

APLICAÇÃO DE CLORETO DE CÁLCIO E REVESTIMENTO ATIVO  
DE AMIDO DE MANDIOCA COM EXTRATO DE *Momordica charantia*  
L. PARA CONTROLE DE FUNGOS DURANTE ARMAZENAMENTO  
DE MAMÃO

**ISAMARA REIS GOMES**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
OUTUBRO – 2020

APLICAÇÃO DE CLORETO DE CÁLCIO E REVESTIMENTO ATIVO  
DE AMIDO DE MANDIOCA COM EXTRATO DE *Momordica charantia*  
L. PARA CONTROLE DE FUNGOS DURANTE ARMAZENAMENTO  
DE MAMÃO

**ISAMARA REIS GOMES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Produção Vegetal”.

**Orientador: Prof. Dr. Eder Dutra de Resende**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

OUTUBRO – 2020

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

G633 Gomes, Isamara Reis.

APLICAÇÃO DE CLORETO DE CÁLCIO E REVESTIMENTO ATIVO DE AMIDO DE MANDIOCA COM EXTRATO DE *Momordica charantia* L. PARA CONTROLE DE FUNGOS DURANTE ARMAZENAMENTO DE MAMÃO / Isamara Reis Gomes. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

107 f. : il.

Bibliografia: 82 - 107.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.  
Orientador: Eder Dutra de Resende.

1. *Carica papaya*. 2. *Momordica charantia* L.. 3. revestimento ativo. 4. armazenamento de mamão. 5. controle de fungos. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

APLICAÇÃO DE CLORETO DE CÁLCIO E REVESTIMENTO ATIVO DE AMIDO DE MANDIOCA COM EXTRATO DE *Momordica charantia* L. PARA CONTROLE DE FUNGOS DURANTE ARMAZENAMENTO DE MAMÃO

**ISAMARA REIS GOMES**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Produção Vegetal”.

Aprovado em: 26/10/2020

Comissão examinadora:

---

Prof. Nayara Cantarino Barbosa (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Rogerio Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Nathália Ramos de Melo (D.Sc., Ciência e Tecnologia de Alimentos) – UFF

---

Prof. Eder Dutra de Resende (D.Sc., Engenharia Química) – UENF  
(Orientador)

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me carregado no colo em cada instante da minha vida, e a minha mãe e meu irmão por serem minha base!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter permitido que eu vivesse esse sonho, pela proteção e pelo seu amor Ágape comigo, em todos os dias de minha vida!

Agradeço a minha amada mãe, Maria, por sempre me incentivar na busca pelos meus sonhos, pelas orações e apoio. Ao meu irmão, Romário, por sempre ser companheiro! Agradeço ao meu pai, que mesmo não estando mais ao meu lado, sempre me incentivou para que pudesse estudar e correr atrás dos meus sonhos!

Ao meu esposo Jorge Luiz, pela paciência comigo, pelo apoio e companheirismo durante toda esta etapa da minha vida!

Ao meu avô Onofre e minha avó Andrelina, a tia Filomena, tia Luzia todos os tios e primos pela oração e pelo apoio!

Aos meus amigos e colegas de laboratório pelo incentivo, em especial aos amigos que a UENF proporcionou: Ana Carolina Loreti, Bianca do Carmo e Daniele Pereira Amaral.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos!

À UENF pela oportunidade!

Ao meu professor Eder Dutra de Resende, agradeço pela confiança, pelos ensinamentos e pela oportunidade!

A todos os professores do LTA/UENF que muito contribuíram com meu trabalho!

Aos técnicos de laboratório do LTA/UENF pela ajuda e parceria!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS .....	6
2.1 Objetivo Geral .....	6
2.2 Objetivos Específicos .....	6
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	8
3.1 Aspectos gerais da cultura do mamão .....	8
3.2 Perdas pós-colheita e doenças do mamoeiro .....	11
3.2.1 Colletotrichum gloesporioides e a antracnose .....	12
3.3 Uso de cálcio e tratamento hidrotérmico em frutos .....	14
3.4 Uso de revestimento ativo em frutos .....	18
3.4.1 Revestimento a base de amido de mandioca .....	21
3.5 Melão-de-São-Caetano - <i>Momordica charantia</i> L. ....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	27

4.1	Experimento I: Estudo da migração de cálcio em frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico sob diferentes condições de temperaturas e concentrações de CaCl <sub>2</sub> .....	27
4.1.1	Matéria-prima .....	27
4.1.2	Aplicação do cloreto de cálcio nos frutos de mamão .....	28
4.1.3	Determinação de cálcio nas diferentes partes do fruto .....	30
4.2	Experimento II: Efeito do tratamento de cálcio na alteração de firmeza dos mamões.....	33
4.2.1	Matéria-prima .....	33
4.2.2	Aplicação do cloreto de cálcio nos frutos de mamão .....	34
4.2.3	Determinação da firmeza dos frutos.....	35
4.3	Experimento III: Determinação da concentração mínima inibitória (CMI) in vitro do revestimento ativo contendo extrato de <i>Mormodica charantia L.</i> para controle do crescimento do fungo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	36
4.3.1	Isolamento e identificação do fungo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	36
4.3.2	Preparo do revestimento de amido e incorporação do extrato de <i>Momordica charantia L.</i> .....	38
4.3.3	Teste in vitro para definição da Concentração Mínima Inibitória (CMI).....	40
4.4	Experimento IV: Aplicação do revestimento ativo contendo o extrato de <i>Momordica charantia L.</i> no controle do crescimento de fungos durante o armazenamento dos mamões.....	41
4.4.1	Preparo do revestimento de amido e incorporação do extrato de <i>Momordica charantia L.</i> .....	41
4.4.2	Avaliação <i>in vivo</i> do efeito do revestimento ativo associado com tratamento hidrotérmico com cálcio para preservação da qualidade e controle do crescimento de fungos durante o armazenamento de mamões.....	43
4.4.2.1	Análise de perda de massa.....	45

4.4.2.2	Análise de cor da casca dos frutos.....	46
4.4.2.3	Determinação da presença de fungos nos frutos .....	47
4.5	Análise estatística .....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
5.1	Experimento I: Estudo da migração de cálcio em frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico sob diferentes condições de temperaturas e concentrações de CaCl <sub>2</sub> .....	49
5.2	Experimento II: Efeito do tratamento de cálcio na alteração de firmeza dos mamões.....	62
5.3	Teste <i>in vitro</i> para definição da Concentração Mínima Inibitória (CMI) ...	66
	Tratamento média das áreas (cm <sup>2</sup> ).....	70
5.4	Experimento IV: Avaliação <i>in vivo</i> do efeito do revestimento ativo associado com tratamento hidrotérmico com cálcio para preservação da qualidade e controle do crescimento de fungos, durante o armazenamento de mamões .....	70
5.4.1	Análise de perda de massa .....	70
5.4.2	Análise de cor da casca dos frutos.....	73
5.4.3	Determinação do crescimento de fungos durante o armazenamento dos frutos .....	76
6	RESUMO E CONCLUSÕES .....	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81

## RESUMO

Gomes, Isamara Reis. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Outubro de 2020. Aplicação de cloreto de cálcio e revestimento ativo de amido de mandioca com extrato de *Momordica charantia* L. para controle de fungos durante armazenamento de mamão. Orientador: Prof. Eder Dutra de Resende;

O mamão é um fruto climatérico que apresenta grandes problemas com fitopatógenos e elevadas perdas pós-colheita. Os frutos apresentam uma boa conservação quando mantidos sob refrigeração e sob condições de atmosfera modificada ou controlada, entretanto, essas tecnologias não impedem o desenvolvimento dos fungos durante o armazenamento. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a aplicação de cálcio em combinação com revestimento ativo à base de amido de mandioca, incorporado com extrato de *Momordica charantia* L., para controle do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, que causa a antracnose nos frutos durante o armazenamento do mamão. Os frutos foram inicialmente submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho de cloreto de cálcio nas concentrações de 0,5%, 1,0% e 1,5%, nos tempos de 15, 30 e 45 minutos, nas temperaturas de 28 °C, 38 °C e 48 °C, respectivamente, utilizando um tratamento controle com frutos sanitizados e sem tratamento de cálcio. Os frutos foram avaliados quanto à migração de cálcio e firmeza em três partes: casca, polpa externa e polpa interna, para definir as condições de concentração, além de temperatura e tempo de imersão, que possibilitam uma

boa impregnação de cálcio no fruto. Posteriormente foram realizados os testes “*in vitro*” para determinação da concentração de extrato para inibição do crescimento micelial do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. O revestimento foi preparado à base de amido de mandioca incorporado com extrato aquoso de folhas de *Momordica charantia L.*, nas concentrações de 0%, 0,143%, 0,286%, 0,572%, 0,858%, 1,144%, 1,430%, 1,716%, 2,002% e 2,288% de massa seca do extrato, no revestimento de amido a 6%. O revestimento contendo a concentração que inibe o crescimento micelial (1,174%) foi utilizado no teste “*in vivo*” para o controle de crescimento de fungos em mamões, juntamente com o banho hidrotérmico de cálcio a 1%, com temperatura de 48 °C, por 15 minutos. Foram avaliadas: concentração de inibição do crescimento de fungos *in vitro*, área de crescimento fúngico *in vivo*, coloração da casca, e perda de massa dos frutos armazenados em temperatura ambiente por 10 dias. Todas as análises foram conduzidas utilizando-se o programa estatístico SAS, realizando uma análise de variância e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste “t”, a 5% de probabilidade. A aplicação de cálcio tornou as paredes celulares dos tecidos do fruto mais enrijecidas e resistentes ao desenvolvimento dos fungos, ocorrendo migração de cálcio em todas as partes do fruto e aumento da firmeza do tecido. O tratamento com cálcio é eficiente para preservar a qualidade durante o armazenamento de mamões, diminuindo a perda de massa e a incidência de fungos.

**Palavras-chave:** *Carica papaya*, *Momordica charantia L.*, revestimento ativo, armazenamento de mamão, controle de fungos.

