



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

IGOR GOMES POUSO TENREIRO

**FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE CÁLCIO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA NO
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

PETROLINA - PE

2020

IGOR GOMES POUSO TENREIRO

**FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE CÁLCIO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA NO
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de dissertação apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus de Ciências Agrárias, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima

Coorientador: Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

PETROLINA - PE

2020

Tenreiro, Igor Gomes Pouso

T312f Fontes e formas de aplicação de cálcio na produtividade e qualidade de frutos de mangueira no Vale do Submédio São Francisco / Igor Gomes Pouso Tenreiro – Petrolina, 2020.
72f. : il. ; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima.

1. Ácidos orgânicos. 2. Aminoácidos. 3. Colapso interno. 4. Fertilização cálcica. 5. *Mangifera indica* L. I. Título. II. Lima, Augusto Miguel Nascimento. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 631.4

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF

Bibliotecária: Louise Machado Freire Dias CRB – 4 /2267.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

IGOR GOMES POUSO TENREIRO

FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE CÁLCIO NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA NO
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: 20 de fevereiro de 2020

Banca Examinadora



Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima, PPGA-PV/UNIVASF

Orientador



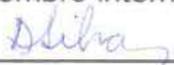
Prof. Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante, PPGA-PV/UNIVASF

Coorientador



Prof. Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, PPGA-PV/UNIVASF

Membro interno



Dr. Davi José Silva, EMBRAPA

Membro externo

AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as bênçãos dadas a toda minha família. Que nos momentos de provas, Ele estava presente mostrando o melhor caminho e guiando para que nada de mal viesse a perturbar as nossas vidas.

À minha família, por todo o apoio e suporte durante o período do curso.

À Raphaela Aguiar, minha companheira, por estar presente e me apoiar em todas as escolhas que fiz durante esse percurso.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias (UNIVASF/CCA) pela oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima pela orientação e parceria para que eu conseguisse chegar até aqui.

Ao Professor Dr. Ítalo Herbert Lucena Cavalcante pela coorientação e incentivo durante todo meu processo de desenvolvimento acadêmico e profissional.

À Scheila Antunes por toda ajuda e gentileza.

À Mônica Cristina pela pronta disponibilidade todas as vezes que precisei.

Aos Professores Acácio Figueiredo Neto e Karla dos Santos Melo de Souza por cederem os laboratórios para análises de qualidade de frutos.

Aos companheiros de projeto, Isadora e Murilo, pela ajuda e trabalho em equipe, sem vocês eu não teria conseguido.

Aos integrantes do grupo LAPS e FRUTVASF pelo acolhimento, ajuda e amizades construídas, em especial, Luciana Guimarães, Jasmine Sena, Daniel de Almeida e Kátia Araújo.

À Daniela Oliveira Neves (secretária) pelo cuidado, atenção e apreço com o corpo discente do programa.

Aos parceiros Jo Tamai e Márcio Giovanni por toda colaboração e ajuda ao longo do experimento.

Às empresas Frutec (Coda) e Alltech pelo fornecimento dos produtos e material para realização do experimento.

À Fazenda Frutavi I, aos amigos Jailton e Rogério Martins e a todos os envolvidos para realização do projeto em campo.

Ao corpo docente do curso, pela contribuição nos conhecimentos adquiridos.

A todos, meu sincero obrigado!

“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio”.

Ana Primavesi

RESUMO

A mangueira é uma cultura muito exigente quanto à extração de nutrientes durante todo o seu ciclo, e o alcance de elevadas produtividades está atrelado ao manejo de adubação, para que as exigências nutricionais sejam supridas. O cálcio (Ca) é um elemento essencial para o desenvolvimento da mangueira e está relacionado com todo o ciclo da cultura, sendo requisitado em grandes concentrações. Apesar da importância socioeconômica da cultura da mangueira para a região do Vale do Submédio São Francisco, estudos acerca do efeito das diferentes fontes e formas de aplicação de Ca ainda são escassos para a mangueira. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes estratégias de fertilização cálcica no florescimento, produtividade, teor de nutrientes e qualidade físico-química de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do Submédio São Francisco. O experimento foi realizado em duas áreas distintas de pomar comercial de mangueira 'Tommy Atkins' entre agosto de 2018 e agosto de 2019. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições e quatro plantas por parcela. O esquema fatorial se deu com três formulações de produtos à base de Ca (1- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2- Ca complexado com ácidos orgânicos, 3- Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos) e três formas de aplicação (1- foliar, 2- fertirrigado, 3- foliar+fertirrigado). Assim, foram determinados a percentagem de florescimento, produção, produtividade, teor de nutrientes (K, N, Mg e Ca) na polpa/casca e qualidade físico-química de frutos da mangueira. A produtividade de mangueira variou de 15,37 a 31,73 t ha⁻¹, com valor médio de 25,41 t ha⁻¹. Não foi observada diferença entre os tratamentos para a incidência de colapso interno, tendo apresentado média geral entre 0,08% e 0,38%. De maneira geral, a ordem decrescente dos teores de nutrientes na polpa e casca de frutos de mangueira foi K>N>Mg>Ca. A produção, produtividade, os teores de K, N, Mg e Ca na polpa/casca e a qualidade físico-química de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' apresentaram um padrão estocástico em relação às diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.

Palavras-Chave: Ácidos orgânicos. Aminoácidos. Colapso interno. Fertilização foliar. Fertirrigação. *Mangifera indica* L. Produção.

ABSTRACT

The mango tree has a high nutrient extraction demanding throughout its cycle and the achievement of high yields is linked to fertilization management, so that nutritional requirements are met. Calcium (Ca) is an essential mineral for mango tree's development and is related to the all culture cycle, being required in large concentrations. Despite the socioeconomic importance of mango culture for the San Francisco Middle Valley region, studies on the effect of different sources and ways of applying Ca are still scarce for mango. Thus, this study aimed to evaluate the effect of different calcium fertilization strategies on flowering, productivity, nutrient content, and physicochemical quality of 'Tommy Atkins' mango's fruits grown in the San Francisco Middle Valley. The experiment was carried out in two different areas of commercial mango tree 'Tommy Atkins' between August 2018 and August 2019. The experimental design was in randomized blocks in a 3 x 3 factorial scheme, with four replications and four plants per plot. The factorial scheme took place with three formulations of Ca-based products (1- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2- Ca complexed with organic acids, 3- Water-soluble Ca + L- α -amino acids) and three forms of application (1- foliar, 2- fertigated, 3- foliar+fertigated). Thus, the percentage of flowering, production, yield, nutrient content (K, N, Mg and Ca) in the pulp / peel and physicochemical quality of mango fruits were determined. Mango yield ranged from 15.37 to 31.73 t ha⁻¹, with an average value of 25.41 t ha⁻¹. There was no difference between treatments for the incidence of internal breakdown, with an overall average between 0.08% and 0.38%. In general, the decreasing order of nutrient contents in the pulp and peel of mango fruits was K>N>Mg>Ca. The production, yield, the K, N, Mg and Ca contents in the pulp / peel, and the physical-chemical quality of mango fruits 'Tommy Atkins' presented a stochastic pattern in relation to the different sources and forms of calcium application.

Keywords: Organic acids. Amino acids. Internal breakdown. Foliar fertilization. Fertigation. *Mangifera indica* L. Production.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Temperaturas máxima, média e mínima do ar, e precipitação pluviométrica registrada durante a condução do experimento. Petrolina-PE29
- Figura 2.** Percentagem de florescimento (A) e produtividade (B) de mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio...36
- Figura 3.** Teores de nitrogênio (N) (A), potássio (K) (B) e magnésio (Mg) (C) na polpa de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.....38
- Figura 4.** Teores de nitrogênio (N) (A), potássio (K) (B), magnésio (Mg) (C) e cálcio (Ca) (D) na casca de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio...41

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Temperaturas máxima, média e mínima do ar, e precipitação pluviométrica registrada durante a condução do experimento. Petrolina-PE52
- Figura 2.** Produção (kg planta^{-1}), massa de fruto (g), perda de peso (%) e diâmetro longitudinal (mm) da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes de cálcio e diferentes formas de aplicação.60
- Figura 3.** Valores de sólidos solúveis totais de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.....64

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento nas camadas de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade.....31
- Tabela 2.** Teores foliares de nutrientes nas folhas de mangueira das áreas experimentais antes da aplicação dos tratamentos.....31
- Tabela 3.** ANOVA para a percentagem de florescimento (PF), produtividade e teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em polpa de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes (FC) e forma de aplicação (FA) de cálcio35
- Tabela 4.** ANOVA para os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na casca de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes (FC) e forma de aplicação (FA) de cálcio.....35

CAPÍTULO 3

- Tabela 2.** Teores foliares de nutrientes das plantas de mangueira das áreas experimentais antes da aplicação dos tratamentos.....54
- Tabela 3.** ANOVA para produção, incidência de colapso interno (IC), matéria seca de casca (MSC), matéria seca de polpa (MSP), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), massa fresca (MF), perda de peso (PP), firmeza (F), pH, sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), ratio (SS/AT) de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes de cálcio (FC), formas de aplicação (FA) e dias após a colheita (DAC).....58
- Tabela 4.** Firmeza de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes de cálcio (FC) e formas de aplicação de cálcio em diferentes dias após a colheita (DAC).
.....63
- Tabela 5.** Valores de acidez total de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.....65
- Tabela 6.** Valor da relação entre sólidos solúveis e acidez total titulável de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio...67

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	12
INTRODUÇÃO	12
REVISÃO DE LITERATURA	14
NUTRIÇÃO DA CULTURA DA MANGUEIRA.....	14
RELAÇÃO DO Ca E FLORAÇÃO DA CULTURA DA MANGUEIRA	16
FERTILIZAÇÃO CÁLCICA E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA	19
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	25
ESTRATÉGIA DE FERTILIZAÇÃO CÁLCICA NA PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES DE FRUTOS DE MANGUEIRA NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO	25
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 3	48
ESTRATÉGIA DE FERTILIZAÇÃO CÁLCICA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS' NO SEMIÁRIDO.....	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A nutrição de plantas envolve o processo de absorção de elementos minerais presentes no solo na forma de íons. A ausência desses nutrientes durante o processo de desenvolvimento da planta, pode causar anormalidades de crescimento, desenvolvimento ou reprodução, fazendo com que as plantas não consigam completar seu ciclo de vida. Essas anomalias são chamadas de distúrbios nutricionais, que são manifestados por sintomas de deficiência relacionados a cada tipo de nutriente (Taiz et al., 2017).

A cultura da mangueira é muito exigente quanto à quantidade de nutrientes necessários durante todo o seu ciclo. O manejo da adubação irá influenciar na produtividade, portanto as quantidades suficientes de cada nutriente devem ser supridas durante as fases de demanda para que os resultados sejam alcançados (Genú; Pinto, 2002). Souza et al. (2007) avaliaram a curva de crescimento e exportação de nutrientes por frutos de mangueira 'Palmer', 'Haden' e 'Tommy Atkins', na região de Minas Gerais, em um Latossolo Vermelho Eutrófico, e observaram a seguinte ordem decrescente de extração $K > N > Ca > P > Mg > S$.

Dentre os macronutrientes, o cálcio (Ca) é um dos mais limitantes para a produção da mangueira e qualidade de frutos (Souza et al., 2007), principalmente para a 'Tommy Atkins', que mostra uma grande susceptibilidade ao colapso interno. Encontrado na forma de íon (Ca^{2+}) o Ca desempenha papel importante como ligante a compostos estruturais de parede celular e membranas, sendo encontrado em pectinas e lipídios; tem papel de mensageiro secundário, em solução no citosol, desencadeando diversas respostas vegetais à estímulos ambientais; e ainda participa do equilíbrio iônico em organelas celulares como o vacúolo (Marschner, 2012; Scrase-Field; Knight, 2003). Quando sua concentração é alta, pode se ter toxicidade, células muito rígidas e desenvolvimento de anormalidades fisiológicas (Conn et al., 2011; Cybulska, Zdunek; Konstankiewicz, 2011). Já em baixas concentrações, observam-se deficiências localizadas de Ca, causando quebra de membrana, como exemplo do fundo preto no tomate (Freitas; Mitcham, 2012).

O Ca é um nutriente que tem pouca mobilidade no floema, logo regiões em desenvolvimento, como folhas novas, costumam apresentar sintomas de deficiência

quando este está em baixa quantidade no solo (Taiz et al., 2017). Em relação as deficiências que acometem os frutos da mangueira, Shivashankar (2014) cita o corte negro, 'soft nose' e semente gelatinosa, como as mais conhecidas. Porém, pontua que existam mais de vinte no total que influenciam negativamente na qualidade dos frutos.

A principal forma de transporte de Ca está relacionada com o fluxo de massa via xilema, já que se acredita que Ca é pouco móvel no floema (Drazeta et al., 2004; Saure, 2005; Gilliam et al., 2011). Porém estudos mais recentes mostram que a depender da fonte de cálcio aplicada, a fertilização via folha e fruto pode suprir as necessidades das culturas. Silva et al. (2008), ao estudar o efeito da aplicação pré-colheita de cálcio, mostraram que a aplicação de cálcio na forma de quelato é eficiente em aumentar as concentrações de cálcio na polpa dos frutos.

O uso de ferramentas que venham a auxiliar em uma melhor absorção e assimilação do nutriente é fundamental para o melhor aproveitamento das adubações aplicadas seja via solo ou via folha. Atualmente tem-se aumentado o uso de substâncias húmicas e ácidos orgânicos objetivando o aumento de produtividade e qualidade dos frutos, assim como a adição de aminoácidos em suspensão para o melhor aproveitamento dos nutrientes usados durante a adubação (Mouco et al., 2009; Silva et al., 2015; Hidayatullah et al., 2018).

Mediante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio e seu efeito na floração, produtividade, teores nutricionais de polpa e casca e qualidade de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do Submédio São Francisco.

REVISÃO DE LITERATURA

NUTRIÇÃO DA CULTURA DA MANGUEIRA

A nutrição das plantas está baseada na utilização de elementos minerais que são obtidos a partir do solo na forma de íons. Esses elementos são divididos em macro e micronutrientes, os quais são classificados de acordo com as concentrações relativas de cada um nos tecidos vegetais. De qualquer forma eles são considerados elementos essenciais, pois fazem parte da estrutura ou do metabolismo da planta e a sua ausência ou deficiência causa anormalidades no seu crescimento, desenvolvimento ou reprodução, impedindo assim as plantas de completarem seu ciclo de vida (Taiz et al., 2017).

Pelo fato dos nutrientes essenciais estarem ligados à várias funções, a sua ausência ou redução de quantidade suprida pode causar distúrbios que influenciam no funcionamento vegetal. Esses distúrbios nutricionais são manifestados por sintomas de deficiência relacionados à cada tipo de nutriente. Ao se analisar essa situação, deve-se levar em consideração também que vários elementos podem estar desbalanceados e, conseqüentemente, causarem sintomas em diferentes tecidos vegetais, sejam eles de deficiência ou de acúmulos (Taiz et al., 2017).

A cultura da mangueira é muito exigente na extração de nutrientes durante todo o seu ciclo. Para atingir elevadas produtividades deve-se levar em consideração, além dos aspectos fitossanitários e fitotécnicos, o manejo da adubação, em virtude da necessidade de satisfazer as suas exigências nutricionais (Genú; Pinto, 2002). Cada nutriente tem a sua função na planta, sendo necessária a presença de cada um, em quantidades suficientes, para que se alcancem melhores resultados em campo (Silva et al., 2002).

A depender do valor de produtividade que se deseja alcançar, a quantidade de nutrientes removidos do solo pode atingir valores muito elevados. Além dos próprios nutrientes que são extraídos, deve-se considerar também o que é perdido por volatilização, lixiviação e erosão (Silva et al., 2002). Com isso faz-se necessário a adubação para que os níveis nutricionais do solo sejam mantidos em condições ideais.

Ao avaliar a curva de crescimento e exportação de nutrientes por frutos de mangueira 'Palmer', 'Haden' e 'Tommy Atkins', na região de Minas Gerais, em um Latossolo Vermelho Eutrófico, observou-se a ordem decrescente de extração pelos

frutos da mangueira, que segue a sequência K>N>Ca>P>Mg>S (Souza et al., 2007). De acordo com os mesmos autores, entre os macronutrientes, o Ca é um dos mais limitantes para a produção da mangueira e qualidade de frutos.

O Ca é encontrado na forma de íon (Ca^{2+}) em solução no citosol, nos vacúolos ou até mesmo precipitado com ácidos orgânicos e outros ânions, além de desempenhar papel importante como ligante a compostos estruturais. Em relação ao seu papel estrutural, o Ca está ligado a grupos ácidos de lipídeos da membrana e às ligações cruzadas entre pectinas, principalmente na lamela média (Marschner, 2012). Já no citosol ele desempenha o papel de sinalizador, atuando como mensageiro secundário para o desencadeamento de resposta vegetais aos estímulos ambientais (Scrase-Field; Knight, 2003). Como ativador biológico, sua concentração e transporte devem ser controlados pelo tecido das plantas, fazendo com que os níveis se alterem tanto no nível celular, como nos compartimentos extracelulares. Quando sua concentração é alta, pode se ter toxicidade, células muito rígidas e desenvolvimento de anormalidades (Conn et al., 2011; Cybulska, Zdunek; Konstankiewicz, 2011). Já em baixas concentrações, observa-se deficiências localizadas de Ca, causando quebra de membrana ou falha celular, como exemplo do fundo preto no tomate (Freitas; Mitcham, 2012).

