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 565-570, 2016-12 2016.

CASTRICINI, A. et al. Strawberries produced in the semi-arid region of Minas Gerais, Brazil: quality of the frozen fruit and pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

CECATTO, A. P. et al. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 471-478, 2013.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 786 p.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 15-19, 2010.

DA SILVA DANTAS, E. et al. Frutos de cultivares de morangueiros submetidos ao 1-mcp em temperatura refrigerada. **Scientia Plena** v. 13, n. 9, 2017.

DE ANDRADE JÚNIOR, V. C. et al. Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, 2016.

DE SOUZA SILVA, M. L. et al. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 1, n. 34, p. 3411-3424, 2013.

FIGUEIREDO, F. C. et al. Pulverização foliar e fertirrigação com silício nos atributos físico-químicos de qualidade e índices de coloração do morango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1306-1311, 2010.

GARCÍA, J.; MEDINA, R.; OLÍAS, J. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 6, p. 1037-1041, 1998.

GUEDES, M. N. S. et al. Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 35, n. 2, p. 191-196, 2013.

HENZ, G. P. Desafios enfrentados por agricultores familiares na produção de morango no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 2010.

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P. et al. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **J Postharvest Biology Technology**, v. 39, n. 3, p. 247-253, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

- JAROSZ, Z. The effect of silicon application and type of substrate on yield and chemical composition of leaves and fruit of cucumber. **Journal of Elementology**, v. 18, n. 3, 2013.
- JOO, M. et al. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. **Food chemistry**, London, v. 126, n. 4, p. 1734-1740, 2011.
- JOUQUAND, C. et al. A Sensory and Chemical Analysis of Fresh Strawberries Over Harvest Dates and Seasons Reveals Factors That Affect Eating Quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science, Geneva**, v. 133, n. 6, p. 859–867, 2008.
- KADER, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae, Luven**, v.485, p. 203-208. 1999.
- KADER, A.A. Fruits in the global market. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological Basis**. Sheffield: Academic Press, 2002.
- LEE, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of Pigment Analyses in Cranberries. **Horticultural Science**, Stanford, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 207–220, 2000.
- MARODIN, J. C. et al. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 127-134, 2011.
- MARTÍN-DIANA, A. B. et al. Efficacy of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 97-107, 2007/07/01/2007.
- MCCOMB, E. A.; MCCREADY, R. Colorimetric determination of pectic substances. **J Analytical Chemistry**, v. 24, n. 10, p. 1630-1632, 1952.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **J HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.
- MENEZES, J. B. et al. Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente. **J Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 42-49, 2001.
- MUNARETTO, L. M. et al. Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 40-46, 2018-03 2018.
- NUNES, J. A. S. et al. Vida útil pós-colheita de carambolas submetidas a diferentes tratamentos. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 119–123, 2015.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero** v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

POMBO, M. A. et al. UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria×ananassa*, Duch.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 1, p. 94-102, 2011/01/01/ 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria 2017. <<http://www.R-project.org>>.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999, 322 p.

RINALDI, M. M.; BENEDETTI, B. C.; CALORE, L. Efeito da embalagem e temperatura de armazenamento em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 480-486, 2005.

SANTOS, J. S. D.; SANTOS, M. L. P. D.; AZEVEDO, A. D. S. Validation of method for simultaneous determination of four organic acids in frozen fruit pulp by high performance liquid chromatography. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 540-544, 2014.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas, métodos comprobados**. 1967. 428 p.

SZARKA, A.; BÁNHEGYI, G.; ASARD, H. The inter-relationship of ascorbate transport, metabolism and mitochondrial, plastidic respiration. **Antioxidants redox signaling**, v. 19, n. 9, p. 1036-1044, 2013.

WALDRON, K. W.; PARKER, M.; SMITH, A. C. Plant cell walls and food quality. **Comprehensive reviews in food science food safety**, v. 2, n. 4, p. 128-146, 2003.

YARAHMADI, M. et al. Postharvest Application of Gum and Mucilage as Edible Coating on Postharvest Life and Quality of Strawberry Fruit. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v. 2, n. 4, p. 1279-1286, 04/01 2014.

YOSHIDA, Y.; KOYAMA, N.; TAMURA, H. Color and anthocyanin composition of strawberry fruit: Changes during fruit development and differences among cultivars, with special reference to the occurrence of pelargonidin 3-malonylglucoside. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 71, n. 3, p. 355-361, 2002.

ZHANG, J. et al. Metabolic profiling of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) during fruit development and maturation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 3, p. 1103-1118, 2011.