## ABSTRACT

Gomes, Isamara Reis. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Outubro de 2020. Aplicação de cloreto de cálcio e revestimento ativo de amido de mandioca com extrato de *Momordica charantia* L. para controle de fungos durante armazenamento de mamão. Orientador: Prof. Eder Dutra de Resende;

Papaya is a climacteric fruit that presents major problems with phytopathogens and post-harvest losses. The fruits present a good conservation when stored under refrigeration and under modified or controlled atmosphere conditions, but these technologies do not prevent the growth of fungi during storage. The present work aims to evaluate the application of calcium in combination with an active coating based on cassava starch incorporated with *Momordica charantia* L. extract to control the fungus *Colletotrichum gloeosporioides* that causes anthracnose in fruits during storage of papaya. The fruits were treated by hydrothermal bath in a calcium chloride solutions of 0.5%, 1.0% and 1.5%, in the periods of 15, 30 and 45 minutes and in the temperatures of 28 °C, 38 °C and 48 °C, using a control treatment with sanitized fruits and without calcium treatment. The fruits were evaluated for the migration of calcium and tissue firmness in three parts of the fruit: peel, external pulp and internal pulp, to define the conditions of concentration, temperature and immersion time that allow a good impregnation of calcium in the fruit. Subsequently, in vitro tests were performed to determine the concentration of extracts that inhibits the mycelial

growth of the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*. The coating was prepared based on cassava starch coating incorporated with aqueous extract of leaves of *Momordica charantia* L. in levels of 0%, 0.143%, 0.286%, 0.572%, 0.858%, 1.144%, 1.430%, 1.716%, 2.002% and 2,288% dry mass of the extract in the 6% starch coating. The coating containing the concentration that inhibits mycelial growth (1.17391%) was used in the "in vivo" test to control the growth of fungi in papayas together with the hydrothermal calcium bath at 1%, with a temperature of 48 °C, for 15 minutes. In vitro fungal growth inhibition, in vivo fungal growth area, peel color and weight loss of fruits stored at room temperature for 10 days were evaluated. All analyzes were conducted using the SAS statistical program, analysis of variance was performed and, significant averages were compared by the "t" test at 5% probability. The application of calcium in higher temperature and concentration made the cell wall of the fruit tissue turn more rigid and resistant to the growth of fungi, allowing the calcium migration in all parts of the fruit and increasing its firmness. The calcium treatment is efficient to maintain the quality during the storage of papayas, decreasing the mass loss and the incidence of fungi.

**Keywords:** *Carica papaya*, *Momordica charantia* L, active coating, storage, fungi control.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o terceiro maior produtor de frutas do mundo, e o segundo maior produtor de mamão, ficando atrás somente da Índia. Suas condições climáticas e sua grande extensão territorial permitem que o país produza grande variedade de frutas (FAO, 2019).

O mamão é uma das frutas produzidas no Brasil que merece destaque devido a sua grande importância socioeconômica para a fruticultura nacional. No ano de 2018 a produção brasileira de mamão foi de 1,06 milhões de toneladas, com uma área colhida de 27.250 hectares (IBGE, 2019). Ele é cultivado em muitos estados brasileiros, mas são nas regiões Sudeste e Nordeste que se encontram instalados os principais polos de produção da fruta no Brasil: Bahia e o Espírito Santo (INCAPER, 2019).

Além de abastecer o mercado interno, o Brasil também exporta uma parte da colheita de mamão. De acordo com o Portal de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (COMEX STAT/MDIC, 2017), o mamão contribuiu com mais de 41 milhões de dólares em exportações para a balança comercial brasileira, sendo os países europeus o destino de aproximadamente 90% das exportações brasileiras de mamão. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no ano de 2019 o Brasil exportou 43,3 mil toneladas de fruto, destacando um recorde dos últimos 20 anos de exportação (CONAB, 2019).

O mamão é um fruto muito consumido, tanto em sua forma *in natura* ou industrializado. Ele apresenta elevado valor nutricional, é rico em açúcares e compostos bioativos, como os carotenoides e a vitamina C, e apresenta sabor e aroma agradáveis pela presença de compostos voláteis. O fruto verde apresenta elevados teores da enzima papaína, empregada nas indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. Da planta também é extraída a carpaína, usado como um ativador cardíaco (Faria et al., 2009).

Dentre as características do mamão, considera-se que este é um fruto climatérico, pois apresenta: alta taxa respiratória; alta produção de etileno; e alterações organolépticas substanciais durante o seu processo de amadurecimento, como mudança de cor, sabor e amolecimento da casca e polpa, o que contribui para uma curta vida dos frutos na prateleira, vulnerabilidade a uma ampla gama de doenças, incluindo a antracnose, e também grandes perdas dos frutos pós-colheita (Castricini, 2005; Pereira et al., 2006; Zhu et al., 2013).

O cultivo do mamão apresenta muitos problemas com fitopatógenos, como pragas e doenças, fatores abióticos como, mancha fisiológica, colapso interno, deficiência de boro, e carpeloidia, que são responsáveis por perdas significativas na produção (Freitas; Soares, 2001).

Dentre as várias doenças que atacam o mamoeiro, a antracnose é considerada uma das mais sérias doenças, por ser responsável pelas principais perdas na qualidade comercial dos frutos, tanto no mercado nacional como internacional. É uma doença provocada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* e pode ocorrer em frutos de qualquer estágio de desenvolvimento, mas apresenta-se com maior frequência nos frutos maduros. Ela se caracteriza por formar uma lesão arredondada e profunda no fruto, deixando-o impróprio para comercialização e para o consumo (Oliveira et al., 2000). A rápida deterioração provocada pela antracnose resulta em menor tempo de vida dos frutos, provocando perda da qualidade e perda econômica (Dantas, 2003).

O cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) tem se mostrado uma alternativa para retardar o aparecimento da antracnose nos frutos, como relatam Ayón-Reyna et al. (2017), ao notarem que o tratamento retardou por 10 dias o aparecimento da doença em frutos de mamão.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a aplicação de cloreto de cálcio em frutos retarda sua maturação e senescência, diminui a respiração e a produção de

etileno, controla distúrbios fisiológicos, e ainda atua de forma benéfica na conservação dos frutos.

Entre as diferentes funções do cálcio, este elemento é essencial para as paredes celulares e a estrutura da planta, mantém a estrutura do tecido vegetal e garante a coesão das células (El Habbasha et al., 2015). A aplicação de cálcio no fruto resulta em: preservação da textura e firmeza, retarda a senescência, reduz a taxa respiratória e a produção de etileno, e aumenta o teor de cálcio na polpa (Poovaiah, 1986).

Os frutos sofrem amaciamento e modificações de polissacarídeos da parede celular durante seu amadurecimento. O cálcio liga-se covalentemente às pectinas, dando origem ao pectato de cálcio, dificultando o acesso e a ação de enzimas pectinolíticas (pectinametilesterase e poligalacturonase) produzidas pelo fruto, retardando assim, o amaciamento do fruto, e das enzimas produzidas pelos fungos e bactérias que causam deterioração (Yamamoto et al., 2011).

Brito et al. (2008) estabeleceram que o tratamento térmico com as melhores combinações de tempo e temperatura, de acordo com cada espécie, tem se mostrado eficiente para o controle de pragas e doenças, garantindo as condições físicas e químicas nos frutos, sem causar distúrbios fisiológicos.

O uso do tratamento hidrotérmico, associado com cloreto de cálcio, em goiabas (Xisto et al., 2014), maracujá amarelo (Venâncio et al., 2013), kiwi (Shahkoomahally et al., 2013), jabuticabas (Mota et al., 2012;), abacaxi (Gonçalves et al., 2000), melancias (Miguel et al., 2007) e manga (Freire et al., 1999), ajudaram na conservação, mantiveram a integridade da membrana celular, retardaram o amolecimento e mantiveram a firmeza do fruto.

O  $\text{CaCl}_2$ , usado como a fonte de cálcio em tratamento pós-colheita de frutos de mamão, possibilita que o teor de cálcio na casca e na polpa da fruta, aumente significativamente em níveis mais elevados (Madani et al., 2016).

Silva et al. (2015), em seus estudos com uso de cloreto de cálcio em mamão UENF/CALIMAN 01, observaram que o  $\text{CaCl}_2$  melhorou a manutenção da firmeza do fruto e do mesocarpo, e retardou a mudança de cor da casca, o que pode favorecer sua comercialização em mercados mais distantes

Diante do quadro de doenças e perdas pós-colheita de frutos, o uso de revestimento ativo é uma estratégia de conservação utilizada em diversos frutos, como: maçã (Pilon et al., 2013; Moldão-Martins et al., 2003), mamão (Castricini

et al., 2012; Dotto et al., 2008), abacaxi (Azarakhsh et al., 2012; Bierhals et al., 2011), morango (Garcia et al., 2012), goiaba (Soares et al., 2011; McGuire e Hallman, 1995), banana (Bico et al., 2009; Malmiri et al., 2011) e manga (Scanavaca Jr. et al., 2007; Chien et al., 2007), com intuito de prolongar o tempo de armazenamento dos frutos .

Uma característica importante dos revestimentos comestíveis é que também podem ser usados como veículo para a incorporação de ingredientes funcionais, tais como antioxidantes, compostos aromáticos, agentes antimicrobianos e nutracêuticos (Moradi et al., 2012).

O extrato de folhas de *Momordica charanti* L. vem sendo usado como um potencial agente antimicrobiano contra diversos patógenos, devido a sua composição rica em alcalóides, flavonóides, saponinas, taninos, glicosídeos e esteroides, considerados compostos biologicamente ativos e que exercem atividades antimicrobianas, que permitem que a planta possa ser usada como uma fonte potencial para o desenvolvimento de um agente antimicrobiano eficaz (Mada et al., 2013). Segundo Leelaprakash et al. (2011), a presença de compostos fenólicos, taninos, flavonóides e saponinas são responsáveis pela atividade antifúngica da planta.

Os extratos obtidos de folhas de *Momordica charantia* L. têm potencial de uso em formulações visando à inibição da formação de biofilmes bacterianos (Voidaleski et al., 2015). Celoto et al. (2008) identificaram que o extrato aquoso de *M. charantia* L. garante uma percentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* acima de 90%.