Por conta da sua função estrutural, tornando esse elemento pouco móvel na planta, os sintomas de deficiência de Ca se apresentam principalmente em regiões novas, em desenvolvimento e estão relacionados à necrose de regiões meristemáticas jovens, clorose seguida de encurvamento das folhas jovens, folhas jovens deformadas, sistema radicular curto e ramificado influenciando diretamente na redução do crescimento e morte prematura (Taiz et al., 2017).

As desordens causadas por deficiência de Ca têm sido relatadas em muitos trabalhos na literatura (Freitas; Mitcham, 2012; Torres et al., 2004; Assis; Silva; Moraes, 2004; Shivashankar, 2014; Saran et al., 2015), onde podem ser observados tanto sintomas visuais, quanto estruturais e mudanças minerais e bioquímicas. Torres et al. (2004), ao estudar a relação entre nitrogênio e Ca influenciando a incidência de colapso interno em mangueira, observaram correlação positiva com N no fruto e negativa com o teor de Ca no fruto. Para Assis, Silva e Moraes. (2004), além dos valores de concentração de Ca, deve ser levado em consideração também as relações N/Ca e K/Ca para que exista uma estabilidade das células da polpa dos frutos de mangueira, onde os mesmos também observaram que concentrações mais elevadas

de Mg influenciaram em frutos sadios, em contrapartida, a alta relação K/Mg foi observada em frutos com sintomas de colapso interno.

Saran et al. (2015) também listam que as desordens fisiológicas podem interferir na produtividade, qualidade e valor de mercado dos frutos que são destinados à exportação. Dentre as desordens fisiológicas mais conhecidas, Shivashankar (2014) cita o corte negro, 'soft nose' e semente gelatinosa. Porém, pontua que existam mais de vinte no total que influenciam negativamente na qualidade dos frutos.

Os sintomas visuais de deficiência nutricional são influenciados principalmente em relação ao Ca que está no tecido celular, podendo causar a ruptura da membrana plasmática, o colapso do tecido, seguido da desintegração e desidratação, tornando, posteriormente, a superfície negra e cheia de lesões (Freitas, 2010). Esse colapso está ligado às mudanças na composição da parede celular, impactando a formação da pectina e influenciando propriedades da formação dessa parede como elasticidade e força estrutural (Hocking et al., 2016).

De acordo com Silva e Menezes (2001), o colapso interno em manga é resultado da desorganização celular, caracterizado pela degradação da polpa da fruta. Esse sintoma causa grandes perdas econômicas, já que é difícil ser observado no campo, sendo detectado somente quando o consumidor adquire a fruta.

RELAÇÃO DO Ca E FORMAS DE TRANSPORTE

Nos pomares de mangueira, usualmente, o Ca é fornecido pela prática da calagem logo após a colheita, atendendo a demanda do fluxo de crescimento. No solo, o Ca é adsorvido às cargas negativas dos coloides minerais e orgânicos através de ligações iônicas estando em equilíbrio com a solução do solo, sendo o solo o principal reservatório de Ca para nutrição de plantas. Para que o Ca seja absorvido pelas plantas tem-se a necessidade de movimento por meio do fluxo de massa, principal rota do elemento pela planta, e com isto, estando sujeito às perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos. No solo, o Ca pode ser perdido por lixiviação, absorção pelas plantas e erosão. Desta forma, tem-se a necessidade do fornecimento de Ca para suprir a grande demanda desse nutriente, especialmente durante a fase de desenvolvimento de frutos (Silva et al., 2002).

O transporte de Ca é dependente de caminhos físicos da água para que seja levado até o ponto desejado, além de também estar relacionado com as interações celulares, transpiração e sinalizações. A principal forma de transporte de Ca está relacionada com o fluxo de massa via xilema, já que se acredita que Ca é pouco móvel no floema (Saure, 2005; Gilliam et al., 2011; Drazeta et al., 2004).

Em virtude do Ca também ser um importante sinalizador, o aumento da concentração de Ca citosólico reduz o transporte de água via aquaporinas, influenciando a movimentação de água nas plantas e consequente redução do Ca transportado (Alleva et al., 2006; Gilliam et al., 2011).

Para a avaliação do estado nutricional da mangueira, consideram-se os valores encontrados nas análises de solo e de folha, e esses diferentes resultados são complementares e nunca devem ser analisados separadamente, uma vez que a análise foliar irá indicar a deficiência de determinado elemento, mas não informa o porquê dessa deficiência, já a análise de solo indica a presença e a quantidade do elemento no solo, mas não garante que o mesmo está sendo utilizado pela planta (Silva et al., 2002).

Apesar de apresentar alto índice de utilização do nutriente pela planta e respostas rápidas, as fertilizações foliares podem não ser eficientes, uma vez que o Ca é pouco móvel no floema. Silva e Menezes (2000) avaliaram a influência da aplicação foliar de CaCl_2 em pré-colheita, mas não encontraram incremento no teor de Ca e na firmeza dos frutos, como também não houve efeito sobre a incidência de colapso interno. Para isto, acredita-se que a forma mais eficiente de fornecer Ca seria aplicá-lo ao solo de modo que a solução do solo possa suprir o elemento constantemente aos frutos (Prado, 2004).

Silva et al. (2008) ao estudar o efeito da aplicação pré-colheita de cálcio em plantas de mangueira, mostraram que a aplicação de cálcio na forma de quelato é eficiente em aumentar as concentrações de cálcio na polpa dos frutos, e isto pode contribuir para a prevenção de desordens fisiológicas. A absorção do Ca pelas plantas é bem menos eficiente, podendo inclusive ser inibida em presença de altas concentrações de K. Com isto, a fertilização com Ca deve estar inserida em um programa de manejo de fertilizantes, pois elevadas quantidades desse nutriente podem diminuir a absorção de Mg e K, resultando em frutos de baixa qualidade.

Conforme o explicado, o transporte a longa distância do Ca está ligado principalmente ao fluxo de massa, que é influenciado pela força dreno do órgão que

está com os maiores valores de transpiração. Nos frutos, esses valores são crescentes desde o pegamento até o desenvolvimento, reduzindo durante o processo de maturação, fazendo com que a partir desse ponto, as folhas se tornem um forte dreno (Montaro et al., 2014). Logo, após o início da maturação dos frutos, as maiores transferências de nutrientes são via floema, influenciando negativamente o acúmulo de Ca nos frutos (Choat et al., 2009).

Adicionalmente, novas tecnologias surgem no mercado trazendo ferramentas que ajudam no processo de absorção e translocação dos elementos pela planta. Du Jardin (2012) categorizam oito tipos diferentes de substâncias que atuam como bioestimulante: substâncias húmicas, substâncias orgânicas complexas, elementos químicos benéficos, sais inorgânicos incluindo fosfito, extratos de algas marinhas, quitina e derivados de quitosana, antitranspirantes e aminoácidos livres mais substâncias contendo N.

Atualmente, tem-se aumentado o uso de substâncias húmicas e ácidos orgânicos objetivando o aumento de produtividade e qualidade dos frutos (Hidayatullah et al., 2018; Silva et al., 2015). O uso desses componentes da matéria orgânica do solo funciona como condicionadores do solo, aumentando a eficiência da absorção de nutrientes, promovendo maior desenvolvimento radicular, armazenando água e íons do solo (Cunha et al., 2015; Ameri; Tehranifar, 2012; Baldotto, 2014; Guerra et al., 2008). El-Kosary et al. (2011) associaram a aplicação de complexos de nutrientes com substâncias húmicas e observaram o aumento dos fluxos vegetativos em duas safras e aumento de rendimento, assim como redução de frutos com má-formação para a 'Keitt'.

Aminoácidos também vem sendo amplamente utilizados em suspensão com nutrientes para melhorar o aproveitamento destes nutrientes. Os aminoácidos são partes componentes das proteínas e de hormônios vegetais, com isso, atuam como complexantes dos nutrientes auxiliando a sua absorção e assimilação (Taiz et al., 2017). Mouco et al. (2009) constataram um incremento de 45,32% no número de frutos em tratamento com uso de aminoácidos aplicados via foliar em mangueira 'Tommy Atkins'. Khattab et al. (2016) observaram uma maior retenção de frutos em área tratada com aminoácidos durante o florescimento, influenciando positivamente na produtividade de mangueiras 'Ewais' e 'Fagri Kalan'.

FERTILIZAÇÃO CÁLCICA E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA

Na cultura da mangueira, níveis ótimos de nitrogênio são importantes durante o florescimento, produção e qualidade de frutos, além de níveis de cálcio que participam diretamente na qualidade interna da polpa do fruto, podendo causar o distúrbio conhecido colapso interno quando esses níveis estão abaixo do adequado (Tiyauon; Paull, 2017).

Tanto a qualidade quanto o tempo pós-colheita dos frutos são afetados pelas desordens fisiológicas que acometem a mangueira em diferentes locais de cultivo. Uma das desordens que ocorrem em frutos é o tecido esponjoso, onde a semente começa a germinar, ainda dentro do fruto, retranslocando e usando os nutrientes que estão na polpa próxima da semente, fazendo com que o tecido fique branco e parecendo uma esponja. Isso pode ser evitado colhendo os frutos com 75% de maturidade fisiológica ou ainda resfriando o fruto entre 10 e 15 °C logo após a colheita (Shivashankar, 2014; Tiyauon; Paull, 2017).

Outro problema, também citado por Tiyauon e Paull (2017) é a semente gelatinosa que se caracteriza pelo desenvolvimento de uma polpa aquosa e translúcida ao redor da semente sem cheiro ou sabor, reduzindo assim a firmeza do fruto. A forma de controle se dá pelo plantio de variedades que não são susceptíveis à essa desordem.

Adicionalmente, há o problema *Soft nose*, que tem como característica o amadurecimento do fruto ainda na árvore causado, principalmente, por altos níveis de fertilização nitrogenada em contrapartida à deficiência cálcica (Tiyauon; Paull, 2017). Logo, para reduzir essa desordem, é necessário um manejo nutricional onde são evitados altos níveis de N, principalmente em solos arenosos e ácidos, assim como manter níveis maiores de Ca (Tiyauon; Paull, 2017).

Lechaudel e Joas (2007) ao estudar a pós-colheita de frutos de manga, observaram que alguns nutrientes, como potássio, cálcio e magnésio, influenciam a qualidade dos frutos e a manifestação das desordens também está ligada às relações de Ca com outros elementos.

Por ser um fruto climatérico, a manga apresenta o processo de respiração após a colheita, em que continua o processo de amadurecimento. Os teores de acidez total reduzem com o tempo após a colheita, onde o fruto começa a amadurecer (Younis et

al., 2011). De acordo com Kumar et al. (2012), o fruto de manga possui um valor de pectina de aproximadamente 18% na casca. Esse alto teor garante uma resistência boa em pós-colheita, já que um dos principais componentes da parede celular é o Ca (Freitas, 2010).

REFERÊNCIAS

- ALLEVA, K.; NIEMIETZ, C. M.; MAUREL, C.; PARISI, M.; TYERMAN, S. D.; AMODEO, G. Plasma membrane of *Beta vulgaris* storage root shows high water channel activity regulated by cytoplasmic pH and a dual range of calcium concentrations. **J. Exp.Bot.**, v. 57, p. 609–621, 2006.
- AMERI, A.; TEHRANIFAR, A. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var: Camarosa. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 6, n. 16, p. 77-79, 2012.
- ASSIS, J. S.; SILVA, D. J.; MORAES, P. L. D. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 26, n. 2, p. 326-329, 2004.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A. Adventitious rooting on the Brazilian red-cloak and sanchezia after application of indole-butyric and humic acids. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 426-431, 2014.
- CHOAT, B.; GAMBETTA, G. A.; SHACKEL, K. A.; MATTHEWS, M. A. Vascular function in grape berries across development and its relevance to apparent hydraulic isolation. **Plant Physiol**, v. 151, p. 1677–1687, 2009
- CYBULSKA, J.; ZDUNEK, A.; KONSTANKIEWICZ, K. Calcium effect on mechanical properties of model cell walls and apple tissue. **J. Food Eng**, v. 102, p. 217–223, 2011
- CONN, S. J. *et al.* Cell-specific vacuolarcalcium storage mediated by CAX1 regulates apoplastic calcium concentration, gas exchange, and plant productivity in *Arabidopsis*. **PlantCell**, v. 23, p. 240–257, 2011.
- CUNHA, M. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MANCIN, A. C., ALBANO, F. G.; MARQUES, A. S. Impact of humic substances and nitrogen fertilising on the fruit quality and yield of custard apple. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 211-218, 2015.
- DOREYAPPY-GOWDA, L. N. D.; HUDDAR, A. G. Studies on ripening changes in mango (*Mangifera indica* L.) fruits. **Journal of Food Science and Technology Mysore**, v. 38, p. 135–137, 2001.
- DU JARDIN, P. **The Science of Plant Biostimulants** - A Bibliographic Analysis, Ad hoc Study Report. Brussels: European Commission, 2012. 36p.
- DRAŽETA, L.; LANG, A.; HALL, A. J.; VOLZ, R. K.; JAMESON, P. E. 2004. **Causes and effects of changes in xylem functionality in apple fruit**. *Annals of Botany*, 93, p. 275–282.
- EL-KOSARY, S.; EL-SHENAWY, E. I.; RADWAN, S. I. Effect of microelements, amino and humic acids on growth, flowering and fruiting of some mango cultivars. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, Deira, v. 3, n. 2, p. 152-161, 2011.

FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 255-262, 1999.

FREITAS, S.T. **Understanding the mechanisms involved in calcium deficiency disorders in tomato and apple fruit**. Tese de Doutorado. University of California – Davis. 240 p. 2010.

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

GILLIHAM, M., *et al.* Calcium delivery and storage in plant leaves: exploring the link with water flow. **J. Exp.Bot.**, v. 62, p. 2233–2250, 2011.

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.452.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S. Macromoléculas e substâncias húmicas. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**, v. 2, p. 19-26, 2008.

HIDAYATULLAH, A. K.; MOULADAD, M.; NISAR, A.; SYED, A. S. Effect of humic acid on fruit yield attributes, yield and leaf nutrient accumulation of apple trees under calcareous soil. **Indian Journal of Science and Technology**, Adyar, v. 11, n. 15, 2018.

HOCKING, B.; TYERMAN, S. D.; BURTON, R. A.; GILLIHAM, M. Fruit Calcium: Transport and Physiology. **Front. Plant Sci.**, v. 7, n. 569, 2016.

KHATTAB, M. M.; SHABAN, A. E. A.; HASSAN, A. E. Impact of foliar application of calcium, boron, and amino acids on fruit set and yield of Ewais and Fagry Kelan mango cultivars. **Journal of Horticultural Science & Ornamental**, v. 8, n. 2, p. 119-124, 2016.

KUMAR, D.; ASHFAQUE, M.; MUTHUKUMAR, M.; SINGH, M.; GARG, N. Production and characterization of carboxymethyl cellulase from *Paenibacillus polymyxa* using mango peel as substrate. **Journal of Environmental Biology**, v. 33, p. 81–84, 2012.

LÉCHAUDEL, M.; JOAS, J. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4 p. 287–298, 2007.

MARSCHNER'S, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Washington: Academic Press. 906 p. 2012.

MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. L.; SANTOS, S.; RODRIGUES, F. M. Amino acids on mango yield and fruit quality at Submédio São Francisco Region, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 820, p. 437-442, 2009.

PRADO, R. de M. Nutrição e desordens fisiológicas na cultura da manga. In: ROZANE, D.E.; DAREZZO, R.J.; AGUIAR, R.L.; AGUILERA, G.H.A.; ZAMBOLIM, L.

Manga: Produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa: UFV, 2004. p.199-232.

SARAN, P. L.; KUMAR, R.; ERCISLI, S.; CHOUDHARY, R. Fruit cracking in mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Dashehari'. **Erwerbs-Obstbau**, v. 57, n. 2, p. 93-96, 2015.

SARAN, P. L.; KUMAR, R. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica* L.): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 81, n. 6, p. 506-510, 2011.

SAURE, M.C. Calcium translocation to fleshy fruit: Its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 65–89, 2005.

SCRASE-FIELD, S. A. M. G.; KNIGHT, M. R. **Calcium: just a chemical switch?** **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, p. 500-506, 2003.

SHIVASHANKAR, S. Physiological disorders of mango fruit. **Horticultural Reviews**, v. 42, p. 313-347, 2014.

SILVA, A. V. C. da; MENEZES, J. B. de. Qualidade de manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação pré-colheita de cloreto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 86-90, 2001.

SILVA, D. J.; QUAGGIO, J. A.; PINTO, P. A. C.; MAGALHÃES, A. F. J. Nutrição e Adubação. In.: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.190-221. 2002.

SILVA, D. J.; CHOUDHURY, M. M.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F. Efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade e no teor de nutrientes de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal/SP, v. 30, n. 1, p. 74-78, 2008.

SILVA, R. L.; CAVALCANTE, Í. H. L.; SOUSA, K. D. S. M.; GALHARDO, C. X.; SANTANA, E. A.; LIMA, D. D. Qualidade do maracujá amarelo fertirrigado com nitrogênio e substâncias húmicas. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 4, p. 479-487, 2015.