Os extratos aquosos e etanólicos de *M. charantia* L. apresentam baixos valores de concentração mínima inibitória (CMI) e concentração mínima bactericida (CMB), que são muito importantes para avaliação da atividade antimicrobiana, mostrando que essa pode ser uma alternativa usada como uma fonte potencial para o desenvolvimento de um agente antimicrobiano eficaz (Mada et al., 2013).

Venturosos et al. (2011) identificaram em seus estudos com extratos vegetais que possuíam inibição de fitopatógenos, que o extrato de *M. charantia* L. é eficiente para inibir o crescimento do fungo *C. gloeosporioides*.

Segundo Silva et al. (2011), o extrato de folhas de melão-de-São-Caetano é uma alternativa para o tratamento da antracnose, provocada pelo fungo

*Colletotrichum gloesporioides*, que também garante a preservação do meio ambiente e a saúde do consumidor, bem como a diminuição do uso de fungicidas convencionais do mercado, o que vai de encontro com os trabalhos de Celoto et al., (2011) e Silva et al., (2011) que também identificaram que o extrato de *Momordica charanti* L. é eficiente para a inibição da antracnose.

O Brasil é um grande consumidor de defensivos agrícolas que provocam desequilíbrios ambientais, e contaminação de alimentos, animais e reservas hídricas, o que resulta em redução na qualidade e na expectativa de vida da população (Fonseca et al., 2015). Portanto, buscar alternativas de manejo e controle de doenças de plantas que sejam sustentáveis é uma medida importante a ser tomada (Fragoso et al., 2002).

Este trabalho propõe o estudo de uma tecnologia sustentável para aumentar o tempo de armazenamento dos mamões, sem agressão ao meio ambiente e sem colocar em risco a saúde do trabalhador. Neste sentido, tem como objetivo estudar a tecnologia de aplicação de banho hidrotérmico de cloreto de cálcio, associado com uso de revestimento de fécula de mandioca contendo extrato aquoso de *M. charantia* L., para preservar a qualidade e aumentar o tempo de armazenamento dos frutos.

Em trabalho prévio desenvolvido por Barbosa (2017), verificou-se que o banho de imersão dos mamões Golden em solução de cloreto de cálcio, em condições de temperatura ambiente, requer o tempo de imersão acima de 60 minutos para se conseguir um efeito significativa de impregnação de cálcio e aumento de firmeza, na parte mais interna da polpa. No entanto, este tempo de imersão é muito grande para ser utilizado no cotidiano das casas de embalagens de empresas que exportam os mamões. Destaca-se que algumas empresas exportadoras utilizam banho hidrotérmico para controle de mosca das frutas que é exigido pelo mercado externo.

Desta forma, este trabalho investiga também o efeito de aumento da temperatura para encurtar o tempo de impregnação de cálcio na polpa, e assegurar o efeito benéfico de aumento de firmeza e preservação da qualidade durante o armazenamento dos frutos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Estudar a aplicação de banho hidrotérmico de cloreto de cálcio, associado com uso de revestimento de fécula de mandioca contendo extrato aquoso de *M. charantia L.*, para preservar a qualidade e aumentar o tempo de armazenamento de mamão.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Medir concentração de cálcio na casca e em duas posições da polpa (parte mais externa e parte mais interna);
- Estudar a cinética de migração do cálcio na casca e nas polpas do mamão em função da concentração de cálcio (0,5%, 1,0% e 1,5%), temperatura (28 °C, 38 °C, 48 °C.) e do tempo de imersão dos frutos (15 min., 30 min. e 45 min.);
- Estudar a firmeza da casca, polpa externa e polpa interna de frutos de mamões submetidas a diferentes concentrações de cálcio (0,5%, 1,0% e

1,5%), com temperatura de 48 °C e tempo de imersão de 15 minutos, após 10 dias de armazenamento em temperatura ambiente.

- Ajustar as condições de obtenção do extrato aquoso das folhas de melão-de-São-Caetano;
- Desenvolver o revestimento ativo de amido de mandioca incorporado com diferentes concentrações de massa seca do extrato aquoso do melão-de-São-Caetano;
- Realizar o estudo *in vitro* para testar o efeito dos revestimentos ativos contendo diferentes concentrações do extrato para o controle do crescimento micelial do fungo *Colletotrichum gloeosporioide*;
- Avaliar a Concentração Mínima Inibitória (CMI) de *Mormodica charantia L.* para controle do crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides*.
- Realizar o estudo *in vivo* para avaliar a aplicação de cálcio em associação com o revestimento ativo para o controle do crescimento de fungos, durante o armazenamento dos mamões em condições de temperatura ambiente.
- Avaliar a perda de massa, a coloração dos frutos e a área de crescimento fúngico de mamões submetidos ao banho de cálcio e ao tratamento com revestimento ativo com extrato de *Momordica charantia L.*, durante o armazenamento dos mamões sob condições de temperatura ambiente.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Aspectos gerais da cultura do mamão

Segundo a classificação botânica, o mamoeiro pertence ao Reino Vegetal, divisão *Embryophyta siphonogama*, subdivisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledonae*, subclasse *Archichlamydae*, ordem *Violales*, subordem *Caricineae*, família *Caricaceae* e gênero *Carica*, espécie *Carica papaya L.* (Manica; Martins; Ventura, 2006).

O mamoeiro cultivado comercialmente (*Carica papaya L.*) foi descoberto pelos espanhóis na região compreendida entre o sul do México e o norte da Nicarágua, pertence à família *Caricaceae*, é dividida em seis gêneros, com 35 espécies. Os gêneros *Jacaratia* (sete espécies) e *Vasconcella* (21 espécies) são originários da América do Sul; o gênero *Carica*, da América Central, ao Noroeste da América do Sul (uma espécie); o *Jarilla*, do México (três espécies) e da Guatemala; o *Horovitzia*, do México (uma espécie); e o *Cylicomorpha*, da África (duas espécies). A espécie mais importante, *Carica papaya L.*, possui sua maior diversidade no México e na vertente oriental dos Andes, ou, mais precisamente, na Bacia Amazônica Superior, o que caracteriza o mamoeiro como planta tipicamente tropical (Faria et al., 2009).

As variedades de mamoeiro mais cultivadas comercialmente pertencem aos grupos Solo e Formosa. O grupo Solo é amplamente utilizado no mundo. No

Brasil, o predomínio é de duas variedades do Solo: a Sunrise Solo e a Golden (Faria et al., 2009).

O tempo de vida da planta varia de 14 a 20 anos, no entanto, devido à sua altura e suscetibilidade às doenças, a vida comercial de uma planta de mamão é, normalmente, de 2 a 4 anos. A árvore é caracterizada por um tronco oco, espesso, esponjoso, e é marcado com cicatrizes de folhas caídas, sem a presença de galhos laterais. Já o caule maduro apresenta muitas folhas no ápice. A raiz do mamão é predominantemente um sistema eixo não - fibroso, de cor creme esbranquiçada, quando saudáveis (Jimenez et al., 2014).

Os frutos de mamão são produzidos por polinização cruzada, autopolinização ou partenocarpia (uma forma de reprodução assexuada na qual os frutos podem ser produzidos sem fertilização), dependendo se é dioico (flores masculinas e femininas em plantas separadas) ou ginodioico (com flor hermafrodita e com flor feminina). No Brasil, apenas plantas hermafroditas são cultivadas comercialmente, por possuir formato mais periforme e alongado, garantindo uma polpa mais espessa (Rodríguez - Pastor et al., 1990; Louw 2000).



Figura 1: Tipos de plantas de acordo com o sexo. (a) Fêmea, (b) Hermafrodita, (c) Macho, (d) Macho com presença de frutos deformados.

Fonte: Jiménez et al. (2014).

Os frutos estão prontos para a colheita de cinco a seis meses após a floração, que ocorre de cinco a oito meses após a germinação das sementes, quando maduro o fruto possui uma pele macia e fina, de cor amarelo-laranja (Chay-Prove et al., 2000). Economicamente o mamoeiro é uma planta importante, suas folhas e frutos são complexos, produzindo várias proteínas e alcaloides com importantes substâncias farmacêuticas e aplicações industriais (El Moussaoui et al., 2001).

O fruto de mamão é consumido *in natura* ou industrializado, o que permite aproveitamento integral do fruto, e seu consumo está crescendo devido às suas propriedades nutricionais. O mamão é uma rica fonte de nutrientes antioxidantes, Vitamina B, potássio e magnésio, que são elementos que previnem e melhoram o sistema digestivo, distúrbios e doenças cardíacas (Karunamoorthi et al., 2014).

A polpa do mamão é delicada e saborosa, apresentando características sensoriais (textura, cor e aroma), químicas (baixa acidez e bom equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos) e digestivas, que tornam esta fruta um alimento ideal e saudável para pessoas de todas as idades (Fabi et al., 2010).

De acordo com o padrão respiratório, o mamão é considerado um fruto climatérico (pode amadurecer depois de colhido) que apresenta rápidas transformações após a colheita, no estágio maturo (maturidade fisiológica), como aumento rápido da taxa respiratória e alta produção de etileno. Devido a sua alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida útil após a colheita, visando o mercado interno e exportação de frutas (Castricini, 2010).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), a produção global de mamão atingiu uma estimativa de 13,6 milhões de toneladas. Em termos de distribuição regional, estima-se que 57,6% da produção mundial de mamão é originária da Ásia, 31,5% da América Latina, 10,8% da África e 0,1% da Oceania. Os maiores importadores de mamão são, em primeiro lugar os Estados Unidos da América, com uma participação estimada em volume de 70%, e em segundo, a União Europeia (Altendorf, 2019; Faostat, 2020).

O Brasil possui diferentes condições climáticas e uma grande extensão territorial que permite que o país produza grande variedade de frutas, se destacando como terceiro maior produtor de frutas do mundo, e o segundo maior

produtor de mamão, ficando atrás somente da Índia (FAO, 2020). Em 2018 o Brasil produziu 1,06 milhões de toneladas de mamão, com uma área colhida de 27.250 hectares (IBGE, 2019). O mamão é cultivado praticamente em todos os estados, mas nas regiões Sudeste e Nordeste se encontram instalados os principais polos de produção da fruta no Brasil: Bahia e o Espírito Santo (INCAPER, 2019).

Em 2019 foram exportadas 43,3 mil toneladas de mamão, avanço de 1,5%, volume recorde nos últimos 20 anos (CONAB, 2019). O mamão, além de possuir grande importância econômica, apresenta grande função social, pois o mamoeiro produz durante o ano todo e necessita de renovação periódica das lavouras, o que gera empregos e absorve mão de obra continuamente (Faria et al., 2009).

### 3.2 Perdas pós-colheita e doenças do mamoeiro

As perdas pós-colheita são aquelas que ocorrem desde a colheita, passando pelo transporte de produtos, o armazenamento até a fase de comercialização. No Brasil as perdas pós-colheita apresentam um desperdício de 30% da produção, e ocorrem devido a vários fatores, tais como, colheita e transporte inadequados; ausência de classificação no beneficiamento dos frutos; falta de cadeia de frio; embalagens e falta de tratamentos auxiliares, como o uso de reguladores vegetais que retardam os processos relacionados à maturação e senescência dos frutos em pós-colheita; e a aplicação de fungicidas que evitem doenças pós-colheita (Chitarra e Chitarra, 2005; Val, 2012).

As perdas pós-colheita podem ser divididas em dois grupos: Perdas bióticas, provocadas pela ação direta de bactérias, fungos, insetos, ácaros, pássaros e roedores; e as perdas causadas pelos defeitos abióticos, que são representados principalmente por problemas fisiológicos do fruto, e por machucaduras durante o manuseio pós-colheita do mamão. Algumas infecções secundárias podem aparecer em função do fruto já ter sido danificado primariamente, seja por razões bióticas ou abióticas (Freitas e Soares, 2001).

Os agentes causadores de perdas no mamão provocam diversos danos no fruto como a redução do tamanho, redução do peso, da qualidade nutritiva e,

consequentemente, do valor de venda, devido a sua baixa qualidade (Freitas e Soares, 2001). Estes fatores atrapalham a exportação do mamão, já que o mercado internacional é altamente competitivo e cada vez mais exigente, buscando produtos com elevado padrão de qualidade, e também bastante específico e restritivo em relação aos problemas fitossanitários (INCAPER, 2019).

### 3.2.1 *Colletotrichum gloeosporioides* e a antracnose.

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* é responsável por várias doenças em diferentes frutos, fato que o considera como o oitavo fitopatógeno mais importante do mundo (Ahmads et al., 2017).

O que antes era considerado uma espécie, compreende várias linhagens distintas. O clado boninense (*Colletotrichum boninense*) possui cerca de 18 espécies, enquanto o clado acutatum (*C. acutatum*) agora compreende 31 espécies, e o clado gloeosporioides (*C. gloeosporioides*) apresenta mais de 22 espécies (Ahmads et al., 2017).

*Colletotrichum gloeosporioides* apresenta grande diversidade, podendo apresentar características morfológicas diferentes, o que pode ser explicado pelas diferentes condições climáticas encontradas em diferentes regiões. Fato este identificado por Torres et al. (2012), que determinaram a diversidade genética de espécies de *Colletotrichum* causadoras de antracnose de frutos de mamão no México, e identificaram duas espécies: *Colletotrichum gloeosporioides* e *Colletotrichum capsici* com características que as distribuíam em nove grupos diferentes.

O *C. gloeosporioides* apresentou seis diferentes grupos, com características morfológicas de conídios em comum (conídios cilíndricos, com as duas extremidades arredondadas, medindo 13,56 a 14,24 µm de comprimento e largura de 4,0 a 4,02 µm), apresentando colônias de coloração branca (isolados 1,2,3 e 4) com presença de conídios alaranjados, colônias de coloração cinza ou preto (isolados 5 e 6) com presença de conídios de cor cinza no grupo 6. (Figura 2).

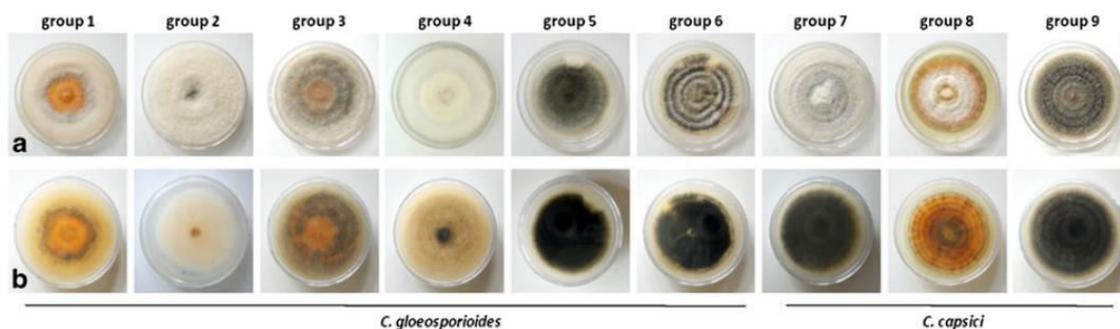


Figura 2: Morfotipos de *Colletotrichum gloeosporioides* e *C. capsici* isolados de mamão, em (a) parte superior da colônia e (b) lado inverso da colônia. Fonte: Torres et al. (2012).

Das várias doenças que atacam o mamão, a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* é umas das mais sérias, podendo ocorrer em frutos de qualquer estágio de desenvolvimento, mas apresenta-se com maior frequência nos frutos maduros. Com a capacidade de causar infecções latentes ou inativas, o *Colletotrichum* está entre os mais importantes patógenos pós-colheita, devido a sua grande nocividade para a economia, pois os frutos atacados tornam-se impróprios para a comercialização e para o consumo (Liberato e Tatagiba, 2001).

Ainda que frutos colhidos não apresentem sintomas da antracnose, ela se manifesta na fase de embalagem, transporte, amadurecimento e comercialização, causando grande percentual de perdas. Os frutos jovens, quando atacados, cessam o seu desenvolvimento, mumificam e caem.



Figura 3: Antracnose no mamoeiro. Fonte: Teodosio (2014).

Com o amadurecimento dos frutos, o aumento da precipitação e da umidade relativa, aparecem na casca dos frutos pequenos pontos pretos, os quais aumentam de tamanho, formando manchas deprimidas que podem medir até 5 cm de diâmetro (Figura 3). Em torno das manchas, forma-se um halo de tecido aquoso com coloração diferente na parte central. Quando em grande quantidade, as manchas podem se unir, espalhar-se pela superfície do fruto, penetrar e aprofundar-se na polpa, ocasionando, com isso, a podridão-mole (Liberato e Tatagiba, 2001).

### 3.3 Uso de cálcio e tratamento hidrotérmico em frutos

O cálcio é um dos nutrientes mais abundantes na maioria dos solos, com exceção de alguns solos orgânicos. Entretanto, apesar de abundante nos solos, ele não é tão abundante em frutos. Problemas como absorção e transporte no interior da planta condicionam tal situação. Nas fruteiras, a maior quantidade de cálcio se encontra nas partes perenes (Valero; Serrano, 2010).

O cálcio faz parte das paredes celulares das plantas na forma de pectato de cálcio, sua acumulação é facilitada pela ligação a polímeros de pectina, particularmente da lamela média, para formar uma rede de parede celular e aumentar a resistência mecânica (Tzoutzoukou et al., 1997; Gerasopoulos et al., 1999). A quantidade ideal de cálcio é essencial para impedir que as paredes celulares não entrem em colapso e as plantas permaneçam de pé (Vilegas et al., 2007).

Os íons de cálcio ligam-se as pectinas que são formadas por cadeias de ácido poligalacturônico. Essas pontes de cálcio entre os ácidos pécticos ou entre esses e outros polissacarídeos dificultam o acesso e a ação de enzimas pectolíticas produzidas pelo fruto e que causam amaciamento, e daquelas produzidas pelos fungos e bactérias que causam deterioração (Mota et al., 2002).

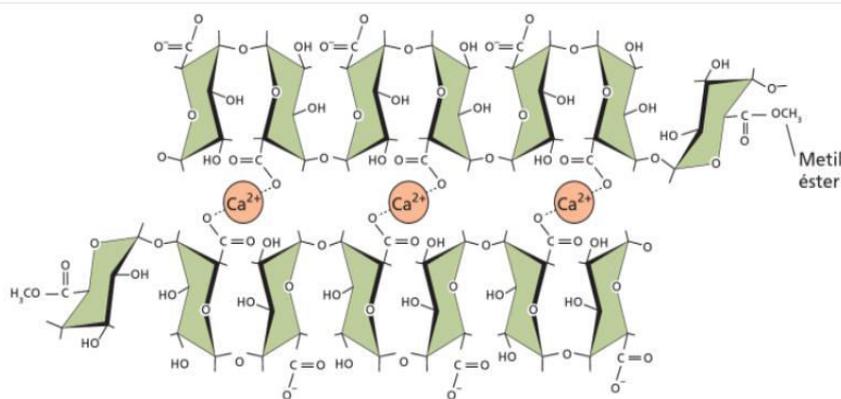


Figura 4: Estrutura demonstrativa da ligação de íons de cálcio com a pectina. Fonte: Taiz; Zeiger (2004).

O cálcio também atua de forma direta na ocorrência e evolução de doenças, aumentando a resistência das plantas aos patógenos. Assim, se a planta apresentar uma nutrição desbalanceada, ela pode ser afetada pelo aumento da suscetibilidade à infecção, impactando no quadro clínico e no curso da doença. Elevados níveis de cálcio nos tecidos de várias espécies vegetais têm sido associados aos níveis crescentes de resistência a doenças (Chitarra; Chitarra, 2005).

A manutenção da firmeza dos frutos é um dos principais desafios para a comercialização de produtos, uma vez que ela está associada às características sensoriais e funcionais do tecido, que podem ser percebidas não só por meio do tato, mas também pela visão (Szczesniak, 2002).