SOUZA, F. V.; RIBEIRO, D. P.; NATALE, W.; PACHECO, D. D.; ANTUNES, P. D.; PINHO, D. B. Curva de crescimento e extração de macronutrientes por frutos de mangueira Haden, Palmer e Tommy Atkins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado. **Conquistas & desafios da ciência do solo brasileira**. Viçosa: SBCS/UFRS, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ed. Porto Alegre: Artmed. 858p. 2017.

TIYAYON, C.; PAULL, R.E. Mango Production. In: **Handbook of mango fruit: production, postharvest science, processing technology and nutrition**. Muhammad Siddiq, Michigan State University. 17-36 p., 2017.

TORRES, A. C.; et al. Effects of nitrogen and calcium supply on the incidence of internal fruit breakdown in 'Tommy Atkins' mangoes (*Mangifera indica* L.) grown in a soilless system. **Acta Horticulture**, v. 645, p. 387-393, 2004.

YOUNIS, M. S.; BUTT, M. S.; SHARIF, M. K.; SULERAI, H. A. R.; HAMEED, F. Effect of preservatives on physicochemical, microbial and sensory attributes of mangoes. **Internet Journal of Food Safety**, v. 13, p. 246–263, 2011.

CAPÍTULO 2

ESTRATÉGIA DE FERTILIZAÇÃO CÁLCICA NA PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES DE FRUTOS DE MANGUEIRA NO VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

RESUMO

A manga é a segunda fruta em volume de exportação dentro do mercado brasileiro, contribuindo para que o Nordeste seja a principal região produtora no país. Apesar da importância socioeconômica da cultura da mangueira para a região do Vale do Submédio São Francisco, estudos acerca do efeito das diferentes fontes e formas de aplicação de Ca ainda são incipientes para a mangueira. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes estratégias de fertilização cálcica no florescimento, produtividade e no teor de nutrientes de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do Submédio São Francisco. O experimento foi realizado em duas áreas distintas de pomar comercial de mangueira 'Tommy Atkins' entre agosto de 2018 e agosto de 2019. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições e quatro plantas por parcela. O esquema fatorial se deu com três formulações de produtos à base de Ca (1- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2- Ca complexado com ácidos orgânicos, 3- Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos) e três formas de aplicação (1- foliar, 2- fertirrigado, 3- foliar+fertirrigado). Assim, foram determinados a percentagem de florescimento, produtividade e teor de nutrientes (K, N, Mg e Ca) na polpa e casca de frutos da mangueira. A produtividade de mangueira variou de 15,37 a 31,73 t ha⁻¹, com valor médio de 25,41 t ha⁻¹, estando acima da média de produtividade do Brasil. De maneira geral, a ordem decrescente dos teores de nutrientes na polpa e casca de frutos de mangueira foi K>N>Mg>Ca.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos. Aminoácidos. Fertilização foliar. Fertirrigação. *Mangifera indica* L. Produção.

ABSTRACT

Mango is the second fruit in exported volume in the Brazilian market, contributing for the Brazilian Northeast being the main producing region in the country. Despite the socioeconomic importance of mango culture for the San Francisco Middle Valley region, studies on the effect of different sources and ways of applying Ca are still incipient for mango. Thus, this study aimed to evaluate the effect of different calcium fertilization strategies on flowering, yield and nutrient content of mango fruit 'Tommy Atkins' grown in the San Francisco Middle Valley. The experiment was carried out in two different areas of commercial mango tree 'Tommy Atkins' between August 2018 and August 2019. The experimental design was in randomized blocks in a 3 x 3 factorial scheme, with four replications and four plants per plot. The factorial scheme took place with three formulations of Ca-based products (1- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2- Ca complexed with organic acids, 3- Water-soluble Ca + L- α -amino acids) and three forms of application (1- foliar, 2- fertigated, 3- foliar+fertigated). Thus, the percentage of flowering, yield, and nutrient content (K, N, Mg and Ca) in the pulp and peel of mango fruits were determined. Mango yield ranged from 15.37 to 31.73 t ha⁻¹, with an average value of 25.41 t ha⁻¹, being above the average yield in Brazil. In general, the decreasing order of nutrient contents in the pulp and peel of mango fruits was K>N>Mg>Ca.

Keywords: Organic acids. Amino acids. Foliar fertilization. Fertigation. *Mangifera indica* L. Production.

INTRODUÇÃO

A manga é a segunda fruta em volume de exportação dentro do mercado brasileiro, colocando o Nordeste como a principal região produtora e a região do Vale do São Francisco como a principal exportadora no cenário nacional (ABF, 2017).

A mangueira é uma cultura muito exigente quanto à extração de nutrientes durante todo o seu ciclo, e o alcance de elevadas produtividades engloba manejos fitossanitários e fitotécnicos, assim como manejo de adubação, para que as exigências nutricionais sejam supridas (Silva et al., 2002). Souza et al. (2007) observaram a seguinte ordem de extração na curva de crescimento e exportação de nutrientes de frutos de mangueira Palmer, Haden e Tommy Atkins, na região de Minas Gerais, em um Latossolo Vermelho Eutrófico: K>N>Ca>P>Mg>S.

O Ca é considerado um elemento pouco móvel no floema, apresentando sintomas de deficiência nutricionais em partes jovens da planta (Taiz et al., 2017). O fruto, por apresentar alta demanda de Ca pelo seu rápido desenvolvimento, mostra desordens tanto com sintomas visuais, quanto ultra estruturais e mudanças minerais e bioquímicas (Taiz et al., 2017). Essa relação se dá pelo fato do Ca ser encontrado na forma de íon e desempenhar papel importante como ligante a compostos estruturais, além de ter papel importante como mensageiro secundário, desencadeando diversas respostas vegetais à estímulos ambientais (Marschner, 2012; Scrase-Field; Knight, 2003).

Uma das formas de suprir Ca nos pomares de mangueira é através da prática da calagem, onde além de fornecer Ca e Mg, ajuda correção do pH do solo (Silva et al., 2001). Pela baixa mobilidade do Ca via floema, acredita-se que a aplicação via solo seja a forma mais eficiente de suprir a demanda desse nutriente pela planta através da absorção via fluxo de massa (Prado, 2004). Contudo, logo após o início da maturação dos frutos, as maiores transferências de nutrientes são via floema, influenciando negativamente o acúmulo de Ca (Choat et al., 2009).

A adubação foliar com Ca vem sendo utilizada em várias regiões, mesmo sem resultados científicos comprobatórios. Nesse sentido, torna-se necessário que o elemento seja aplicado constantemente na fruta para ser absorvido em quantidade suficiente para que não se apresente deficiência nutricional (Prado, 2004). As adubações via solo tem a vantagem de não necessitar de máquinas trafegando nas áreas a todo momento e todo o adubo pode ser aplicado de uma só vez, já a adubação

via folha e fruto é mais pontual, com isso o custo de sua aplicação é maior quando comparado via solo (Prado, 2004), já o uso da fertirrigação auxilia na disponibilização dos nutrientes de forma pontual e em doses menores que serão melhor absorvidas durante o desenvolvimento da planta.

Novas fontes de Ca podem ajudar no processo de absorção e translocação do elemento pela planta, como por exemplo, o uso de complexantes como substâncias húmicas, substâncias orgânicas complexas, elementos químicos benéficos, sais inorgânicos incluindo fosfito, extratos de algas marinhas, quitina e derivados de quitosana, antitranspirantes e aminoácidos livres mais substâncias contendo N (Du Jardin, 2012). O uso de ácidos orgânicos tem aumentado nos últimos anos buscando um aumento de produtividade e qualidade dos frutos (Hidayatullah et al., 2018; Silva et al., 2015). El-Kosary et al. (2011) associaram a aplicação de complexos de nutrientes com substâncias orgânicas e observaram o aumento dos fluxos vegetativos em duas safras, além do aumento de rendimento e redução de frutos com má-formação para manga 'Keitt'. Já Mouco et al. (2009) observaram um aumento de 45,32% no número de frutos tratados com aminoácidos aplicados via foliar em mangueira 'Tommy Atkins' na região de Petrolina/PE, mostrando a influência positiva dos aminoácidos na absorção e assimilação de nutrientes.

Apesar da importância socioeconômica da cultura da mangueira para a região do Vale do Submédio São Francisco, estudos acerca do efeito das diferentes fontes e formas de aplicação de Ca ainda são incipientes e, de maneira geral, o manejo da adubação cálcica é realizado de forma empírica em muitos pomares de mangueira.

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes estratégias de fertilização cálcica no florescimento, produtividade e teor de nutrientes de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado simultaneamente em dois pomares comerciais de mangueira 'Tommy Atkins', plantado na Fazenda Frutavi I, pertencente ao grupo Argo Fruta, localizado no município de Petrolina/PE, com coordenadas geográficas de latitude 9°17'55,0" S e longitude 40°33'58,0" O e altitude de 400,3 m. De acordo com Koppen, o clima é caracterizado como tropical semiárido do tipo Bshw', com média anual de precipitação de 505 mm e média anual de umidade relativa do ar de 61 % (Alvares et al., 2013). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo, com textura franco arenosa (Silva et al., 2001; Santos et al., 2013).

Foram coletados dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima, média e mínima da estação meteorológica do Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (LabMet/UNIVASF) (Figura 1), localizado no *Campus* de Ciências Agrárias da UNIVASF, a cerca de 3 km do local do experimento.

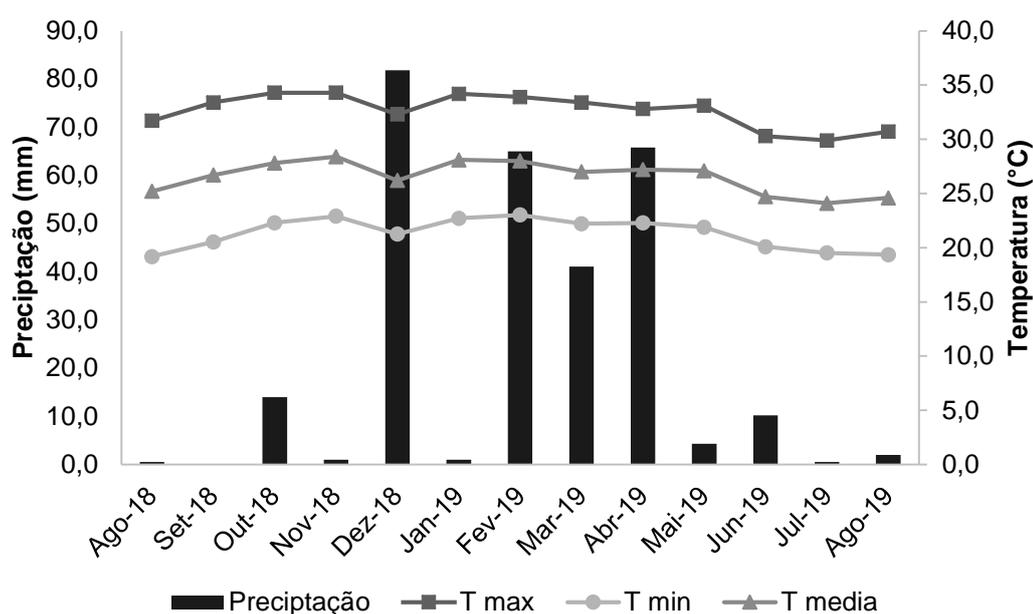


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima do ar, e precipitação pluviométrica registrada durante a condução do experimento. Petrolina-PE

O experimento foi conduzido entre os meses de agosto de 2018 a agosto de 2019. As plantas selecionadas foram de área de transplântio de primeira safra, ou seja, estavam plantadas e produzindo em outra fazenda do grupo e então foram trazidas para esta fazenda e plantadas, onde foi conduzida a primeira safra com o

experimento instalado. O espaçamento de plantio foi 7,0 m x 2,0 m, com sistema de irrigação via microaspersor, com vazão de 63 L h⁻¹. Todas as práticas culturais seguiram as Normas Técnicas da Produção Integrada de Manga, como poda, manejo nutricional via fertirrigação, combate de ataque de pragas e doenças, controle de plantas invasoras e ponto de colheita para a exportação (Lopes et al., 2003).

As áreas foram podadas na segunda quinzena de setembro de 2018, seguido da aplicação de paclobutrazol (PBZ), após dois meses, (20 mL planta⁻¹ do produto comercial Cultar 250 SC[®], dividido em quatro quadrantes da projeção da copa da planta) e as induções iniciaram na segunda quinzena de março de 2019, com aplicação de nitrato de cálcio (2%) e nitrato de potássio (3%). Esse manejo, com a aplicação do PBZ para o controle de produção de giberelina e paralização do desenvolvimento vegetativo, assim como o uso do nitrato de cálcio e nitrato de potássio, seguiram as recomendações de Albuquerque, Medina e Mouco (2002).

Em cada uma das áreas foram aplicadas as seguintes quantidades de nutrientes: 200 kg ha⁻¹ de N, 85 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 650 kg ha⁻¹ de K₂O, 600 kg ha⁻¹ de Ca, 3,5 kg ha⁻¹ de B e 5,5 kg ha⁻¹ de Zn. Para tanto, utilizaram-se os fertilizantes sulfato de amônio (20% N e 22% S), sulfato de potássio (50% K e 18% S), cloreto de potássio (53% de K e 47% Cl), sulfato de zinco (35% Zn e 9% S), ácido bórico (17% B), MAP (11% N e 52% P₂O₅).

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na projeção da copa da mangueira, sendo 20 amostras simples em zig-zag para a composição de uma amostra composta na camada de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade, caracterizando-se os atributos químicos do solo (Tabela 1), segundo metodologia de Silva (2009).

Tabela 1. Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento nas camadas de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade.

Descrição	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H + Al	S	CTC	V
		mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³							%	
E1 0-20	6,44	194,45	0,08	8,89	4,10	0,12	0,00	0,27	13,19	13,46	97,99
E1 20-40	6,87	248,66	0,15	9,16	3,48	0,11	0,00	0,25	12,90	13,15	98,10
E2 0-20	6,90	172,37	0,09	8,16	4,80	0,08	0,00	0,29	13,13	13,30	98,72
E2 20-40	6,99	138,24	0,13	8,86	6,20	0,07	0,00	0,25	15,26	15,51	98,39

P, K⁺: extrator: Mehlich (HCl + H₂SO₄); Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺: KCl 1M; SB= soma de bases; V= saturação por bases (%); CTC= capacidade de troca de cátions; respectivamente. E1= área experimental 1; E2= área experimental 2.

Além disso, antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de folhas para determinação dos teores de macro (N, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn e Zn) (Tabela 2), conforme metodologia de Silva (2009).

Tabela 2. Teores foliares de nutrientes nas folhas de mangueira das áreas experimentais antes da aplicação dos tratamentos.

Descrição	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹		
	N	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
E1	11,52	11,25	20,49	5,75	138,03	37,85	64,52
E2	10,98	9,87	15,97	3,93	163,76	24,47	61,93
Quaggio (1996) ^{1/}	12-14	5-10	20-35	2,5-5,0	50-200	50-100	

E1= área experimental 1; E2= área experimental 2. 1/ Teores foliares de macro e micronutrientes adequados para a cultura da mangueira.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições e quatro plantas por parcela. O esquema fatorial se deu com três formulações de produtos à base de Ca (1- CaCl₂.2H₂O, 2- Ca complexado com ácidos orgânicos, 3- Ca solúvel em água + L-α-aminoácidos) e três formas de aplicação (1- foliar, 2- fertirrigado, 3- foliar+fertirrigado).

As quantidades de Ca supridas nesse experimento foram estabelecidas considerando a dose comercial do produto Ca complexado com ácidos orgânicos no ciclo da cultura, recomendando-se 12 L ha⁻¹, o que é equivalente à 2,1 kg de Ca durante o ciclo, com isso as demais fontes (Ca solúvel em água + L-α-aminoácidos e

Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tiveram suas doses ajustadas para suprir a mesma quantidade de Ca.

A definição dos tratamentos foi feita considerando as demandas e alterações fisiológicas que ocorrem durante o desenvolvimento de frutos da mangueira, descrita por Silva et al. (2002). Os tratamentos foram aplicados seguindo as respectivas indicações para a cultura da mangueira, sendo 50% da dose recomendada aplicada logo após a poda, dividida em seis aplicações semanal; 20% da dose recomendada aplicada na emissão da panícula, dividida em três aplicações semanal, e 30% da dose recomendada aplicada na fase de crescimento de frutos, dividida em cinco aplicações semanal, períodos de maiores demandas de Ca pela cultura da mangueira (Winston, 2007).

No final da maturação dos ramos, foi contabilizado o total de ponteiros (número de ramos com potencial para que a gema se diferenciasse em gema reprodutiva) e em plena floração, quando 50% das flores estavam abertas, foi determinado o número de panículas por planta. Assim, foi calculada a relação percentual entre o número de panículas/número de ponteiros para se estimar o florescimento da mangueira.

Para fins de determinação de produtividade, foram colhidos apenas os frutos com tamanho mínimo de 12 cm e maturidade fisiológica, definida a partir da coloração da polpa (creme amarela), escala de coloração indicada pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004). A colheita foi realizada manualmente para quantificação da produtividade, calculada pela multiplicação da produção de frutos por planta, pelo número de plantas por hectare (t ha^{-1}).