Os frutos ficam macios durante o amadurecimento e senescência devido à degradação da parede celular provocada principalmente pelas enzimas poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME),  $\beta$ -galactosidase ( $\beta$ -GAL) e pectato liase (PL) (Valero; Serrano, 2010). O cálcio atua de maneira efetiva na preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares e na manutenção da consistência firme dos frutos, devido a sua função de ligação às pectinas ácidas da parede celular e lamela média (Chitarra; Chitarra, 2005).

Para o fruto, a aplicação de cálcio é benéfica, pois retarda sua maturação e senescência, diminui a respiração e a produção de etileno, controla distúrbios fisiológicos e atua na sua conservação (Chitarra; Chitarra, 2005). Existem inúmeros tipos de cálcios disponíveis no mercado para aplicação em pós-colheita

e em pré-colheita, entretanto, a aplicação em pós-colheita é considerada mais efetiva, pois o cálcio é aplicado diretamente na superfície do fruto (Kadir, 2005). Ressalta-se que o cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) tem sido amplamente utilizado pela sua eficácia em manutenção da firmeza dos frutos e retardamento na mudança de cor da casca (Russo et al., 2012; Silva et al., 2015; Sanches et al., 2017).

Sabe-se que para a manutenção da firmeza de frutos de morango, por exemplo, os íons cálcio tornam-se essenciais devido às ligações cruzadas entre grupos carboxílicos (Camargo et al., 2000). Em um estudo que avaliou a função do cálcio na proteção dos tecidos da infecção pela fruta de *Botrytis cinerea*, determinou-se que ao ser aplicado nos frutos, ocorreu aumento da concentração desse elemento nas paredes celulares, diminuindo a digestão da pectina pelas enzimas pectinolíticas do fungo (Chardonnet et al., 1995).

Sanches et al. (2017) concluíram que o uso de cloreto de cálcio em pitangas, nas concentrações de 1% e 2%, propiciaram, ao longo do tempo, menor perda de massa fresca, firmeza e degradação dos sólidos solúveis, além de ajudar a manter as alterações na acidez e pH na polpa dos frutos baixa.

O tratamento hidrotérmico tem sido usado como meio de controle de pragas, com o intuito de estabelecer as melhores combinações de tempo e temperatura para cada espécie, objetivando o controle eficiente de pragas e doenças, sem causar distúrbios fisiológicos e alterações físicas e químicas nos frutos (Brito et al., 2008).

Campos et al. (2005) concluíram que o tratamento hidrotérmico em pós-colheita com frutos de maracujá amarelo, resultou em frutos com menor perda de massa, melhor manutenção da coloração, boa manutenção da firmeza da casca e teores razoáveis de vitamina C.

Segundo Resende (2016), o tratamento hidrotérmico é eficiente para controlar doenças, infestações de insetos, modificar as respostas do tecido e manter a qualidade do fruto durante o armazenamento, induzindo resistência aos danos externos e lesões na casca.

O efeito *in vitro* do tratamento térmico nos principais fungos causadores de podridão peduncular na pós-colheita de mamão, demonstra que o uso de água quente, por um curto tempo de imersão, é um método de controle eficaz e alternativo ao uso de fungicidas (Eschionato, 2017).

Diversos são os estudos que indicam que a associação da aplicação de cálcio em pós-colheita com o tratamento hidrotérmico em goiabas (Xisto et al., 2014), maracujá amarelo (Venâncio et al., 2013), kiwi (Shahkoomahally et al., 2013), jabuticabas (Mota et al., 2012;), abacaxi (Gonçalves et al., 2000) e manga (Freire et al., 1999), apresentam benefícios para a conservação do fruto, mantendo a integridade da membrana celular, retardando o amolecimento e mantendo sua firmeza.

Ayón-Reyna et al. (2015) observaram que a combinação do tratamento hidrotérmico, associado com cloreto de cálcio, foi eficaz para preservar a saúde física e qualidade química, bem como para impedir o crescimento microbiano em mamão fresco armazenado a 5 °C por 10 dias.

O tratamento hidrotérmico com cloreto de cálcio em mamões afeta o desenvolvimento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, diminuindo a incidência e a severidade da antracnose. A combinação do tratamento hidrotérmico e do cálcio derrete a cera epicuticular formando uma barreira que reduz o crescimento micelial do fungo sobre o mamão, demonstrando ser este um tratamento fungistático eficaz para retardar a doença da antracnose durante o armazenamento pós-colheita de mamões, conforme ilustra a microscopia eletrônica representada na figura 5 (Ayón-Reyna et al., 2017).

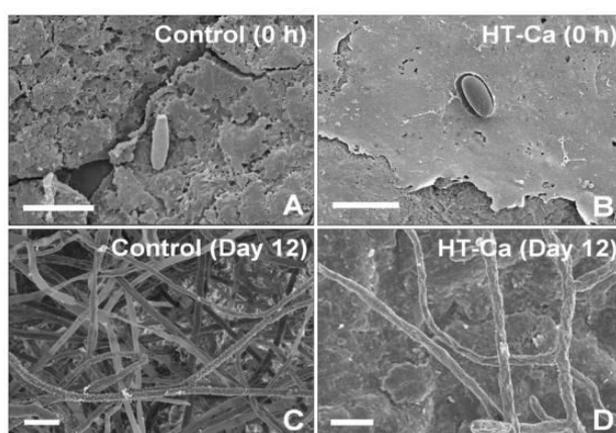


Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura de conídios e hifas de *Colletotrichum gloeosporioides* no mamão. Conídio do fungo na superfície do fruto não tratado (A) e mamões tratados hidrotérmicamente com cloreto de cálcio (B). Hifas fúngicas cultivadas em mamões não tratados (C) e tratados (D) após 12 dias de armazenamento. Barras = 10 mm. Fonte: Ayón-Reyna et al. (2017).

### 3.4 Uso de revestimento ativo em frutos

Os revestimentos, ou filmes comestíveis, são películas que apresentam espessuras variadas, provenientes de substâncias naturais ou sintéticas, que não apresentam riscos à saúde do consumidor, por passarem pelo trato gastrointestinal sem causar nenhum tipo de dano (Maia, 2000).

Segundo Viladiego et al. (2005), os revestimentos comestíveis podem reduzir o uso de polímeros sintéticos, melhorando a qualidade dos alimentos, controlando a transferência de massa, carreando ingredientes, e melhorando sua integridade mecânica e suas características, tudo isso devido à capacidade dos polímeros sintéticos de interagir favoravelmente com os alimentos, aumentando sua vida de prateleira.

O uso de revestimentos comestíveis na conservação de frutos, intactos ou minimamente processados, em pós-colheita, é considerado uma tecnologia emergente e de grande potencial, principalmente para aplicações sobre frutos de origem tropical (Assis; Brito, 2014). Seu uso proporciona mais vantagens quando comparado com os materiais sintéticos, por ser atóxico pode ser incorporado com aditivos, além de retardar a perda de água e ser de baixo custo.

Atualmente, pesquisas têm levado ao desenvolvimento de novas abordagens ambientalmente sustentáveis, com base em polímeros biodegradáveis, que não só convertem os subprodutos da indústria de alimentos em valor agregado a componentes formadores de filme, mas também reduzem os requisitos de embalagem (Maqbool et al., 2011).

As coberturas e revestimentos comestíveis podem ter origem animal ou vegetal, ou formarem um composto com a combinação de ambas. Os mais empregados são polissacarídeos, ceras (lipídios) e proteínas, sendo que o tipo a ser utilizado depende do objetivo desejado com o revestimento aplicado, e das características do produto a ser revestido (Assis; Brito, 2014). Os materiais empregados nos revestimentos podem ser classificados em: hidrofóbicos e hidrofílicos (Assis et al., 2008).

Os hidrofílicos possuem em sua estrutura grupos amino ou hidroxila e carboxila (OH, COO<sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>), caracterizados por ligações covalentes polares. Eles

possuem cadeia carbônica com sítios parcialmente carregados positivamente e outros carregados negativamente, o que favorece o acúmulo e o rearranjo de moléculas polares, e principalmente da água, em torno desses sítios. Os materiais hidrofílicos são representados por: polissacarídeos, como a celulose, a quitina, a goma xantana, a goma guar, a pectina, o amido; e, os polissacarídeos polieletrólitos, como a carboximetilcelulose, a quitosana e o alginato (Assis et al., 2008).

Já os materiais hidrofóbicos se caracterizam por moléculas com estruturas cujas ligações tendem a ser eletricamente neutras, ou seja, não possuem regiões polares definidas. Incluem grupos alquilas ( $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{-CH}_3$ , etc.) e aromáticos. Na presença de água esses materiais tendem a se aglomerar e excluir as moléculas polares de sua redondeza. Nesta categoria, encontram-se as proteínas hidrofóbicas (predominância de substituintes apolares), óleos e ácidos graxos, em que predominam substituintes de cadeia alifática, parafinas, álcoois de cadeia longa, etc. Para esta classe de materiais, os solventes adequados devem ser mais apolares, como o álcool, a acetona e o hexano (Assis; Brito, 2014).

As coberturas hidrofílicas são mais indicadas para superfícies fatiadas e frutas com aspectos brilhantes que apresentem alta molhabilidade ou presença de cargas superficiais. Por terem afinidade por água, as coberturas hidrofílicas preservam o aspecto hidratado, mantendo por mais tempo a superfície brilhante (Assis; Brito, 2014).

O amido pode ser usado em combinação com outros polímeros ou compostos, para melhorar as propriedades funcionais da matriz polimérica, que também pode transportar compostos ativos para controlar melhor o prazo de validade do produto (Sapper; Chiralt, 2018).

Existem técnicas diferentes para a formação da cobertura em frutos, como uso de pincel, *spray* e imersão (Chlebowska-Smigiel et al., 2007; Andrade et al., 2012). Entretanto, a técnica mais comum e mais eficiente é o uso da imersão, pois garante que toda a superfície do fruto entre em contato com a solução filmogênica, e uma leve agitação nos frutos garante o desprendimento de bolhas e uma deposição de cobertura homogênea.

Ao ser imerso em uma solução filmogênica, o fruto forma uma cobertura pela deposição das espécies poliméricas dissolvidas no meio, estabelecendo ligações, fracas e fortes, com a superfície do fruto. Diversos modelos têm sido

propostos para a deposição de estruturas poliméricas e subsequente formação de filmes sobre superfícies sólidas. Nesses modelos, as características do absorvente (a casca) e do absorvato (compostos diluídos na solução filmogênica) definem que tipo de mecanismo será predominante na formação da cobertura (Myers, 1991; Paria; Khilar, 2004). A formação do recobrimento pode ser ilustrada segundo a sequência mostrada na Figura 6.

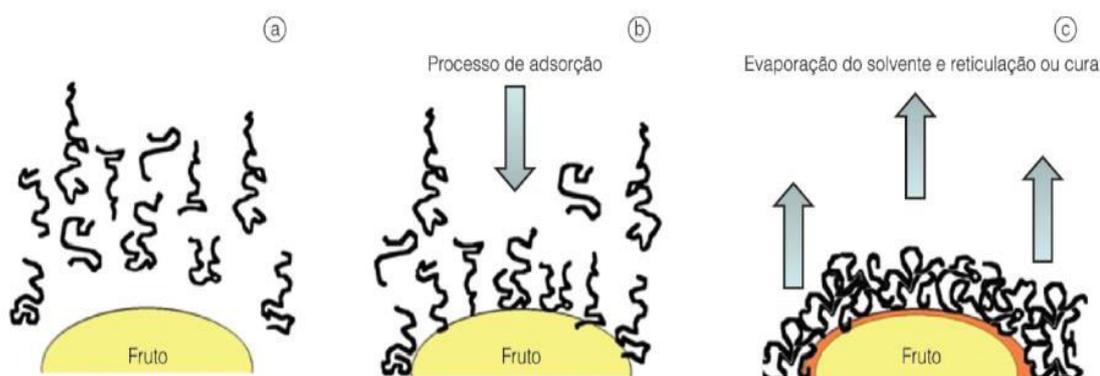


Figura 6: Sequência ilustrativa da formação de uma cobertura comestível: (a) imersão do fruto em solução filmogênica (polímeros em solução); (b) atração entre o absorvato (composto diluído na solução filmogênica) e o adsorvente (casca); (c) formação da cobertura com evaporação do solvente e reticulação do polímero. Fonte: (Assis; Britto, 2014).

De acordo com Assis e Brito (2008), o uso de revestimentos comestíveis, embora esteja em processo de desenvolvimento, tem apresentado resultados significativos como uma prática auxiliar na conservação de produtos perecíveis e, principalmente, daqueles minimamente processados, cujo tempo de prateleira é consideravelmente reduzido em função dos processos aos quais esses produtos foram submetidos. Os revestimentos comestíveis também são veículo para a incorporação de ingredientes funcionais, tais como antioxidantes, compostos aromáticos, agentes antimicrobianos e nutracêuticos (óleos essenciais) (Moradi et al., 2012).

Diversos materiais podem ser empregados na formação de revestimento utilizados em diferentes frutas, para o prolongamento da sua vida útil, seja na condição intacta ou fatiada. Materiais como quitosana e alginato foram utilizados

em maçãs (Pilon et al., 2013; Moldão-Martins et al., 2003), fécula de mandioca e quitosana foram aplicados em mamão (Castricini et al., 2012; Dotto et al., 2008), em abacaxi foi aplicado o alginato e a fécula de mandioca (Azarakhsh et al., 2012; Bierhals et al., 2011), o óleo de babosa e a getanina com amido foram empregados no revestimento de uva (Valverde et al., 2005; Fakhouri et al., 2007), o amido de mandioca foi usado no revestimento de morangos (Garcia et al., 2012), o alginato e a quitosana foram usados no revestimento de melão (Raybaudi-Massilia et al., 2008; Krasaekoopt; Mabumrung, 2008), para a goiaba foram usados a quitosana com amido e celulose com carnaúba (Soares et al., 2011; McGuire; Hallman 1995), para pera foram empregados o alginato e o amido (Oms-Oliu et al., 2008; Botrel et al., 2010), para banana aplicou-se a carragina e a quitosana (Bico et al., 2009; Malmiri et al., 2011), e para mangas foram aplicados revestimentos com fécula de mandioca e quitosana (Scanavaca Jr. et al., 2007; Chien et al., 2007).

#### 3.4.1 Revestimento a base de amido de mandioca

O amido é um dos polissacarídeos mais abundantes e importantes na natureza, e o mais utilizado para elaboração de coberturas comestíveis, em razão do menor custo e alta disponibilidade, fácil manipulação e comestibilidade. Além disso, ele é biodegradável, contribuindo para uma menor poluição ambiental, quando lançado no meio ambiente (Sapper; Chiralt, 2018).

A fécula (amido) de mandioca é reconhecida por formar películas resistentes e transparentes, sendo, portanto, barreiras eficientes à perda de água dos alimentos. Na sua forma natural ou modificada, ela é muito utilizada como película, visando a conservação após a colheita de produtos frescos (Chitarra; Chitarra, 2005).

A formação do revestimento de fécula de mandioca é obtida por meio da gelatinização durante o aquecimento de uma solução de amido e água, à temperatura de 70 °C, promovendo uma ruptura das estruturas cristalinas do grânulo de amido e a absorção de água que entumece sua estrutura de forma

irreversível. Depois da gelatinização do amido e após o resfriamento, quando se atinge a temperatura ambiente, ocorre a retrogradação, ou seja, a reorganização das moléculas por ligações de hidrogênio, e forma-se um revestimento resistente e transparente (Parker; Ring, 2001).

O revestimento à base de fécula de mandioca com concentrações de 2% e 4%, utilizado em mamão formosa, manteve o teor de sólidos solúveis totais, a acidez titulável, promoveu o aumento do índice de maturação e de vitamina C, além de ter reduzido a perda de massa e a alteração de firmeza da fruta e polpa (Nunes et al., 2017).

Em morangos, o revestimento de fécula de mandioca, na concentração de 3%, foi eficiente para reduzir a taxa de respiração dos frutos, retardar a perda de peso e perda de firmeza de morangos durante o armazenamento de 12 dias (Garcia et al., 2012).

O revestimento com fécula de mandioca, nas concentrações de 3% e 5%, retarda o desenvolvimento da coloração amarela da casca em mamões. Como este desenvolvimento é parcial, o revestimento ajuda a manter os frutos firmes por mais tempo, minimizando a perda de massa fresca e reduzindo a taxa respiratória (Castricini et al., 2010).

Segundo Pereira et al. (2006), frutos de mamão formosa tiveram sua vida útil pós-colheita prolongada em quatro dias com revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca a 1% e 3%, sem que sua qualidade fosse prejudicada em função do retardamento do processo de maturação.

### 3.5 Melão-de-São-Caetano - *Momordica charantia* L.

A *Momordica charantia* L. é uma planta conhecida popularmente como melão-de-São-Caetano e melãozinho. Estes nomes populares foram dados por escravos africanos que viviam na região de minas auríferas em Mariana-MG. Os escravos plantaram a espécie sobre uma capela cujo padroeiro era São Caetano, e como os frutos tinham formato parecido com melão, o nome se estabeleceu como melão-de-São-Caetano (Natureza bela, 2011). Sua origem é do leste da Índia ou sul da China. No Brasil, ela é encontrada em pomares, cafezais, sobre

cercas, hortas, alambrados e terrenos baldios (Lorenzi, 2000; Robinson; Decker-Walter, 1997).

A planta pertence à família Cucurbitacea, é uma trepadeira, monoica, raramente hermafrodita, herbácea, muito ramificada, com caules pubescentes medindo de 2 a 3 metros, com sistema de reprodução por sementes, apresentando ciclo anual. As folhas de *Momordica charantia* L. apresentam de 5 a 7 lóbulos ovalado-oblongos, pecioladas, com a face superior levemente pubescente e a inferior densamente pilosa ao longo das nervuras, possui flores amarelas solitárias nas axilas das folhas (Lorenzi, 2000). Os frutos possuem coloração amarela ou laranja, com aproximadamente 12 cm de largura, são ovoides, e quando estão abertos mostram as sementes com arilo vermelho, que é também mucilaginoso, adocicado e atrai pássaros (Lorenzi e Matos, 2002). Na Figura 7 estão ilustradas: a estrutura geral da planta, e as estruturas das folhas, flores e frutos do melão-de-São-Caetano.



Figura A



Figura B



Figura C



Figura D

Figura 7: Imagens fotográficas das estruturas botânicas da planta de *Momordica charantia* L. (A) Estrutura geral da planta; (B) Folha; (C) Flores; (D) Frutos. Fonte: Acervo pessoal.

Segundo Ahmad (2016), a *Momordica charantia* L. é uma planta que apresenta muitas ações farmacológicas, sendo utilizada pela sua ação antidiabética, antimicrobiana, anticâncer, antimalárica, antioxidante, e por sua atividade hipocolesterolêmica e atividade imunomoduladora.

Sementes, folhas, raízes e frutos de *Momordica charantia* L. são utilizados para produção de extratos. Elas apresentam substâncias bioativas como alcaloides, flavonoides, saponinas, glicosídeos, açúcares redutores, constituintes fenólicos, óleo fixado, ácidos livres e resinas (Torres et al., 2002).

As folhas de *M. charantia* L. apresentam a seguinte composição: umidade ( $15,0 \pm 0,50\%$ ); cinzas ( $17,93 \pm 0,47\%$ ); proteínas brutas ( $10,25 \pm 0,51\%$ ); lipídio bruto ( $3,03 \pm 0,76\%$ ); fibra bruta ( $25,31 \pm 0,32\%$ ); carboidratos ( $28,52 \pm 0,43\%$ ); valor calorífico (182,35%); vitamina A ( $0,186 \pm 0,72\text{mg}/100\text{g}$ ); vitamina C ( $1,351 \pm 0,10\text{mg}/100\text{g}$ ); vitamina E ( $0,185 \pm 0,25\text{g}/100\text{g}$ ); oxalato ( $0,01 \pm 0,00\text{mg}/100\text{g}$ ); cianeto ( $0,86 \pm 0,20\text{mg}/100\text{g}$ ); tanino ( $14,30 \pm 0,45\text{mg}/100\text{g}$ ); saponina ( $35,21 \pm 0,76\text{mg}/100\text{g}$ ); entre minerais e aminoácidos (Amina et al., 2018).