Os frutos recém-colhidos foram lavados com detergente neutro para a retirada do excesso de caulim e receberam sanitização com solução de hipoclorito de sódio (200 mg L^{-1}), separados em casca e polpa, secos em estufa a $65\text{-}70^\circ\text{C}$ até atingir peso constante, seguindo a metodologia descrita por Silva (2009), para a obtenção da matéria seca. Em seguida, as amostras de casca e polpa foram submetidas à digestão nítrico-perclórica para a determinação dos teores do Ca e Mg (espectrometria de absorção atômica) e do K (fotometria de chama), e digestão sulfúrica, para a determinação do N por destilação (Silva, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foi realizada a análise conjunta de variância das duas áreas experimentais, pelo teste 'F', e, a partir da significância, os

tratamentos foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas seguiram as recomendações de Banzatto e Kronka (1995) usando o software R, versão 3.5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à participação das bases na CTC, para o solo ter condições adequadas de equilíbrio iônico para a cultura da mangueira, deve possuir no complexo de troca 60 a 70% de Ca, 15 a 20% de Mg e 3 a 5% de K (Lopes, 1984). Como visto na tabela 1, os teores de Ca no solo estavam em quantidades consideradas adequadas antes da aplicação dos tratamentos, tendo uma contribuição para a CTC variando entre 57,12 a 69% de Ca.

Houve efeito significativo na interação entre os fatores fontes de cálcio e formas de aplicação para a percentagem de florescimento (PF), produtividade e teores de N, K e Mg da polpa e casca de frutos de mangueira (Tabelas 3 e 4). Comportamento semelhante foi observado para o teor de Ca na casca dos frutos de mangueira (Tabela 4). Martínez et al. (2015), ao estudarem a relação da aplicação de diferentes doses de fertilizantes na cultura da mangueira 'Keitt', na região de Buenavista/México, encontraram diferença estatística entre os tratamentos ao analisar a polpa do fruto para K e Ca, não diferindo para o Mg. Já Singh (2005), ao estudar a concentração de nutrientes em diferentes cultivares de mangueira influenciando o aborto embrionário no oeste da Austrália, não observou diferença significativa ao analisar a polpa de manga para N, K, Mg e Ca.

Tabela 3. ANOVA para a percentagem de florescimento (PF), produtividade e teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em polpa de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes (FC) e forma de aplicação (FA) de cálcio

Fonte de Variação	PF	Produtividade	N	K	Ca	Mg
	%	t ha ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----			
(FC)	1,31 ^{ns}	3,66 [*]	11,13 ^{**}	2,90 [*]	3,37 ^{ns}	5,18 [*]
(FA)	1,79 ^{ns}	8,37 ^{**}	2,09 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,53 ^{ns}	4,80 [*]
FC x FA	7,17 ^{**}	6,86 ^{**}	4,39 ^{**}	11,88 ^{**}	2,62 ^{ns}	3,37 [*]
Média	21,67	25,41	7,39	21,03	0,45	0,73
CV (%)	20,26	17,97	13,02	13,68	9,6	13,41

Tabela 4. ANOVA para os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na casca de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes (FC) e forma de aplicação (FA) de cálcio

Fonte de Variação	N	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹			
(FC)	11,81 ^{**}	4,76 [*]	10,23 ^{**}	7,55 ^{**}
(FA)	3,55 [*]	5,41 [*]	5,30 [*]	0,07 ^{ns}
FC x FA	5,42 [*]	12,92 ^{**}	4,05 [*]	4,15 [*]
Média	8,75	12,52	1,41	1,76
CV (%)	13,86	16,67	12,65	13,05

A percentagem de florescimento variou entre 13,58% e 29,33% (Figura 2A). Para a fonte Ca na forma de CaCl₂.2H₂O, as maiores percentagens de florescimento foram para a forma de aplicação fertirrigado (29,33%) e foliar+fertirrigado (24,64%). Quando aplicado via foliar, o uso de fontes mais nobres de cálcio, como complexado com ácidos orgânicos ou solúveis com aminoácidos apresentaram maiores valores de percentagem de florescimento (22,52% e 23,10%, respectivamente) em relação ao Ca na forma de CaCl₂.2H₂O (13,58%). Por outro lado, o CaCl₂.2H₂O apresentou maiores percentagem de florescimento em relação ao Ca complexado com ácidos orgânicos e Ca solúvel em água + L-a-aminoácidos quando aplicado por fertirrigação.

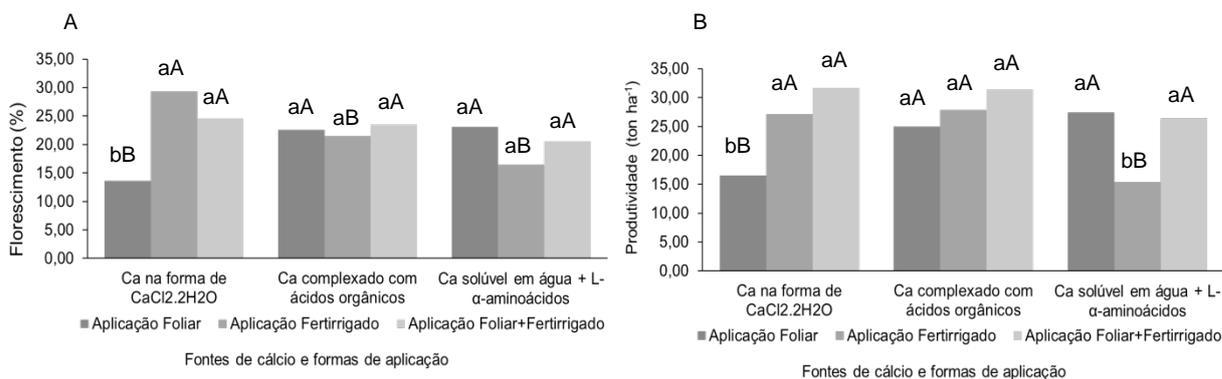


Figura 2. Percentagem de florescimento (A) e produtividade (B) de mangueira ‘Tommy Atkins’ sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio. ¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula dentro de fonte de cálcio e maiúscula entre as diferentes formas de aplicação para a mesma fonte de cálcio, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Kumar et al. (2014), ao estudar o número de inflorescências de diferentes cultivares de mangueira, observaram que existia uma variação de 11,60 – 32,10 inflorescências/m² na safra principal, até os valores de 9,00 – 26,40 inflorescências/m², sendo esses valores mais constantes que os observados no presente trabalho, os quais variaram de 2 a 135 inflorescências/planta (dados não apresentados) e, para uma área de copa de 2 m², variariam de 1 a 67,20 inflorescências/m².

A produtividade de mangueira variou de 15,37 t ha⁻¹ (Ca solúvel em água + L-α-aminoácidos aplicados via fertirrigação) até 31,73 t ha⁻¹ (Ca na forma de CaCl₂.2H₂O aplicado via foliar+fertirrigado), com valor médio de 25,41 t ha⁻¹ (Figura 2B), estando acima do valor médio de produtividade do Vale do São Francisco (20 t ha⁻¹), do Brasil (16,1 t ha⁻¹) e de países produtores como México (8,9 t ha⁻¹), China (8,2 t ha⁻¹) e Índia (7,3 t ha⁻¹) (FAO, 2016). Carneiro et al. (2018), observaram valores médios de produtividade de 15,18 t ha⁻¹, ao estudarem a produção de mangueira ‘Tommy Atkins’ fertirrigada com diferentes doses e fontes potássio no semiárido. Já Cavalcante et al. (2018), ao estudarem diferentes estratégias de maturação de ramo em mangueira ‘Palmer’, observaram produtividade de 33,60 t ha⁻¹ para o uso alternado de bioestimulante e fonte de K no momento da maturação de ramo.

Para a fonte de Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, as maiores produtividades foram observadas quando aplicado via foliar+fertirrigação ($31,73 \text{ t ha}^{-1}$) e fertirrigado ($27,16 \text{ t ha}^{-1}$) (Figura 2B). Já para o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos, as maiores produtividades foram observadas quando aplicado foliar ($27,39 \text{ t ha}^{-1}$) e foliar+fertirrigação ($26,34 \text{ t ha}^{-1}$) em relação a aplicação fertirrigada ($15,37 \text{ t ha}^{-1}$). A fertilização foliar com Ca complexado com ácidos orgânicos e Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos apresentou maior produtividade ($25,0 \text{ t ha}^{-1}$ e $27,39 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente) em relação ao Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($16,54 \text{ t ha}^{-1}$). O uso de ácidos orgânicos e aminoácidos aumentam a eficiência da absorção e assimilação dos nutrientes, atuando como agentes complexantes destes nutrientes, resultando em aumento de produtividades (Mouco et al., 2009; El-Kosary; El-Shenawy; Radwan, 2011). Por outro lado, Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($27,16 \text{ t ha}^{-1}$) e Ca complexado com ácidos orgânicos ($27,82 \text{ t ha}^{-1}$) apresentaram maiores produtividades para aplicação fertirrigado.

A fertilização foliar apresenta rápida resposta, já que é aplicada diretamente na folha, onde os nutrientes contidos na calda de aplicação são absorvidos pelos estômatos, sendo translocado diretamente para as regiões de maior demanda. Como ponto fraco da adubação foliar, tem-se o curto efeito residual. Por outro lado, na adubação fertirrigada (via solo), o efeito residual é maior, uma vez que grande parte dos nutrientes é absorvido através da solução do solo via fluxo de massa (Dromantiene et al., 2013; Barbosa et al., 2016; Marques et al., 2016). Pelo fato do Ca ser um nutriente pouco móvel na planta, atribui-se a maior parte de absorção de Ca através de fluxo de massa (Drazeta et al., 2004; Saure, 2005; Gilliam et al., 2011).

De maneira geral, a ordem decrescente dos teores de nutrientes na polpa de frutos de mangueira foi $\text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{Ca}$ (Figura 3). As maiores concentrações de K, N e Mg na polpa podem ser explicada pelo fato de que o N, K e Mg serem absorvidos e distribuídos com rapidez nos órgãos e tecidos vegetais tanto pelo floema quanto pelo xilema (Mengel; Kirkby, 1987). Já a absorção de Ca é bem menos eficiente, podendo ser inibida pelo excesso de K. Adicionalmente, os vasos do floema, maior fornecedor de nutrientes para os frutos no final do seu desenvolvimento, apresentam altas concentrações de K e baixas concentrações de Ca (Silva et al., 2008).

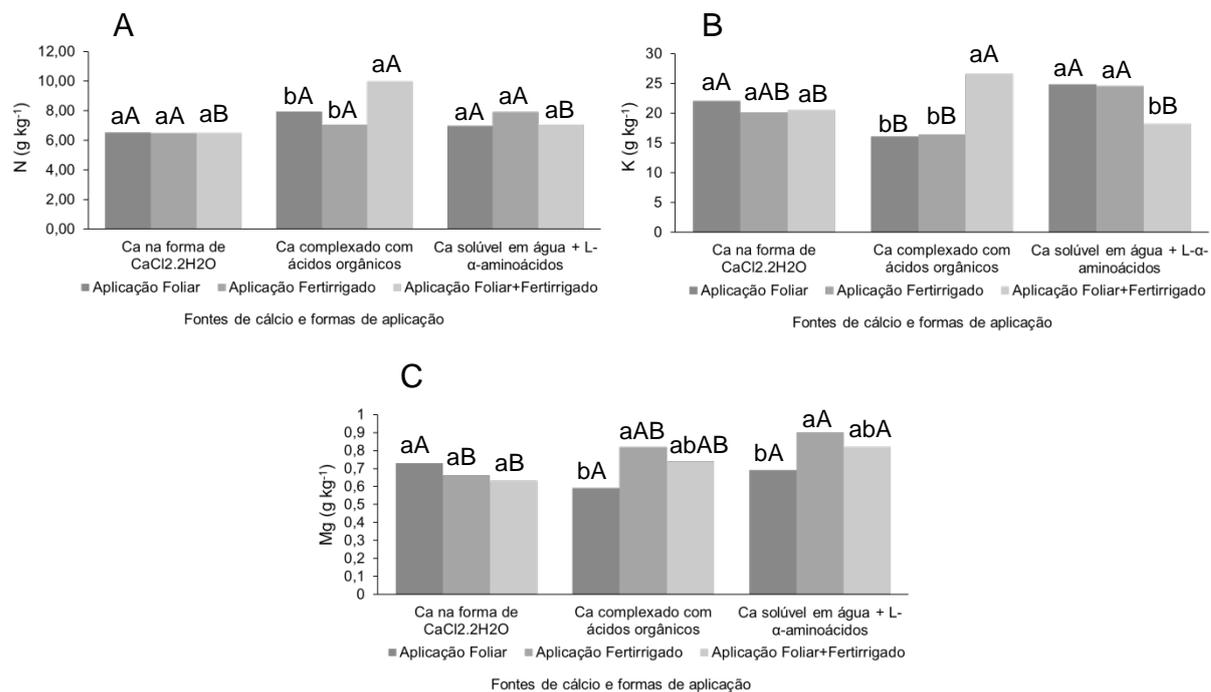


Figura 3. Teores de nitrogênio (N) (A), potássio (K) (B) e magnésio (Mg) (C) na polpa de frutos de mangueira ‘Tommy Atkins’ sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio. ¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula dentro de fonte de cálcio e maiúscula entre as diferentes formas de aplicação para a mesma fonte de cálcio, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A baixa concentração de Ca na polpa dos frutos pode ser resultante não somente pela baixa absorção pelas plantas, mas também pela competição entre os pontos de crescimento da planta e dos frutos pelo Ca disponível. Teores elevados de N, que contribuem para o crescimento vegetativo e desenvolvimento mais rápido do fruto, favorecem uma redução da concentração de Ca no xilema, com possibilidade da concentração de Ca nos tecidos do fruto ser reduzida para valores abaixo do nível crítico fundamental para a manutenção da integridade da membrana e estabilidade da parede celular (Marschner, 1995).

Para os teores de Ca na polpa de frutos de mangueira, observa-se que não houve diferença estatística entre as fontes e formas de aplicação de Ca, com valor médio de $0,45 \text{ g kg}^{-1}$, indicando que os valores de Ca no solo já estavam em níveis considerados ideais para o ciclo da mangueira. Esses dados corroboram com os valores encontrados por Assis et al. (2004), que ao estudarem o teor de Ca na polpa de mangueira ‘Tommy Atkins’, encontraram valores médios variando entre $0,51 \text{ g kg}^{-1}$

¹ para frutos sem sintomas de colapso interno e 0,33 g kg⁻¹ para frutos com sintomas do distúrbio. Comportamento semelhante foi observado para a relação N/Ca, apresentando valor médio de 16,49 (dado não apresentado). Valores superiores da relação N/Ca foram observados por Lin et al. (2013), ao estudar frutos de mangueira 'Chiin Hwang' relacionados com desordens nutricionais e distúrbios fisiológicos, com média de 46,71 para frutos sadios e 60,15 para os frutos com distúrbios. As relações nutricionais são importantes, pois o aumento dos níveis de N, K e Mg pode resultar na menor absorção de Ca nos frutos, predispondo, portanto, incidência de distúrbios nutricionais fisiológicos (Prado, 2004).

Os teores de N na polpa de frutos de mangueira variaram de 6,49 g kg⁻¹ a 9,99 g kg⁻¹ (Figura 3A). O Ca complexado com ácidos orgânicos apresentou maior teor de N na polpa de fruto de mangueira para aplicação foliar+fertirrigado (9,99 g kg⁻¹) em relação às demais formas de aplicação (Foliar: 7,96 g kg⁻¹; Fertirrigado: 7,08 g kg⁻¹) (Figura 3A). Além disso, quando aplicado foliar+fertirrigado, o Ca complexado com ácidos orgânicos também apresentou maior teor de N na polpa (9,99 g kg⁻¹) em relação ao Ca na forma de CaCl₂.2H₂O (6,49 g kg⁻¹) e Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos (7,07 g kg⁻¹). Assis et al. (2004) relatam que altas concentrações de N na polpa em detrimento das baixas concentrações de Ca, afetam a estabilidade das células da polpa dos frutos da mangueira, podendo predispor os frutos às desordens fisiológicas.

Uma das fontes de Ca utilizadas nesse trabalho continha aminoácidos na sua composição (Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos), porém essa quantidade não contribuiu para influenciar na quantidade de N presente na polpa dos frutos de mangueira, mantendo o balanço com Ca de forma que não apresentou diferença para os demais tratamentos tanto para o Ca quanto para a relação N/Ca.

Os teores de K na polpa de frutos de mangueira variou de 16,03 g kg⁻¹ a 26,60 g kg⁻¹ (Figura 3B). O Ca complexado com ácidos orgânicos também apresentou maior teor de K na polpa de fruto de mangueira para aplicação foliar+fertirrigado (26,60 g kg⁻¹) em relação à aplicação foliar (16,03 g kg⁻¹) e Fertirrigado (16,44 g kg⁻¹). Por outro lado, quando utilizado o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos, a aplicação foliar (24,81 g kg⁻¹) e fertirrigado (24,5 g kg⁻¹) apresentou maiores teores de K na polpa em relação à aplicação foliar+fertirrigado (18,21 g kg⁻¹). Comparando-se as diferentes fontes de Ca avaliadas, observa-se que Ca na forma de CaCl₂.2H₂O e Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos apresentaram maiores teores de K na polpa de frutas de

mangueira para aplicação foliar (22,00 g kg⁻¹ e 24,81 g kg⁻¹, respectivamente) e fertirrigado (20,13 g kg⁻¹ e 24,5 g kg⁻¹, respectivamente) em relação ao Ca complexado com ácidos orgânicos (16,44 g kg⁻¹).