De acordo com Mada et al. (2013), o extrato aquoso de folhas de *Momordica charantia* L. tem atividade antimicrobiana, pois apresenta em sua composição alcalóides, flavonóides, saponinas, taninos, glicosídeos e esteroides, que são considerados compostos biologicamente ativos e que exercem atividades antimicrobianas. Essas atividades permitem que a planta possa ser usada como uma fonte potencial para o desenvolvimento de um agente antimicrobiano eficaz.

Os taninos são polifenóis solúveis em água. Scalbert (1991) listou 33 estudos que documentaram a atividade inibitória dos taninos, demonstrando que eles podem ser tóxicos para fungos filamentosos, leveduras e bactérias. Considerando a atividade antifúngica dos taninos, a descoberta dessa propriedade deriva da observação de que a durabilidade de madeiras duras, como castanheiras, deve muito à deposição de taninos capazes de precipitar proteínas e atuar como uma barreira microbiana (Dagila, 2012).

Descobriu-se que taninos formam complexos irreversíveis com proteína rica em prolina, resultando na inibição da síntese de proteínas celulares (Shimada, 2006). Parekh e Chanda (2007) relataram que os taninos são conhecidos por reagir com proteínas para fornecer o efeito para o tratamento de tecidos inflamados. Dharmananda (2003) relatou que taninos são usados no tratamento de distúrbios como diarreia e disenteria. Essas observações apoiam, portanto, o uso das folhas de *M. charantia L.* na cura de algumas doenças causada pelas bactérias.

Alcaloides também foram detectados nas folhas de *M. charantia*. Os alcaloides são tóxicos contra células de organismos estranhos. Essas atividades têm sido amplamente estudadas, devido ao seu potencial uso na eliminação e redução de células cancerígenas em humanos (Nobori et al., 1994).

Just et al. (1998) relataram o efeito inibitório das saponinas nas células inflamadas e isso apoiou a utilidade desta planta na gestão da inflamação. Quinlan et al. (2000) trabalharam com esteroides de alguns extratos de plantas medicinais que exibiram atividades antibacterianas em alguns isolados bacterianos. Neumann et al. (2004), também confirmaram a propriedade antiviral dos esteroides.

Os polifenóis desempenham papéis essenciais na fisiologia das plantas e possuem propriedades: antioxidantes, agentes antialérgicos, anti-inflamatório, anticancerígenos, anti-hipertensivos e antimicrobianos. Da mesma forma, também foi relatado que os flavonoides podem exibir atividade antimicrobiana e anti-inflamatória (Dagila, 2012).

Muitos trabalhos têm investigado a atividade antimicrobiana de extratos de *Mormodica charantia L.* Em sua pesquisa, Jagessar et al. (2008) identificaram que o extrato de folhas de *M. charantia L.* possui atividades antibacterianas e antifúngicas contra *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Já Jolly Sankaranarayanan (1993), demonstrou a atividade antimicrobiana de diferentes extratos de folhas de *M. charantia in vitro*, contra *E. coli*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Streptobacillus* e *Estreptococo*.

Celoto et al. (2008) avaliaram diversos extratos vegetais, incluindo o extrato de *M. charantia L.*, que tinham ação sobre o fungo *Colletotrichum gloesporioides*, e identificaram que o extrato de *M. charantia L.* apresentou

percentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) acima de 90%, diferindo-o significativamente dos demais extratos vegetais.

No trabalho de Martins et al. (2009), verificou-se que os extratos de melão-de-São-Caetano e alho promoveram efeitos significativos no controle de podridões em frutos de mamoeiro. Jamal et al. (2008) também observaram que diferentes concentrações de extratos de melão-de-São-Caetano apresentam atividade antifúngica sobre *C. musae* em todos os ensaios *in vitro* realizados.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Experimento I: Estudo da migração de cálcio em frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico sob diferentes condições de temperaturas e concentrações de $\text{CaCl}_2$

#### 4.1.1 Matéria-prima

Neste experimento foram utilizados 252 frutos de mamões Golden, selecionados na casa de embalagens da Empresa Caliman Agrícola S.A., localizada em Linhares-ES, com padrão de peso de 450 gramas, e com 15% a 25% de coloração amarela na casca. Na empresa, os mamões direcionados para o mercado externo passam por um processo de tratamento hidrotérmico para controle da mosca das frutas, como requisito do Programa Papaya do APHIS-USDA. Este processo consiste na aplicação de um tratamento hidrotérmico de 48 °C por 20 minutos, seguidos por um banho de resfriamento de 12 °C por 20 minutos, em seguida os frutos recebem um banho com o fungicida Tecto por 2 minutos e, por fim, são secos com ar seco.



Figura 8: Frutos recebidos da Caliman.  
Fonte: Acervo pessoal.

Os frutos foram transportados em caixas de papelão acartonado, sob refrigeração, para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CCTA/UENF), onde passaram por um processo de inspeção e seleção criteriosa, visando selecionar frutos ausentes de defeitos e sem injúrias mecânicas. Os frutos foram higienizados com banho de solução clorada a 1% por 15 minutos, em seguida lavados em banho de água destilada e secos naturalmente. Os frutos foram mantidos provisoriamente em câmara fria a 12 °C e 90% UR, até a condução dos ensaios em 12 horas após a colheita.

#### 4.1.2 Aplicação do cloreto de cálcio nos frutos de mamão

No experimento foi utilizado o cloreto de cálcio di-hidratado P.A (marca Dinâmica). O produto possui peso molecular de 147,01. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 concentrações de cálcio (0,5%, 1,0% e 1,5%), três temperaturas (28 °C, 38 °C e 48 °C), e três tempos de imersão (15 minutos, 30 minutos e 45 minutos), respectivamente, totalizando 28 tratamentos. O tratamento controle foi feito com frutos imersos apenas em água destilada. Os tratamentos foram feitos com três repetições com parcelas compostas por três frutos, totalizando 252 frutos utilizados no experimento.

O tratamento térmico foi realizado em tanque de 30 litros (marca SOLAB, SL 130/42), com circulação forçada por meio de uma bomba peristáltica, o que

permitiu a homogeneização da temperatura na solução de cloreto de cálcio em que os frutos foram imersos. Após cada imersão dos frutos na solução de cloreto de cálcio com temperatura e tempo controlados, a solução foi imediatamente substituída por uma nova solução, para minimizar efeitos de diluição da concentração de cálcio em cada tratamento. Depois de imersos, os frutos foram removidos do tanque de tratamento térmico e imersos por 2 minutos em água destilada em temperatura ambiente, para resfriar os frutos e remover o cálcio aderido na superfície da casca.

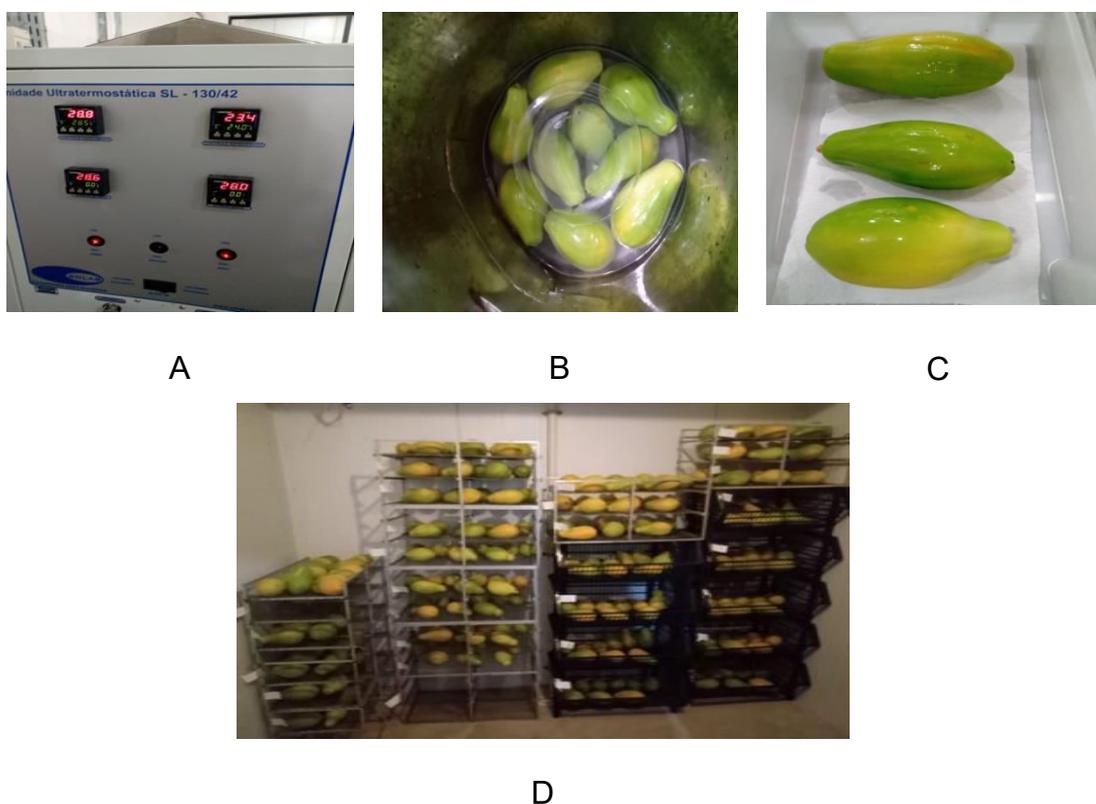


Figura 9: Ilustração do painel de controle de temperatura do banho hidrotérmico (A), tanque de imersão dos frutos (B), secagem dos frutos (C), armazenamento dos frutos na câmara a 23 °C e 90% UR(D). Fonte: Acervo pessoal.