Silva et al. (2008), ao estudarem os níveis de nutrientes de polpa de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' sob o efeito de diferentes fontes e concentrações de cálcio pré-colheita, não observaram diferença significativa apresentando valores médios semelhantes para o N (7,70 g kg⁻¹), já para o K, usando o Ca-quelatizado na concentração de 17,4 mmol L⁻¹, obteve média de 13,0 g kg⁻¹.

Para o teor Mg na polpa de frutos de mangueira, as médias entre os tratamentos variaram entre 0,59 e 0,90 g kg⁻¹ (Figura 3C). Assis et al. (2004), ao estudarem o equilíbrio nutricional relacionado com os distúrbios fisiológicos com a 'Tommy Atkins', observaram valores superiores de Mg na polpa (1,23 g kg⁻¹) para mangas sem sintomas de distúrbios fisiológico, porém ao analisarem frutos com distúrbio, observaram valor médio de 0,90 g kg⁻¹. Cabe ressaltar que os frutos de mangueira do presente estudo não apresentaram sintomas de distúrbio fisiológico.

A ordem dos teores de nutrientes na casca de frutos de mangueira seguiu K>N>Mg>Ca (Figura 4).

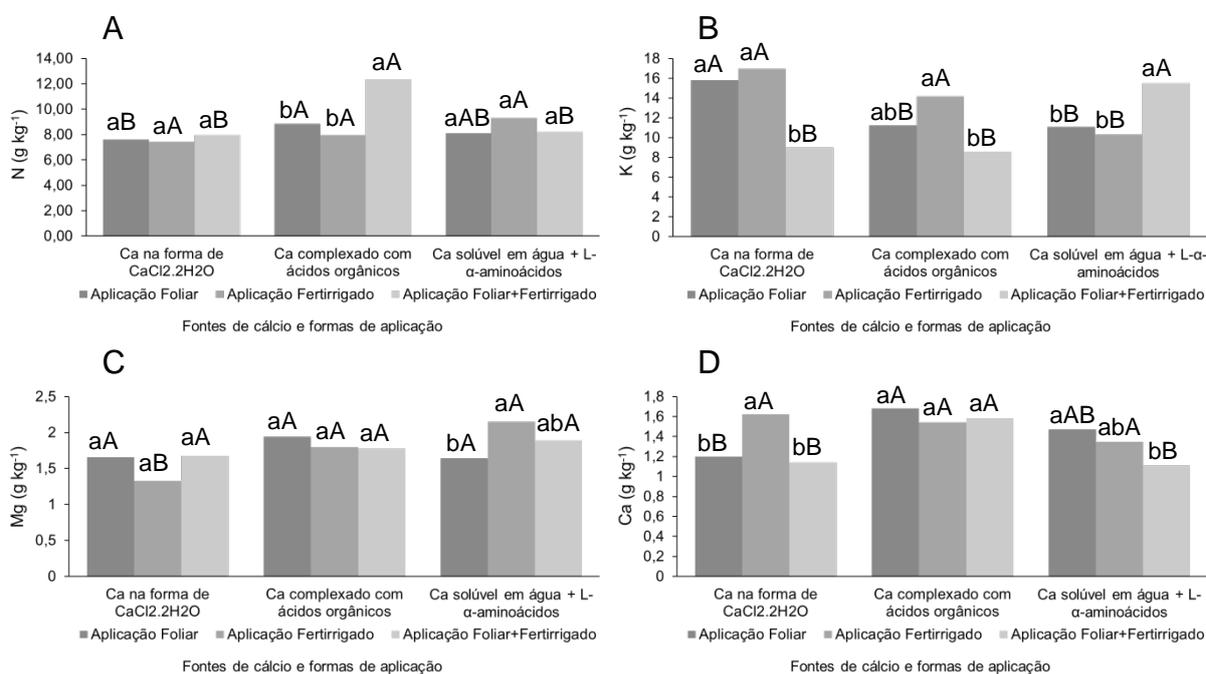


Figura 4. Teores de nitrogênio (N) (A), potássio (K) (B), magnésio (Mg) (C) e cálcio (Ca) (D) na casca de frutos de mangaieira ‘Tommy Atkins’ sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio. ¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula dentro de fonte de cálcio e maiúscula entre as diferentes formas de aplicação para a mesma fonte de cálcio, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os teores de N na casca de frutos de mangaieira variaram entre 7,44 e 12,34 g kg⁻¹ (Figura 4A), onde o maior valor foi observado para o Ca complexado com ácidos orgânicos aplicado via foliar+fertirrigado (12,34 g kg⁻¹) em relação a aplicação foliar (8,83 g kg⁻¹) e fertirrigado (7,97 g kg⁻¹). Além disso, quando aplicado via foliar+fertirrigado, o Ca complexado com ácidos orgânicos também apresentou maior teor de N na casca de frutos de mangaieira quando comparado ao CaCl₂.2H₂O (7,95 g kg⁻¹) e Ca solúvel em água + L-α-aminoácidos (8,20 g kg⁻¹).

Os teores de K na casca dos frutos de mangaieira variaram de 8,58 g kg⁻¹ a 16,94 g kg⁻¹ (Figura 4B). Para o Ca na forma de CaCl₂.2H₂O, maiores valores de K na casca foram observados quando aplicado via foliar (15,82 g kg⁻¹) e fertirrigado (16,94 g kg⁻¹). Resultado semelhante foi observado para o Ca complexado com ácidos orgânicos fertirrigado (14,16 g kg⁻¹) em relação à aplicação foliar+fertirrigado (8,58 g kg⁻¹). Por outro lado, para Ca solúvel em água + L-α-aminoácidos, maior valor de K na casca foi observado para aplicação foliar+fertirrigado (15,50 g kg⁻¹). Comparando-se

as diferentes fontes de Ca, observa-se que quando aplicado via foliar, o Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ apresentou maior teor de K na casca ($15,82 \text{ g kg}^{-1}$) em relação Ca complexado com ácidos orgânicos ($11,21 \text{ g kg}^{-1}$) e Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos ($11,11 \text{ g kg}^{-1}$). Comportamento diferente foi observado para aplicação foliar+fertirrigado, com maior valor de K na casca para o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos ($15,50 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparado as demais fontes de Ca avaliadas.

Para os teores de Mg na casca dos frutos de mangueira, observa-se que houve variação nos valores de $1,33 \text{ g kg}^{-1}$ a $2,15 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4C). Maior teor de Mg na casca foi observado quando o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos foi aplicado fertirrigado ($2,15 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à aplicação foliar ($1,64 \text{ g kg}^{-1}$). Também o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos e Ca complexado com ácidos orgânicos apresentaram maiores teores de Mg na casca ($2,15$ e $1,80 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) em relação ao Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($1,33 \text{ g kg}^{-1}$) quando fertirrigado.

Os teores de Ca na casca de frutos de mangueira variaram de $1,11$ a $1,68 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 4D), sendo, de maneira geral, maiores que os teores de Ca na polpa. O maior teor de Ca na casca dos frutos de mangueira pode ser explicado pelo fluxo de Ca através da transpiração que o fruto realiza durante seu desenvolvimento. Por outro lado, na casca, os tecidos apresentam função de proteção, contendo células menores e proporcionalmente maior quantidade de parede celular, constituídas por fibras celulósicas ricas em pectatos de cálcio e magnésio (Gunjate et al., 1979). Valores superiores foram observados por Silva et al. (2008) em frutos de mangueira 'Tommy Atkins', os quais encontraram variações nos teores de Ca na casca entre $2,02$ e $2,78 \text{ g kg}^{-1}$ para frutos tratados com diferentes fontes e doses de Ca aplicados na pré-colheita.

Ao estudar a relação entre equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em mangueira, Assis et al. (2004) observaram valores médios de Ca na casca de $2,30 \text{ g kg}^{-1}$ para frutos sem sintomas de distúrbios fisiológicos e $1,90 \text{ g kg}^{-1}$ para frutos com sintomas. Os valores encontrados nesse trabalho ($1,11$ a $1,68 \text{ g kg}^{-1}$) foram inferiores aos dos frutos com sintomas de distúrbios fisiológicos no trabalho de Assis et al. (2004), porém destaca-se que não foi encontrado frutos com sintomas durante o experimento.

Para o Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, maior teor de Ca na casca foi observado quando fertirrigado ($1,62 \text{ g kg}^{-1}$) em relação às demais formas de aplicação. Já para o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos, maior teor de Ca na casca foi observado para

aplicação foliar ($1,47 \text{ g kg}^{-1}$) em relação à aplicação foliar+fertirrigado ($1,11 \text{ g kg}^{-1}$). Comparando-se as diferentes fontes de Ca, observa-se que o Ca complexado com ácidos orgânicos apresentou maior teor de Ca na casca ($1,68 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($1,2 \text{ g kg}^{-1}$) para aplicação foliar. Resultado semelhante foi observado para o Ca complexado com ácidos orgânicos quando comparado às outras fontes de Ca para aplicação foliar+fertirrigado.

CONCLUSÕES

A produtividade e o teor de nutrientes da polpa e casca de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' são influenciados pelas diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.

Para a produtividade, a forma de aplicação foliar+fertirrigado apresentou melhor resultado quando comparado com as demais formas de aplicação de Ca.

O teor de Ca na polpa dos frutos de mangueira não foi influenciado pelas diferentes fontes de Ca, porém isso é explicado pelo fato do teor de Ca no solo já está em níveis adequados.

Há necessidade de mais estudos envolvendo mais de um ciclo de produção para se estabelecer um manejo de adubação cálcica para a cultura da mangueira 'Tommy Atkins' no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ABF - **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017.88p.
- ALBUQUERQUE, J. A. S.; MEDINA, V. D.; MOUCO, M. A. C. Indução Floral. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.
- ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.
- ASSIS, J. S.; SILVA, D. J.; MORAES, P. L. D. Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v. 26, n. 2, p. 326-329. 2004.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP. 1995. 247p.
- BARBOSA, L. F. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; LIMA, A. M. N. Physiological disorders and fruit yield of mango cv. Palmer associated to boron nutrition: boron fertilizing management. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 1-9, 2016.
- CARNEIRO, M. A.; LIMA, A. M. N.; CAVALCANTE, I. H. L.; SOUSA, K. S. M.; OLDONI, F. C. A.; BARBOSA, K. S. Production and quality of mango fruits 'Tommy Atkins' fertigated with potassium in semi-arid region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. e-034, 2018.
- CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, G. N. F.; SILVA, M. A.; MARTINS, R. S.; LIMA, A. M. N.; MODESTO, P. I. R.; ALCOBIA, A. M.; SILVA, T. R. S.; AMARIZ, R. A. E.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. A New Approach to Induce Mango Shoot Maturation in Brazilian Semi-arid Environment. **Journal of applied botany and food quality**, v. 91, p. 281-286, 2018.
- CHOAT, B.; GAMBETTA, G. A.; SHACKEL, K. A.; MATTHEWS, M. A. Vascular function in grape berries across development and its relevance to apparent hydraulic isolation. **Plant Physiology**, v.151, p. 1677–1687. 2009.
- DROMANTIENE, R.; PRANCKIETIENE, I.; SIDLAUSKAS, G.; PRANCKIETIS, V. Changes in technological properties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by amino acid fertilizers. **Zemdirbyste-Agriculture**, v.100 (1), p.57-62, 2013.
- DU JARDIN, P. The Science of Plant Biostimulants - A Bibliographic Analysis, **Ad hoc Study Report**. Brussels: European Commission, 2012. 36p.
- EL-KOSARY, S.; EL-SHENAWY, E. I.; RADWAN, S. I. Effect of microelements, amino and humic acids on growth, flowering and fruiting of some mango cultivars. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, Deira, v. 3, n. 2, p. 152-161, 2011.

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.

GUNJATE, R. T.; TARE, S. J.; RANGWALA, A. D.; LIMAYE, V. P. Effect of pre-harvest and post-harvest calcium treatments on calcium content and occurrence of spongy tissue in Alphonso mango fruits. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.36, n.2, p.140-144, 1979.

HIDAYATULLAH, A. K.; MOULADAD, M.; NISAR, A.; SYED, A. S. Effect of humic acid on fruit yield attributes, yield and leaf nutrient accumulation of apple trees under calcareous soil. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 11, n. 15, 2018.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

KUMAR, M.; PONNUSWAMI, V.; KUMAR, P. J.; SRASWATHY, S. Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango. **Scientific Research and Essays**, v.9, n.1, p. 1-6. 2014.

LIN, H. L.; SHIESH, C. C.; CHEN, P. J. Physiological disorders in relation to compositional changes in mango (*Mangifera indica* L. 'Chiin Hwang') fruit. **Acta Horticulture**, 984, p. 357-364. 2013.

LOPES, A. S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA, 1, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 1984. p.347-382.

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. D. A. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003. 72p.

MARQUES, L. N.; BALARDIN, R. S.; STEFANELLO, M. T.; PEZZINI, D. T.; GULART, C. A.; RAMOS, J. P. de; FARIAS, J. G. Physiological, biochemical, and nutritional parameters of wheat exposed to fungicide and foliar fertilizer. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37 (3), p.1243-1254, 2016.

MARSCHNER'S, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Washington: Academic Press. 2012. 906p.

MARTINEZ, R. G.; JIMENEZ, A. L.; VELOZ, C. S.; SALAZAR-GARCIA, S.; ESPINOSA, J. S. Ripening and fruit quality of mango 'Kent' with three levels of fertilization. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 6 (4), p. 665-678. 2015.

MENGEL K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition** 4th ed. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.

MOUCO, M. A. C.; LIMA, M. A. C.; SILVA, A. L.; SANTOS, S.; RODRIGUES, F. M. Amino acids on mango yield and fruit quality at Submédio São Francisco Region, Brazil. **Acta Horticulturae**, v.820, p.437-442, 2009.

PRADO, R. de M. Nutrição e desordens fisiológicas na cultura da manga. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM,

L. **Manga: Produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, p.199-232. 2004.

PROGRAMA BRASILEIRO DE MODERNIZAÇÃO HORTICULTURA. **Classificação de padrões de manga**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura, CEAGESP, 2004. 6 p.

QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSE, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS, J. M.; MORAIS, O. M. (Ed.). **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1996. p. 106-135.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 98p.

SCRASE-FIELD, S. A. M. G.; KNIGHT, M. R. Calcium: just a chemical switch? **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, p. 500-506. 2003.

SINGH, Z. Embryo Abortion in Relation to Fruit Size, Quality, and Concentrations of Nutrients in Skin and Pulp of Mango, **Journal of Plant Nutrition**, v. 28(10), p. 1723-1737. 2005.

SILVA, A. V. C. da; MENEZES, J. B. de. Qualidade de manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação pré-colheita de cloreto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, p. 86-90. 2001.

SILVA, D. J.; CHOUDHURY, M. M.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F. Efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade e no teor de nutrientes de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30 (1), p. 074-078. 2008.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, R. L.; CAVALCANTE, I. H. L.; SOUSA, K. D. S. M.; GALHARDO, C. X.; SANTANA, E. A.; LIMA, D. D. Qualidade do maracujá amarelo fertirrigado com Nitrogênio e substâncias húmicas. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 479-487, 2015.

SOUZA, F. V.; RIBEIRO, D. P.; NATALE, W.; PACHECO, D. D.; ANTUNES, P. D.; PINHO, D. B. Curva de crescimento e extração de macronutrientes por frutos de mangueira Haden, Palmer e Tommy Atkins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado. **Conquistas & desafios da ciência do solo brasileira**. Viçosa: SBCS/UFRS, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 858p.

CAPÍTULO 3

ESTRATÉGIA DE FERTILIZAÇÃO CÁLCICA NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE MANGUEIRA 'TOMMY ATKINS' NO SEMIÁRIDO

RESUMO

O cálcio é um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas e está relacionado com todo o ciclo da cultura, sendo requisitado em grandes concentrações. Novas tecnologias estão surgindo no mercado para auxiliar o processo de produção, ferramentas que ajudam na absorção e translocação de elementos na planta (ácidos orgânicos e aminoácidos). Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes estratégias de fertilização cálcica na produção e qualidade físico-química de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do Submédio São Francisco. O experimento foi realizado em duas áreas diferentes de pomar comercial de mangueira em Petrolina/PE, entre agosto de 2018 e agosto de 2019. O delineamento foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições e quatro plantas por parcela. O esquema fatorial se deu com três formulações de produtos à base de Ca (1- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2- Ca complexado com ácidos orgânicos, 3- Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos) e três formas de aplicação (1- foliar, 2- fertirrigado, 3- foliar+fertirrigado). Para fins de determinação de produtividade e qualidade, foram colhidos frutos com maturidade fisiológica. Não foi observada diferença entre os tratamentos para a incidência de colapso interno, tendo apresentado média geral entre 0,08% e 0,38%. A produção por planta variou de 21,51 a 44,42 kg planta⁻¹. A produção e a qualidade físico-química dos frutos de mangueira 'Tommy Atkins' foram influenciadas pelas diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.

Palavras-chave: Colapso interno. Firmeza. *Mangifera indica* L. Nutrição de plantas.

ABSTRACT

Calcium is an essential mineral for the development of plants and is related to the entire crop cycle, being required in large concentrations. New technologies are emerging on the market to assist the production process, tools that help in the absorption and translocation of elements in the plant (organic acids and amino acids). Thus, this study aimed to evaluate the effect of different calcium fertilization strategies on the production and physicochemical quality of mango fruits 'Tommy Atkins' grown in the San Francisco Middle Valley. The experiment was carried out in two different areas of commercial mango orchard in Petrolina / PE, between August 2018 and August 2019. The design was randomized blocks in a 3 x 3 factorial scheme, with four replications and four plants per plot. The factorial scheme took place with three formulations of Ca-based products (1- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 2- Ca complexed with organic acids, 3- Water-soluble Ca + L- α -amino acids) and three forms of application (1- foliar, 2- fertigated, 3- foliar+fertigated). The fruits were harvested at the physiological maturity and the productivity and fruit quality were determined. There was no difference between treatments for the incidence of internal breakdown, with an overall average between 0.08% and 0.38%. The production per plant ranged from 21.51 to 44.42 kg plant⁻¹. The production and the physical-chemical quality of the fruits of mango 'Tommy Atkins' were influenced by the different sources and forms of calcium application.

Keywords: Internal breakdown. Firmness. *Mangifera indica* L. Plant nutrition.

INTRODUÇÃO

O Vale do São Francisco se destaca na produção de mangas do Brasil, com um total de aproximadamente 33 mil hectares em produção apenas nas cidades de Petrolina e Juazeiro. As regiões mais produtoras são a Sudeste e Nordeste, colocando o Brasil em sétimo lugar no ranking mundial de produtores de manga e o Vale do São Francisco respondendo por 85% das exportações *in natura* da fruta (ABF, 2018; IBGE, 2018).

Devido à exigência do mercado especialmente externo é necessária a produção de frutas de qualidade, que atendam a padrões criteriosos de seleção. A nutrição é um dos fatores que deve ser levado em consideração já que a mangueira é uma cultura muito exigente quanto à extração de nutrientes durante seu ciclo. Elevadas produtividades só serão atingidas se aspectos fitossanitários e fitotécnicos, assim como balanços nutricionais forem manejados de maneira que as necessidades da planta alcancem as concentrações ideais para cada fase fenológica (Genú; Pinto, 2002).

Souza et al. (2007) indicaram a seguinte ordem de extração de nutrientes pelos frutos de mangueira: $K > N > Ca > P > Mg > S > Mn > Na > Fe > Cu > B > Zn$, para as variedades Palmer, Haden e Tommy Atkins, cultivadas em Minas Gerais, em Latossolo Vermelho Eutrófico. Dentre os nutrientes citados por esses autores, destaca-se o cálcio (Ca), o qual é um macronutriente e durante o ciclo da mangueira requisitado em grandes concentrações, sendo um dos limitantes para a produção e qualidade dos frutos da mangueira.

O Ca é encontrado na forma de íon (Ca^{2+}) em solução no citosol, nos vacúolos ou precipitado com ácidos orgânicos ou ânions, desempenhando papel importante como ligante à compostos estruturais. O Ca está ligado a grupos ácidos de lipídeos da membrana e ligações cruzadas entre pectinas, principalmente na lamela média (Marschner, 2012). No citosol o Ca desempenha o papel de sinalizador, atuando como mensageiro secundário para o desencadeamento de respostas vegetais aos estímulos ambientais (Scrase-Field; Knight, 2003). Altas concentrações podem causar toxicidade, células muito rígidas e desenvolvimento de distúrbios fisiológicos (Conn et al., 2011; Cybulska et al. 2011). Já baixas concentrações, observam-se deficiências localizadas, causando quebra de membrana ou falha celular, como exemplo do fundo preto no tomate (Freitas; Mitcham, 2012).

O movimento à longa distância do cálcio está ligado principalmente ao fluxo de massa, suprido através da nutrição presente no solo ou da fertirrigação, que é influenciado pela força dreno do órgão que está com os maiores valores de transpiração (Taiz et al., 2017). Apesar de apresentar alto índice de utilização do nutriente pela planta e respostas rápidas, as fertilizações foliares podem não ser eficientes, uma vez que o Ca é pouco móvel no floema. Para isto, acredita-se que a forma mais eficiente de fornecer Ca seria aplicá-lo ao solo de modo que a solução do solo possa suprir o elemento constantemente aos frutos (Prado, 2004). No entanto, estudos ainda são escassos para a cultura da mangueira irrigada quanto aos efeitos das diferentes estratégias de fertilização cálcica na produção e qualidade físico-química de frutos em condições irrigadas em regiões semiáridas.

Nesse sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes estratégias de fertilização cálcica na produção e qualidade físico-química de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' cultivada no Vale do Submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado simultaneamente em dois pomares comerciais de mangueira 'Tommy Atkins' na Fazenda Frutavi I, pertencente ao grupo Argo Fruta, localizada no município de Petrolina/PE, com coordenadas geográficas de latitude 9°17'55,0" S e longitude 40°33'58,0" O e altitude de 400,3 m. De acordo com Köppen, o clima é caracterizado como tropical semiárido do tipo Bshw, possuindo precipitação menor que 500 mm, das quais a grande maioria está concentrada durante três ou quatro meses do ano (Alvares et al., 2013). O solo da área é classificado como Argissolo Amarelo, com textura franco arenosa (Santos et al., 2013; Silva et al., 2001).

Foram coletados dados de precipitação pluviométrica, temperatura máxima, média e mínima da estação meteorológica do Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco (LabMet/UNIVASF) (Figura 1), localizado no *Campus* de Ciências Agrárias da UNIVASF, a cerca de 3 km do local do experimento.

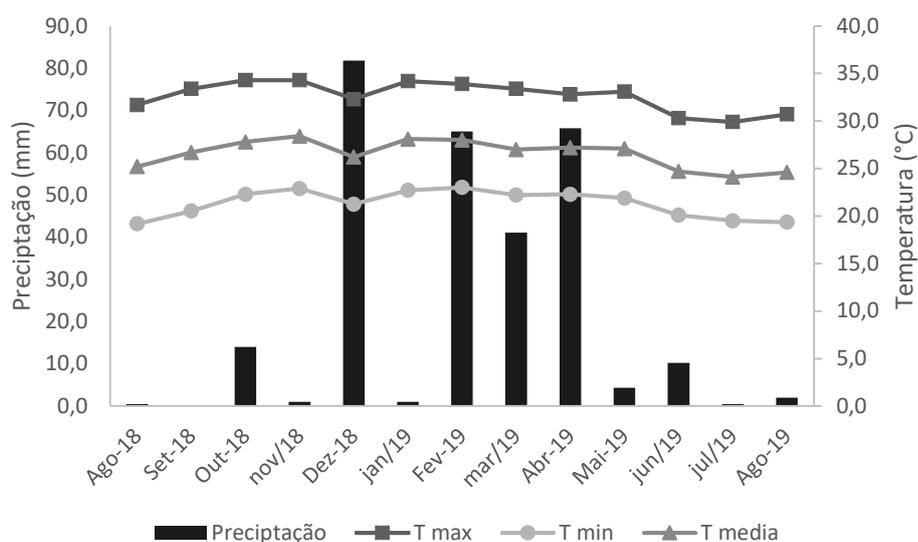


Figura 1. Temperaturas máxima, média e mínima do ar, e precipitação pluviométrica registrada durante a condução do experimento. Petrolina-PE

O experimento foi conduzido entre os meses de agosto de 2018 a agosto de 2019. As plantas selecionadas foram de área de transplante de primeira safra, ou seja, estavam plantadas e produzindo em outra fazenda do grupo e então foram levadas à Fazenda Frutavi I e plantadas, onde foi conduzida a primeira safra com o experimento instalado. O espaçamento de plantio foi de 7,0 m x 2,0 m, com sistema

de irrigação via microaspersor, com vazão de 63 L h^{-1} e um microaspersor por planta. Todas as práticas culturais seguiram as Normas Técnicas da Produção Integrada de Manga, como poda, manejo nutricional via fertirrigação, combate ao ataque de pragas e doenças, controle de plantas invasoras e ponto de colheita para a exportação (Lopes et al., 2003).

As áreas foram podadas na segunda quinzena de setembro de 2018, seguido da aplicação de paclobutrazol (PBZ) após dois meses ($20 \text{ mL planta}^{-1}$ do produto comercial Cultar 250 SC[®], dividido em quatro quadrantes da projeção da copa da planta) e as induções iniciaram na segunda quinzena de março de 2019, com aplicação de nitrato de cálcio (2%) e nitrato de potássio (3%). Esse manejo, com a aplicação do PBZ para o controle de produção de giberelina e paralização do desenvolvimento vegetativo, assim como o uso do nitrato de cálcio e nitrato de potássio, seguiram as recomendações de Albuquerque et al. (2002).

Em cada uma das áreas foram fornecidas as seguintes quantidades de nutrientes: 200 kg ha^{-1} de N, 85 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 650 kg ha^{-1} de K_2O , 600 kg ha^{-1} de Ca, $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de B e $5,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Zn. Para tanto, utilizaram-se os fertilizantes sulfato de amônio (20% N e 22% S), sulfato de potássio (50% K e 18% S), cloreto de potássio (53% de K e 47% Cl), sulfato de zinco (35% Zn e 9% S), ácido bórico (17% B), MAP (11% N e 52% P_2O_5).

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na projeção da copa da mangueira, sendo 20 amostras simples em zig-zag para a composição de uma amostra composta na camada de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade, caracterizando-se os atributos químicos do solo (Tabela 1), segundo metodologia de Silva (2009).

Tabela 5. Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento nas camadas de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade.

Descrição	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H + Al	S	CTC	V
		mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³							%	
E1 0-20	6,44	194,45	0,08	8,89	4,10	0,12	0,00	0,27	13,19	13,46	97,99
E1 20-40	6,87	248,66	0,15	9,16	3,48	0,11	0,00	0,25	12,90	13,15	98,10
E2 0-20	6,90	172,37	0,09	8,16	4,80	0,08	0,00	0,29	13,13	13,30	98,72
E2 20-40	6,99	138,24	0,13	8,86	6,20	0,07	0,00	0,25	15,26	15,51	98,39

P, K⁺: extrator: Mehlich (HCl + H₂SO₄); Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺: KCl 1M; SB= soma de bases; V= saturação por bases (%); CTC= capacidade de troca de cátions; respectivamente. E1= área experimental 1; E2= área experimental 2.

Além disso, antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de folhas para determinação dos teores de macro (N, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn e Zn) (Tabela 2), conforme metodologia de Silva (2009).

Tabela 1. Teores foliares de nutrientes das plantas de mangueira das áreas experimentais antes da aplicação dos tratamentos.

Descrição	-----g kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----		
	N	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
E1	11,52	11,25	20,49	5,75	138,03	37,85	64,52
E2	10,98	9,87	15,97	3,93	163,76	24,47	61,93
Quaggio (1996) ^{1/}	12-14	5-10	20-35	2,5-5,0	50-200	50-100	20-40

E1= área experimental 1; E2= área experimental 2. 1/ Teores foliares de macro e micronutrientes adequados para a cultura da mangueira.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições e quatro plantas por parcela. O esquema fatorial se deu com três formulações de produtos à base de Ca (1- CaCl₂.2H₂O, 2- Ca complexado com ácidos orgânicos, 3- Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos) e três formas de aplicação (1- foliar, 2- fertirrigado, 3- foliar+fertirrigado).

As quantidades de Ca supridas nesse experimento foram estabelecidas considerando a dose comercial do produto Ca complexado com ácidos orgânicos no ciclo da cultura, recomendando-se 12 L ha⁻¹, o que é equivalente à 2,1 kg de Ca

durante o ciclo, com isso as demais fontes (Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos e Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tiveram suas doses ajustadas para suprir a mesma quantidade de Ca.

A definição dos tratamentos foi feita considerando as demandas e alterações fisiológicas que ocorrem durante o desenvolvimento de frutos da mangueira, descritas por Silva et al. (2002). Os tratamentos foram aplicados seguindo as respectivas indicações para a cultura da mangueira, sendo 50% da dose recomendada aplicada logo após a poda, dividida em seis aplicações semanais; 20% da dose recomendada aplicada na emissão da panícula, dividida em três aplicações semanais, e 30% da dose recomendada aplicada na fase de crescimento de frutos, dividida em cinco aplicações semanais, períodos de maiores demandas de Ca pela cultura da mangueira (Winston, 2007).

Para fins de determinação de produtividade, foram colhidos apenas os frutos com tamanho mínimo de 12 cm e maturidade fisiológica, definida a partir da coloração da polpa (creme amarela), escala de coloração indicada pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004). A colheita foi realizada manualmente para quantificação de massa de frutos (g); número de frutos planta⁻¹; produção de frutos por planta (g planta⁻¹).

A frequência de incidência de colapso interno, expressa em percentagem (%), foi estimada pela relação entre o número de frutos que apresentavam sintomas de colapso interno e o número de frutos total de cada parcela. Frutos que apresentavam podridões generalizadas não foram considerados nesse cálculo.

Após a colheita, os frutos foram lavados com detergente neutro para a retirada do excesso de caulim e receberam sanitização com solução de hipoclorito de sódio (200 mg L⁻¹). Foram selecionados 12 frutos de cada unidade experimental, sendo agrupados em quatro lotes (com 3 frutos cada). As parcelas foram acondicionadas em BOD's programadas com temperatura de refrigeração para 10,5±1°C. O primeiro lote foi utilizado para a realização das análises físicas e químicas, caracterizando a qualidade dos frutos no tempo inicial de armazenamento. Cada lote de três frutos constituiu uma repetição. Os demais lotes foram submetidos ao armazenamento por 20, 30 e 40 dias sob refrigeração (10,5±1°C) para a avaliação dos atributos de qualidade (peso médio de frutos, diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, pH, teor

de sólidos solúveis totais, acidez total titulável), seguindo a metodologia descrita por IAL (2008).

Logo após serem retirados da BOD, os frutos foram mantidos por cinco dias na condição de vida de prateleira sob $21\pm 1^\circ\text{C}$ e $60\pm 5\%$ de umidade relativa (UR). As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Agroindústria da UNIVASF. As análises dos frutos foram realizadas de acordo com recomendação de IAL (2008), determinando-se as seguintes variáveis: diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) dos frutos, determinados com paquímetro digital (0,01 mm-300 mm, Starret®) e expresso em mm; firmeza da polpa (FP), determinada em penetrômetro manual com ponteira de 8 mm, o resultado foi expresso em N; massa dos frutos, medida com balança de mesa (0,5g) e expressa em g; matéria seca da polpa (MSP) determinado através da secagem da polpa em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C e posterior pesagem até peso constante e o resultado expresso em %; matéria seca da casca (MSC) determinado através da secagem da casca em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65°C e posterior pesagem até peso constante e o resultado expresso em %; sólidos solúveis (SS), determinado por leitura direta em refratômetro ABBE e expresso em $^\circ\text{Brix}$; pH em leitura direta utilizando pHmetro digital, acidez titulável (AT) determinada por titulometria com solução de NaOH 0,1N e indicador fenolftaleína e expressa em g de ácido cítrico $100\text{ g de polpa}^{-1}$; relação SS/AT, obtido por relação direta entre os fatores.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foi realizada a análise conjunta de variância dos dois experimentos através da média de cada parcela referente em ambas as áreas, pelo teste 'F', e, a partir da significância, os tratamentos foram comparados entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas seguiram as recomendações de Banzatto e Kronka (1995) usando o software R, versão 3.5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à participação das bases na CTC, para o solo ter condições adequadas de equilíbrio iônico para a cultura da mangueira, deve possuir no complexo de troca 60 a 70% de Ca, 15 a 20% de Mg e 3 a 5% de K (Lopes, 1984). Como visto na tabela 1, os teores de Ca no solo estavam em quantidade considerada adequadas

antes da aplicação dos tratamentos, tendo uma contribuição para a CTC variando entre 57,12 e 69% de Ca.

O colapso interno é considerado a desordem fisiológica mais importante na cultura da mangueira e pode apresentar sintomas desde o início da maturação, seguindo ao pós-colheita, sendo observado também em frutos após vários dias de colhido (Prado, 2004). Para o presente trabalho, a incidência de colapso interno não apresentou diferença estatística entre os fatores estudados (Tabela 3), onde os valores percentuais médios variaram entre 0,08% e 0,38%. Singh, Ram e Yadava (2013), também não encontraram sintomas de colapso interno no momento da colheita ao estudar diferentes tratamentos de nutrição em um pomar de 25 anos de mangueira 'Dasherari'.

Para a matéria seca da casca (MSC) e matéria seca da polpa (MSP) (Tabela 3), não foi observada diferença estatística entre os tratamentos avaliados, com valores médios de MSC variando entre 20,92 e 21,73% e MSP 11,56 e 11,98% (dados não apresentados). Esses dados corroboram os encontrados por Araújo et al. (2014), que ao estudar mangueiras cultivadas no Acre, observaram um valor de 10,09% de MSP dos frutos. De Mello Vasconcelos et al. (2019) usaram como parâmetro para a avaliação de modelagem de resfriamento de manga 'Tommy Atkins' o valor de variação aceitável de MSP entre 11,02 e 28,85% para os frutos que não passariam por tratamento hidrotérmico antes do armazenamento refrigerado.

Para a variável pH, não houve diferenças estatísticas entre as fontes e formas de aplicação de Ca, apresentando valor médio variando entre 3,59 e 3,67 entre os fatores estudados (Tabela 3). Ao considerar os dias após a colheita (DAC) os valores apresentaram uma variação maior (0 DAC = 2,80; 20 DAC = 3,78; 30 DAC = 3,85 e 40 DAC = 4,07). Os valores de pH estão de acordo com a portaria nº 94, de 30 de agosto de 2016, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), em que o valor padrão mínimo de qualidade para pH é de 3,5. Valores de pH semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2008), que ao caracterizar qualidades físico-químicas de frutos de mangueira 'Tommy Atkins', observaram um valor de 3,39 para o pH no estágio 2 de maturação, mesmo estágio que foi escolhido no momento da colheita do presente trabalho. Os valores de pH também são semelhantes aos encontrados em outros trabalhos, com 'Tommy Atkins', com pH variando de 3,52 a 3,70 (Lucena et al., 2007) e 3,47 a 4,09 (Dutra et al., 2005).

Tabela 2. ANOVA para produção, incidência de colapso interno (IC), matéria seca de casca (MSC), matéria seca de polpa (MSP), diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), massa fresca (MF), perda de peso (PP), firmeza (F), pH, sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), ratio (SS/AT) de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes de cálcio (FC), formas de aplicação (FA) e dias após a colheita (DAC)

Fonte de Variação	Produção	IC	MSC	MSP	DL	DT
	(Kg planta ⁻¹)	------(%)-----			------(mm)-----	
(FC)	3,66 *	0,15 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,73 ^{ns}	0,30 ^{ns}
(FA)	8,37 **	0,25 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,50 ^{ns}
FC x FA	0,001**	0,38 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,90 ^{ns}	7,17 **	1,65 ^{ns}
Média	35,57	0,27	21,42	11,82	115,25	92,80
CV (%)	17,97	145,57	12,04	17,81	3,08	3,81

Tabela 3. Continuação...

Fonte de Variação	MF	PP	F	pH	SS	AT	SS/AT
	(g)	(%)	N		° Brix	(g de ácido cítrico /100 g)	
(FC)	4,45 *	2,63 ^{ns}	4,09 *	2,50 ^{ns}	0,90 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,46 ^{ns}
(FA)	0,38 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,60 ^{ns}
(DAC)	0,58 ^{ns}	251,84 **	2030,68 **	424,63 **	483,94 **	1222,69 **	782,99 **
FC x FA	5,07 **	2,11 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,83 ^{ns}	3,50 **	5,71 **	1,56 ^{ns}
FC x DAC	0,25 ^{ns}	2,72 *	3,95 **	2,05 ^{ns}	0,23 ^{ns}	5,08 **	6,38 **
FA X DAC	0,80 ^{ns}	2,45 ^{ns}	2,17 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,48 ^{ns}	3,78 **	6,08 **
FC X FA X DAC	0,55 ^{ns}	1,94 ^{ns}	2,95 **	1,09 ^{ns}	0,61 ^{ns}	3,85 **	3,26 **
Média	514,31	11,42	84,55	3,63	9,74	0,72	20,22
CV (%)	0,34	15,17	3,39	55,11	27,18	196,86	15,64

A produção variou de 21,51 a 44,42 kg planta⁻¹ (Figura 2A). Para o Ca na forma de CaCl₂.2H₂O, os maiores valores foram observados para aplicação foliar+fertirrigado (44,42 kg planta⁻¹) e aplicação fertirrigado (38,03 kg planta⁻¹), enquanto que para o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos os maiores valores foram para a aplicação foliar (38,34 kg planta⁻¹) e foliar+fertirrigado com média 36,87 kg planta⁻¹. Observa-se que a forma de aplicação foliar+fertirrigado apresentou melhores resultados para todas as fontes estudadas. A adubação foliar apresenta uma resposta mais rápida, uma vez que se aplica diretamente na folha e os nutrientes são absorvidos através dos estômatos. Os nutrientes neste caso vão diretamente para as áreas de maior necessidade, porém tem-se o ponto fraco desse tipo de adubação que se dá pelo seu curto efeito residual. Com isso o uso de aminoácidos, em suspensão com nutrientes, melhora o aproveitamento na absorção e assimilação, uma vez que os aminoácidos são partes componentes das proteínas e de hormônios vegetais (Taiz et al., 2017).

Na adubação fertirrigada, tem-se um efeito residual maior, uma vez que grande parte dos nutrientes são absorvidos através da solução do solo via fluxo de massa (Dromantiene et al., 2013; Barbosa et al., 2016; Marques et al., 2016).

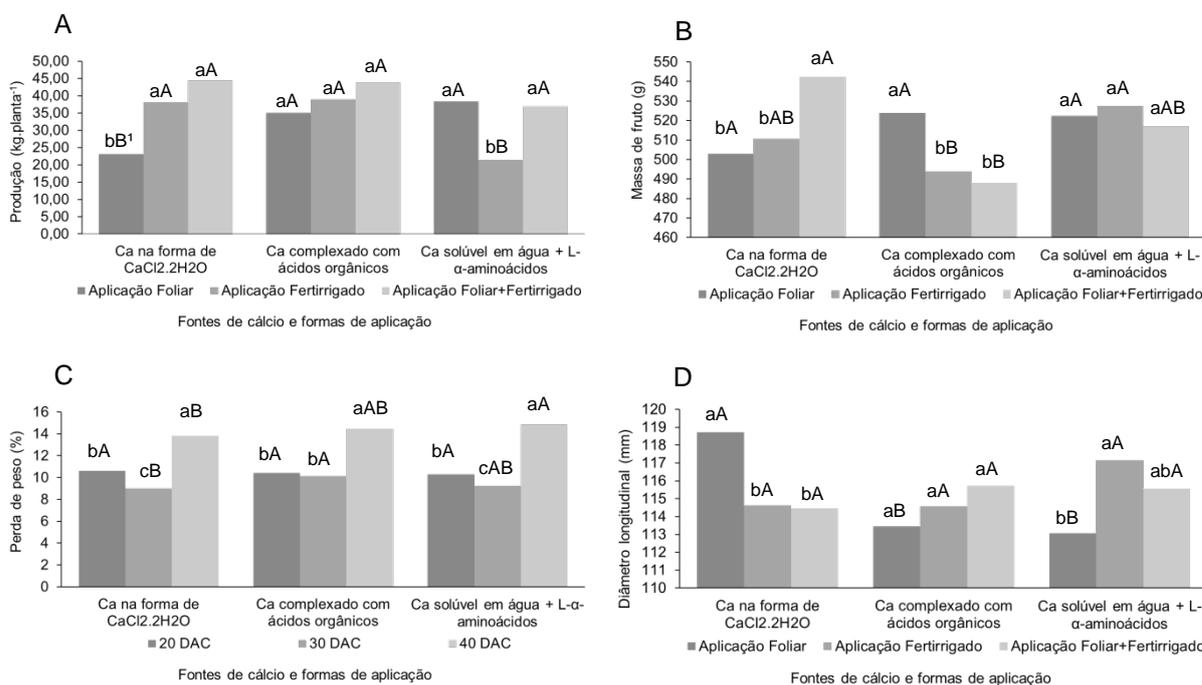


Figura 2. Produção (kg planta^{-1}), massa de fruto (g), perda de peso (%) e diâmetro longitudinal (mm) da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes de cálcio e diferentes formas de aplicação. ¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula dentro de fonte de cálcio e maiúscula entre as diferentes formas de aplicação para a mesma fonte de cálcio, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Já para o Ca complexado com ácidos orgânicos, não houve diferença entre as formas de aplicação, sendo o maior valor encontrado para a aplicação foliar+fertirrigado ($43,89 \text{ kg planta}^{-1}$). Os valores médios de produção por planta foram superiores ao observado por Oliveira et al. (2014), que ao estudarem a influência de diferentes doses de paclobutrazol na produção de mangueira 'Tommy Atkins' em Upanema (RN), encontraram o valor máximo de $23,44 \text{ Kg planta}^{-1}$.

A massa de fruto variou de 488,13 g a 542,40 g, tendo média de 498,80 g (Figura 2B). Para a fonte Ca complexado com ácidos orgânicos, a maior massa de fruto foi observada quando aplicado via foliar ($523,85 \text{ g}$), sendo estatisticamente superior as demais formas de aplicação para a mesma fonte de Ca. Para a fonte de Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ aplicado via foliar+fertirrigado, a massa encontrada foi de $542,40 \text{ g}$, estatisticamente superior às demais formas de aplicação na mesma fonte. Quando aplicado via fertirrigação, o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos

apresentou massa fresca de fruto de 527,40g, estatisticamente igual às demais formas de aplicação para a mesma fonte. O Ca faz parte da parede celular e com isso pode-se entender o efeito do aumento da massa do fruto com a melhor eficiência da absorção do Ca a depender da fonte ou forma de aplicação estudadas.

Segundo a FFV-45 da Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE), onde falam sobre as normas de controle de qualidade de manga para exportação, os frutos de manga devem pesar no mínimo 100 g, seguindo a seguinte classificação: Frutos tipo A (100-350 g), tipo B (351-550 g), tipo C (551-800 g) e tipo D (>800g), sendo os dados do presente trabalho classificados como Frutos tipo B.

Para a de perda de peso (Figura 2C), calculado em percentual a partir da diferença entre o peso inicial (momento da colheita) e o peso final (para cada tempo de armazenamento após a colheita), observa-se uma variação média entre 9,01% e 14,84%. É desejado que se tenha o mínimo de perda possível de matéria fresca até a venda ao consumidor final, uma vez que isso geraria uma diminuição do retorno financeiro para o produtor ou mercado comercializador da fruta. Essa perda de peso pode fazer com que o fruto comece a apresentar uma característica de “fruto murcho”. Considerando o mercado interno, a fruta seria consumida até o primeiro tempo estudado (20 DAC), já para o mercado de exportação, considera-se o tempo de 40 DAC devido todo o processo de envio da fruta para o exterior. Nas condições desse estudo, para os 40 DAC, o Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ apresentou melhor resultado (13,80%), sendo estatisticamente igual ao Ca complexado com ácidos orgânicos (14,49%), ambos apresentando menor perda de peso que o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos (14,84%).

Os valores de diâmetro longitudinal (DL) variaram de 113,07 mm a 118,71 mm (Figura 2D) no tempo zero de avaliação. A aplicação foliar resultou no maior DL (118,71 mm) em relação às demais formas de aplicação de Ca quando utilizado $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Por outro lado, a fertirrigação resultou em maior DL (117,16 mm) em relação à aplicação foliar (113,07 mm) para o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos.

Os valores de DL corroboram os dados de Souza-Costa et al. (2017), que ao estudarem a correlação dos parâmetros físicos de manga ‘Tommy Atkins’, observaram no momento da colheita, valor de DL de 120 mm. Lucena et al. (2007) apontaram valor médio de 110 mm para DL quando caracterizaram as alterações físicas durante o desenvolvimento de mangas ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco. Existe uma

diferença de preferência dos consumidores em relação ao tamanho e formato da manga. Porém o mercado Europeu tem preferência por tamanho médio e formato mais alargado (Araújo; Garcia, 2012). Os valores de DL do presente trabalho estão abaixo das normas do padrão de colheita estabelecidos pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (2004), em que se estabelece valor mínimo de 120,0 mm para DL no momento da colheita do fruto.

De maneira geral, houve uma redução na firmeza das mangas com o passar do tempo (Tabela 4), ou seja, quanto mais tempo o fruto ficou exposto, após a colheita, à temperatura de armazenamento trabalhada, menor foi o valor da firmeza observado, tendo seus valores médios variando entre 14,12 e 21,54 N aos 40 DAC. Aos 20 DAC, para a aplicação foliar, o Ca complexado com ácidos orgânicos apresentou maior valor de firmeza do fruto (107,74 N) em relação às outras fontes de Ca, e para aplicação foliar+fertirrigado, o Ca complexado com ácidos orgânicos e o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos apresentaram maiores valores de firmeza de frutos (99,64 e 97,09 N, respectivamente) quando comparado ao Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (74,58 N).

Souza-Costa et al. (2017) apontaram o valor médio de 153 N para a firmeza de fruto de manga 'Tommy Atkins' no momento da colheita, valor próximo aos observados nesse estudo. Além disso, a firmeza de fruto observada nesse estudo está próxima dos parâmetros recomendados como valor mínimo de firmeza requerido no momento da colheita para a variedade estudada ('Tommy Atkins'), que é 129,45 N (Filgueiras, 2000). Essa redução de firmeza é explicada pelo fato da manga ser um fruto climatérico e colhido quando atinge sua maturidade fisiológica. Com isso, após sua colheita, ocorrem realizações metabólicas como: amaciamento da polpa (redução da firmeza), conversão de amido em açúcares (aumento do teor de sólidos solúveis), mudança da cor da casca, de aroma e de sabor (John; Marchal, 1995). Conseqüentemente, conforme se reduz a firmeza do fruto, menor será o tempo de prateleira que esse fruto suportará até sua deterioração.

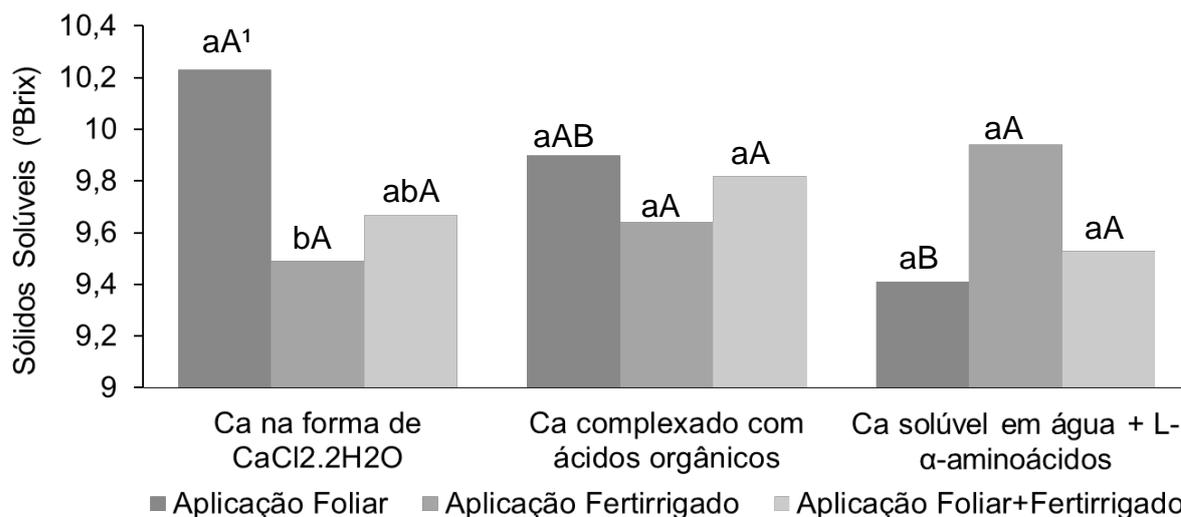
Características de qualidade de fruto são diretamente relacionadas a cada tipo de cultivo e, além disso, fatores exógenos influenciam diretamente características como tamanho, aparência, sabor, textura, aroma, além do próprio valor nutricional do fruto (Aular; Natale, 2013).

Tabela 3. Firmeza de frutos da mangueira 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes de cálcio (FC) e formas de aplicação de cálcio em diferentes dias após a colheita (DAC).

DAC	FC	Aplicação Foliar	Aplicação Fertirrigado	Aplicação Foliar+Fertirrigado
0 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	150,33 Aa ¹	152,32 Aa	145,76 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	153,28 Aa	146,48 Aa	145,53 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	146,65 Aa	149,86 Aa	147,97 Aa
20 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	82,70 Bab	88,23 Aa	74,58 Bb
	Ca complexado com ácidos orgânicos	107,74 Aa	85,47 Ab	99,64 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	92,58 Ba	85,02 Aa	97,09 Aa
30 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	79,41 Aa	74,07 Aa	75,31 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	69,95 Aa	81,65 Aa	74,12 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	81,62 Aa	8258 Aa	67,87 Ab
40 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	14,12 Aa	20,59 Aa	14,24 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	17,35 Aa	16,73 Aa	20,70 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	18,26 Aa	21,54 Aa	18,95 Aa

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores de sólidos solúveis totais (SS) variaram de 9,41 a 10,23 °Brix (Figura 3). Para o Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a aplicação foliar resultou em maior valor de SS (10,23 °Brix), sendo estatisticamente igual à fonte Ca complexado com ácidos orgânicos (9,9 °Brix) e de Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos (9,41 °Brix) na mesma forma de aplicação. Miguel et al. (2015) encontraram variação média entre 12,66 e 13,10 °Brix, ao avaliar frutos de manga 'Tommy Atkins' em Mossoró-RN armazenados sob refrigeração. Já Jeronimo et al. (2007) observaram valores variando entre 6,11 e 8,61 °Brix ao estudar o armazenamento de mangas 'Tommy Atkins' em Cândido Rodrigues-SP. O teor de sólidos solúveis aumentam no fruto durante o seu amadurecimento e esse valor é usado para determinar o correto ponto de colheita e da qualidade para que seja feita a comercialização (Lima, 1997). Esse aumento é decorrente da hidrólise dos açúcares complexos (polissacarídeos) que são transformados em açúcares simples (monossacarídeos) (Kramer, 1973).



Fontes de cálcio e formas de aplicação

Figura 3. Valores de sólidos solúveis totais de frutos de manga 'Tommy Atkins' sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio. ¹Médias seguidas de mesma letra, minúscula dentro de fonte de cálcio e maiúscula entre as diferentes formas de aplicação para a mesma fonte de cálcio, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para acidez total (AT), os valores médios variaram entre 0,25 (0 DAC) e 1,50 (40 DAC) g de ácido cítrico /100 g de polpa (Tabela 5). No tempo de 0 DAC, o Ca na forma de CaCl₂.2H₂O e Ca complexado com ácidos orgânicos apresentaram maiores valores de AT (1,39 e 1,50 g de ácido cítrico /100 g de polpa, respectivamente) quando aplicado via foliar+fertirrigado em relação a aplicação fertirrigada (1,25 e 1,23 g de ácido cítrico /100 g de polpa, respectivamente). Aos 40 DAC, não houve diferenças nos valores de AT entre as fontes e formas de aplicação de Ca.

Tabela 4. Valores de acidez total de frutos da mangueira ‘Tommy Atkins’ sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio

Dias após a colheita	Fonte	Aplicação Foliar	Aplicação Fertirrigado	Aplicação Foliar+Fertirrigado
0 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1,34 Aab ¹	1,25 Ab	1,39 ABa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	1,36 Ab	1,23 Ab	1,50 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	1,42 Aa	1,34 Aab	1,27 Bb
20 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,70 Aa	0,68 Aa	0,52 Bb
	Ca complexado com ácidos orgânicos	0,68 Ab	0,66 Ab	0,90 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	0,75 Aa	0,78 Aa	0,84 Aa
30 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,58 Aa	0,59 Aa	0,49 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	0,39 Bb	0,53 Aa	0,50 Aab
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	0,47 ABa	0,56 Aa	0,54 Aa
40 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,29 Aa	0,27 Aa	0,29 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	0,35 Aa	0,28 Aa	0,29 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	0,31 Aa	0,25 Aa	0,25 Aa

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores de AT diferem dos encontrados por Santos et al. (2009), que observaram valores de 0,84-0,67 g de ácido cítrico /100 g de polpa para frutos de manga da ‘Tommy Atkins’, colhidos no estágio 1 para 2, na cidade de Iaçua/BA, situação na qual estavam os frutos recém colhidos e analisados ao 0 DAC, ou seja, no momento da colheita. Para o estágio 4, momento no qual os frutos foram avaliados aos 40 DAC, os valores de AT corroboram com o de Santos et al. (2009) que observaram 0,27 g de ácido cítrico /100 g. Marques et al. (2016), ao calibrar modelos multivariados para o parâmetro de AT observados na ‘Tommy Atkins’ cultivadas em Juazeiro/BA, utilizaram a variação de valores entre 0,04-1,39 g de ácido cítrico /100 g para a construção da curva de análise, portanto os frutos colhidos no presente trabalho estariam dentro deste intervalo.

Os valores da relação entre sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT) de frutos de manga variaram de 3,92 a 44,20 (Tabela 6). De 0 para 40 DAC, houve um aumento nos valores da relação SS/AT, que é explicado pela redução nos valores de AT (Tabela 4), decorrente do processo transpiratório e da conversão dos ácidos orgânicos em açúcares durante o amadurecimento de frutos em condições de armazenamento (Chitarra; Chitarra, 2005). No tempo 0 DAC, não houve diferenças nos valores de SS/AT entre as fontes e formas de aplicação de Ca avaliadas. Por outro lado, aos 40 DAC, as diferentes fontes e formas de aplicação de Ca alteraram os valores de SS/AT de frutos de manga. O Ca complexado com ácidos orgânicos e Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos apresentaram maiores valores de SS/AT quando aplicado pela fertirrigação e foliar+fertirrigação em relação a aplicação foliar. O Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ apresentou maior valor de SS/AT (40,33) em relação ao Ca complexado com ácidos orgânicos (30,52) e Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos (34,73) quando aplicado via foliar. Já para a aplicação foliar+fertirrigado, o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos apresentou maior valor de SS/AT em relação às demais fontes de Ca avaliadas.

Tabela 5. Valor da relação entre sólidos solúveis e acidez total titulável de frutos da mangueira ‘Tommy Atkins’ sob diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio

DAC	Fonte	Aplicação Foliar	Aplicação Fertirrigado	Aplicação Foliar+Fertirrigado
0 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	4,51 Aa	4,85 Aa	4,19 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	4,30 Aa	4,86 Aa	3,92 Aa
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	4,03 Aa	4,40 Aa	4,65 Aa
20 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	16,82 Aab	15,94 Ab	21,58 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	17,18 Aa	17,13 Aa	13,05 Ba
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	14,29 Aa	15,22 Aa	12,98 Ba
30 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	20,38 Ba	18,09 Aa	22,28 Aa
	Ca complexado com ácidos orgânicos	29,36 Aa	20,26 Ab	22,66 Ab
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	22,99 Ba	20,43 Aa	19,81 Aa
40 DAC	Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40,33 Aa	43,73 Aa	37,75 Ba
	Ca complexado com ácidos orgânicos	30,52 Bb	39,88 Aa	38,17 Ba
	Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos	34,73 Bb	38,27 Aa	44,20 Aa

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O sabor do fruto (polpa) é afetado diretamente pela variação no teor de ácidos orgânicos (acidez total) e concentração de açúcares (sólidos solúveis), com isso, observar a relação desses valores traz uma ideia de como o fruto se apresenta para o consumo (Lima et al., 1997).

Os valores de SS/AT do presente trabalho são inferiores aos observados por Santos et al. (2009) que, ao estudarem a caracterização físico-química dos estádios de maturação da manga ‘Tommy Atkins’ no município de Iaçua/BA, encontraram valores variando entre 8,86 e 12,31 para os estádios 1 e 2, respectivamente, estádios esses do tempo 0 DAC. A divergência entre os resultados pode ser explicada pelo fato do fruto deste trabalho ter sido colhido em um estágio diferente das amostras de Santos et al. (2009), pois em campo, existe maior dificuldade para a divisão correta dos estágios de maturação. Para os 20 e 30 DAC, os valores de SS/AT foram

semelhantes ao de Santos et al. (2009), que observaram valor médio de 21,15 para a relação SS/AT no estágio de maturação 3. Silva et al. (2008) ao estudarem o efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade de frutos de manga 'Tommy Atkins', observaram valores de 7,48 para o tempo 0, 29,18 para o tempo 20+5, 54,3 para o tempo 30+5 e 43,48 para 40+5, corroborando com os valores do presente estudo.

A fertilização foliar com fontes de Ca que contenham aminoácidos é uma alternativa para a melhor absorção e resposta da aplicação de nutrientes, já que os aminoácidos auxiliam nesse processo, aumentando a produção das plantas (Marques et al., 2016). Já o uso de condicionadores do solo, como ácidos orgânicos, potencializa o desenvolvimento radicular, influenciando no armazenamento de água e nutrientes do solo, aumentando assim a qualidade dos frutos e a produtividade da cultura onde se faz o uso desse tipo de molécula (Cunha et al., 2015; Hidayatullah et al, 2018).

CONCLUSÕES

A produção e a qualidade físico-química dos frutos de mangueira 'Tommy Atkins' são influenciadas pelas diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.

Para a produção, o Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, quando aplicado via fertirrigação e foliar+fertirrigação, o Ca complexado com ácidos orgânicos se aplicado via foliar+fertirrigação e o Ca solúvel em água + L- α -aminoácidos quando aplicado via foliar e foliar+fertirrigado apresentaram melhores resultados.

Para a massa de fruto, o maior valor foi para o Ca na forma de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ quando aplicado via foliar+fertirrigado.

Os atributos de qualidade físico-químicos perda de peso, firmeza e acidez total dos frutos de mangueira não foram influenciados, aos 40 dias após colheita, pelas diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio.

Há necessidade de mais estudos envolvendo mais de um ciclo de produção para se estabelecer um manejo de adubação cálcica para a cultura da mangueira no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ABF - **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017.88p.
- ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart, v. 22, n. 6, p.711-728, 2013.
- ARAÚJO, J. L. P.; GARCIA, J. L. L. Estudo do mercado da manga na União Europeia. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 43, n. 2, p. 189-308, 2012.
- ARAUJO, J. M.; MESQUITA, F. R.; LIMA, M. O.; CRAVEIRO, R. L.; ARAUJO, E. A. Composição centesimal da acerola, manga, carambola e maracujá. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 13, 2014.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 247, 1995.
- BARBOSA, L. F. S.; CALVACANTE, I. H. L.; LIMA, A. M. N. Desordem fisiológica e produtividade de mangueira cv. Palmer associada à nutrição de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 001-009, 2016.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheitas de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 2005. 320p.
- CONN, S.J.; ET AL. Cell-specific vacuolar calcium storage mediated by CAX1 regulates apoplastic calcium concentration, gas exchange, and plant productivity in Arabidopsis. **Plant Cell**, v. 23, p. 240–257, 2011.
- CUNHA, M. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; MANCIN, A. C., ALBANO, F. G.; MARQUES, A. S. Impact of humic substances and nitrogen fertilising on the fruit quality and yield of custard apple. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 2, p. 211-218, 2015.
- CYBULSKA, J.; ZDUNEK, A.; KONSTANKIEWICZ, K. Calcium effect on mechanical properties of model cell walls and apple tissue. **J. Food Eng.** 102, 217–223 p. 2001.
- DE MELLO-VASCONCELOS, O. C.; DUARTE, D.; SILVA, J. C.; MESA, N. F. O.; MEDEROS, B. J. T.; DE FREITAS, S. T. Modeling 'Tommy Atkins' mango cooling time based on fruit physicochemical quality. **Scientia Horticulturae**, v. 244. p. 413-420. 2019.
- DROMANTIENE, R.; PRANCKIETIENE, I.; SIDLAUSKAS, G.; PRANCKIETIS, V. Changes in technological properties of common wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by amino acid fertilizers. **Zemdirbyste-Agriculture**, v. 100, n. 1, p. 57-62, 2013.

DUTRA, P. R. S. et al. Indicadores bioquímicos do desenvolvimento de manga Tommy Atkins produzidas no vale do São Francisco. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS**, 1., 2005, João Pessoa. Anais...

FILGUEIRAS, H. A. C. Colheita e manuseio pós-colheita. In: FILGUEIRAS, H.A.C; CUNHA, A. (Org). **Frutas do Brasil: Manga Pós-colheita**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 22-25, 2000.

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

GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C de A. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.

HIDAYATULLAH, A. K.; MOULADAD, M.; NISAR, A.; SYED, A. S. Effect of humic acid on fruit yield attributes, yield and leaf nutrient accumulation of apple trees under calcareous soil. **Indian Journal of Science and Technology**, Adyar, v. 11, n. 15, 2018.

HOCKING, B.; TYERMAN, S. D.; BURTON, R. A.; GILLIHAM, M. Fruit Calcium: Transport and Physiology. **Front. Plant Sci.**, v. 7, p. 569, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Produção Agrícola Municipal, 2018**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JERONIMO, E. M.; BRUNINI, M. A.; ARRUDA, M. C.; CRUZ, J. C. S.; FISCHER, I. H.; GAVA, G. J. C. Conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 417-426, 2007.

JOHN, P.; MARCHAL, J. Ripening and biochemistry of the fruit. In: Gowen S. (eds) Bananas and Plantains, **World Crop Series**. Springer, Dordrecht, p. 434-467, 1995.

KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: TWIGG, B.A. **Quality control for food industry**. Connecticut: AVI Publishing., v. 2, p. 157-227, 1973.

LIMA, L. C. O. **Bioquímica das transformações de manga 'Tommy Atkins' na ocorrência de colapso interno tipo 'spongy tissue'**. 147p. Tese. Doutorado em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG. 1997.

LOPES, A. S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA, 1, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 1984. p.347-382.

LOPES, P. R. C.; HAJI, F. N. P.; MOREIRA, A. N.; MATTOS, M. D. A. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2003. 72p.

LUCENA, E. M. P.; ASSIS, J. S.; ALVES, R. E.; SILVA, V. C. M.; ENÉAS-FILHO, J. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 29, n. 1, p. 96-101, 2007.

MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T.; PIMENTEL, M. F.; PASQUINI, C. Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the 'Tommy Atkins' mango using a novel handheld near infrared spectrometer. **Food Chem.** 197. 2016.

MARSCHNER'S, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. Washington: Academic Press. 906 p. 2012.

MIGUEL, L. C. O.; LIMA, R. K. B.; SANTOS, E. C.; FERREIRA, L. L.; SILVA, F. S. O.; OLIVEIRA, N. P. S.; SILVA, V. L. F.; SILVA, T. T. F. Qualidade química e físico-química de mangas após armazenada sobre refrigeração. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 3, p. 01-07. 2015.

OLIVEIRA, H. T. B.; PEREIRA, E. C.; MENDONÇA, V.; SILVA, R. M.; LEITE, G. A.; DANTAS, L. L. G. R. Produção e qualidade de frutos de mangueira 'Tommy Atkins' sob doses de paclobutrazol. **Agropecuária Científica no semiárido**, v. 10, n. 3, p. 89-92, 2014.

PRADO, R. M. Nutrição e desordens fisiológicas na cultura da manga. In: ROZANE, D. E.; DAREZZO, R. J.; AGUIAR, R. L.; AGUILERA, G. H. A.; ZAMBOLIM, L. **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.199-232. 2004.

PROGRAMA BRASILEIRO DE MODERNIZAÇÃO HORTICULTURA. **Classificação de padrões de manga**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura, CEAGESP, 2004. 6 p.

QUAGGIO, J. A. Adubação e calagem para a mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSE, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS, J. M.; MORAIS, O. M. (Ed.). **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1996. p. 106-135.

SANTOS, D. B.; PEREIRA, M. E. C.; VIEIRA, E. L.; LIMA, M. A. Caracterização físico-química dos estádios de maturação da manga. **Magistra**, v. 20, n. 4), p. 342–348. 2008.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6. ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2013. 98p.

SARAN, P. L.; KUMAR, R.; ERCISLI, S.; CHOUDHARY, R. Fruit cracking in mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Dashehari'. **Erwerbs-Obstbau**, v. 57, n. 2, p. 93-96, 2015.

SCRASE-FIELD, S.A.M.G., KNIGHT, M.R. Calcium: just a chemical switch? *Current Opinion in Plant Biology*, v. 6, p. 500-506, 2003.

SHIVASHANKAR, S. Physiological disorders of mango fruit. *Horticultural Reviews*, v. 42, p. 313-347, 2014.

SINGH, D.K.; RAM, R.B.; YADAVA, L.P. Pre-harvest Treatment of Ca, K, and B Reduces Softening of Tissue in 'Dashehari' Mango, *International Journal of Fruit Science*, v. 13, n. 3, p. 299-311, 2013.

SILVA, A. V. C. da; MENEZES, J. B. de. Qualidade de manga 'Tommy Atkins' submetida a aplicação pré-colheita de cloreto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 86-90, 2001.

SILVA, D. J.; CHOUDHURY, M. M.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F. Efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade e no teor de nutrientes de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal/SP, v. 30, n. 1, p. 74-78, 2008.

SILVA, D. J.; QUAGGIO, J. A.; PINTO, P. A. C.; PINTO, A. C. de Q.; MAGALHÃES, A. F. J. Nutrição e Adubação. In: GENUÍ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. **A Cultura da Mangueira**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 452p.

SILVA, F. C. (ed.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SOUZA, F. V.; RIBEIRO, D. P.; NATALE, W.; PACHECO, D. D.; ANTUNES, P. D.; PINHO, D. B. Curva de crescimento e extração de macronutrientes por frutos de mangueira Haden, Palmer e Tommy Atkins. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 2007, Gramado. Conquistas & desafios da ciência do solo brasileira. Viçosa: SBCS/UFRS, 2007.

SOUZA-COSTA, J.D.; ALMEIDA, F.A.C.; FIGUEIREDO NETO, A.; CAVALCANTE, I.H.L. Physical and mechanical parameters correlated to the ripening of mangoes (*Mangifera indica* L.) cv. 'Tommy Atkins'. **Acta Agron.** V 66 (2). p. 186-192. 2017

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 858p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fontes especiais de cálcio, como ácidos orgânicos e aminoácidos, apresentam respostas distintas em relação à forma de aplicação, influenciando diferentemente em vários parâmetros de qualidade e nutricional da mangueira 'Tommy Atkins'.

Apesar do padrão estocástico de resposta em relação às diferentes fontes e formas de aplicação de cálcio, os resultados mostram que possa ser interessante a interação dos diferentes fatores estudados para que se tenha um melhor incremento de qualidade dos frutos de manga.

O uso de fontes de cálcio complexado com ácidos orgânicos e/ou cálcio solúvel em água com L-aminoácidos podem ser recomendadas para mangueira 'Tommy Atkins' cultivadas no Vale do Submédio São Francisco.