Posteriormente, os frutos foram secos com papel toalha e armazenados sob estantes em câmara, em condições de temperatura ambiente (23 °C) e 90% UR, por 10 dias, para completar o amadurecimento. Na sequência, os frutos

foram processados para a análise da concentração de cálcio na casca, polpa interna e polpa externa dos mamões.

#### 4.1.3 Determinação de cálcio nas diferentes partes do fruto

A análise de migração de cálcio foi realizada em três diferentes partes do fruto: casca, polpa externa e polpa interna, conforme indicado na Figura 10. As amostras foram retiradas de pedaços de 8 cm, cortados com faca na posição central do fruto, dos quais foram cortadas pequenas fatias para facilitar a separação de partes da polpa mais interna e da polpa mais externa, e a raspagem do conteúdo de polpa aderido à casca (Figura 11). Após separação das partes dos frutos, o material obtido de cada parte de 3 mamões foi homogeneizado (processador Philips Walita) para se obter amostras de aproximadamente 30 g, que foram armazenadas em tubos Falcon e congelados a  $-18^{\circ}\text{C}$  em freezer até o momento das análises.

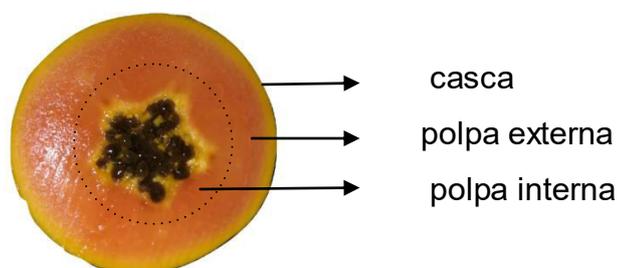


Figura 10: Ilustração das três partes radiais do fruto.

Fonte: Acervo pessoal.



(A)



(B)



(C)

Figura 11: Ilustração da separação das partes radiais do fruto (A), amostras de casca, polpa externa e polpa interna (B), amostras homogeneizadas e congeladas (C). Fonte: Acervo pessoal.

A determinação de cálcio das amostras foi feita conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008). O protocolo é baseado na mineralização da amostra e determinação de cálcio por titulação complexométrica com sal dissódico do ácido etilenodiaminotetracético, conhecido como EDTA, um composto orgânico que atua como agente quelante, formando complexos muito estáveis com diversos íons metálicos, inclusive o cálcio (Figura 12).

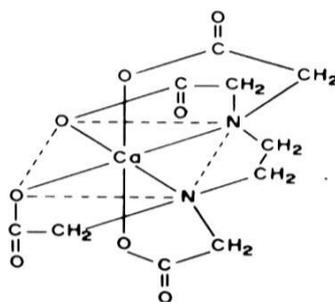


Figura 12: Estrutura do complexo Metal-EDTA.  
Fonte: SKOOG et al (2006).

Foram pesadas 30 gramas das amostras em balança analítica (GEHAKA AG200), colocando o material em cápsula de porcelana com capacidade para 30 mL, previamente secos em estufa a 105 °C, por duas horas. Esse material foi seco por 24 horas em estufa, na temperatura de 105 °C, e mantido em dessecador para resfriamento. Posteriormente, as amostras secas foram dissolvidas em 2 mL de ácido nítrico 0,1 M, e mantidas em mufla (QUIMIS) na temperatura de 550 °C até obtenção de cinzas claras (Figura 13).

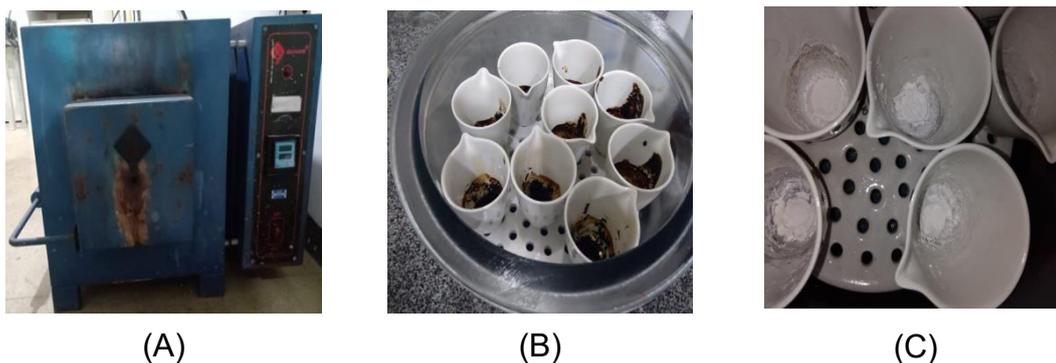


Figura 13: Mufla utilizada no experimento (A), amostras secas em dessecador (B), cinzas claras após processo de digestão via seca (C). Fonte: Acervo pessoal.

Após a obtenção das cinzas, foi adicionado 5 mL de ácido clorídrico a 20% nas amostras, que foram transferidas dos cadinhos com auxílio de água deionizada para béqueres de 250 mL, onde sofreram homogeneização em manta com agitação magnética para melhor dissolução. Posteriormente, as amostras foram transferidas para balão volumétrico de 100 mL, e seus volumes completados com água deionizada. Uma alíquota de 25 mL foi colocada em Erlenmeyer de 250 mL contendo 25 mL de água deionizada.

O pH das amostras foi corrigido com pipetagem de solução de NaOH, até atingir o pH entre 10,0 e 12,0. Nesta solução foi adicionado cerca de 0,05 g do indicador para cálcio, a fim de proceder à titulação com EDTA. O indicador é composto por ácido calcon carboxílico (0,5 g), alaranjado de metila (0,25 g) e cloreto de sódio (49,25 g). Os compostos foram triturados em almofariz de porcelana com auxílio de um pistilo e homogeneizados até formar uma mistura uniforme.

Os cálculos para concentração de cálcio das amostras foram obtidos conforme a Equação 1:

$$Ca = \frac{40 \times (V_A - V_B) \times V_b \times M \times 100}{V_a \times m} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

Ca= Concentração de cálcio na amostra, base úmida ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ )

$V_A$ = Volume de EDTA gasto na titulação (mL);

$V_B$ = Volume do branco gasto na titulação com EDTA (mL);

$V_b$ = Volume do balão volumétrico utilizado (mL);

$V_a$ = Volume da alíquota utilizada (mL);

M= Molaridade do EDTA (M);

m= Massa da amostra (g).

## 4.2 Experimento II: Efeito do tratamento de cálcio na alteração de firmeza dos mamões

### 4.2.1 Matéria-prima

Neste experimento foram utilizados 200 mamões Golden, selecionados na casa de embalagens da Empresa Caliman Agrícola S.A., localizada em Linhares-ES, com padrão de peso de 350 gramas e com 15% a 25% de coloração amarela na casca. Na empresa, os mamões direcionados para o mercado externo passam por um processo de tratamento térmico para controle da mosca da fruta, como requisito do Programa Papaya do APHIS-USDA. O processo consiste na aplicação de um tratamento hidrotérmico de 48 °C por 20 minutos, seguidos por um banho de resfriamento de 12 °C por 20 minutos, em seguida eles recebem um banho com o fungicida Tecto por 2 minutos e, por fim, são secos com ar seco.



Figura 14: Frutos recebidos da Caliman para ensaios de firmeza.  
Fonte: Acervo pessoal.

Os frutos foram transportados em caixas de papelão acartonado, sob refrigeração, para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CCTA/UENF), onde passaram por um processo de inspeção e seleção criteriosa, no intuito de selecionar frutos ausentes de defeitos e sem injúrias mecânicas. Os frutos foram higienizados com banho de solução clorada a 100 ppm por 15 minutos, em seguida lavados em banho de água destilada e secos naturalmente. Os frutos foram mantidos provisoriamente em câmara fria a 12 °C e 90% UR, até a condução dos ensaios em 12 horas após a colheita.

#### 4.2.2 Aplicação do cloreto de cálcio nos frutos de mamão

O cálcio utilizado no experimento foi o cloreto de cálcio di-hidratado P.A (marca Dinâmica), com peso molecular de 147,01g. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 3 concentrações de cálcio (0,5%, 1,0% e 1,5%), com banho mantido na temperatura de 48 °C e com 15 minutos de imersão, totalizando 4 tratamentos. O tratamento controle foi feito com frutos imersos apenas em água destilada. Os tratamentos foram feitos com 50 repetições de cada fruto, totalizando 200 frutos utilizados no experimento.

O tratamento térmico foi realizado em tanque de 30 litros (SOLAB, SL 130/42), com circulação forçada por meio de uma bomba peristáltica que permitiu a homogeneização da temperatura na solução de cloreto de cálcio, onde os frutos foram imergidos. Após cada imersão dos frutos na solução de cloreto de cálcio com temperatura e tempo controlados, a solução foi imediatamente substituída para evitar a diluição e garantir a concentração de cálcio em cada tratamento. Depois do tratamento térmico, os frutos foram removidos do tanque e imersos por 2 minutos em água destilada, em temperatura ambiente, para promover o resfriamento e remover o cálcio aderido à superfície da casca.



(A)

(B)



(C)

Figura 15: Amostras de mamões Golden (A), Banho de imersão dos frutos (B), armazenamento dos frutos em câmara a 23 °C e 90% UR (C). Fonte: Acervo pessoal.

Posteriormente, os frutos foram secos com papel toalha e armazenados sob estantes em câmara na temperatura de 23 °C, e umidade relativa de 90%, durante 10 dias, para completarem o amadurecimento, quando então foram avaliados quanto ao quesito de firmeza da casca, polpa interna e polpa externa dos mamões.

#### 4.2.3 Determinação da firmeza dos frutos

A análise de firmeza do mamão foi realizada com auxílio de um penetrômetro manual digital (Lutron. FG-6020SP), com sonda de 5 mm de diâmetro. As medidas de firmeza do fruto foram realizadas em 4 pontos equidistantes, nas regiões da posição frontal da polpa mais interna e na polpa mais externa, após o corte na posição equatorial do fruto (Figura 16). Na casca, as medidas também foram feitas em quatro pontos equidistantes da direção radial do fruto. Os resultados foram expressos em Newton (N).

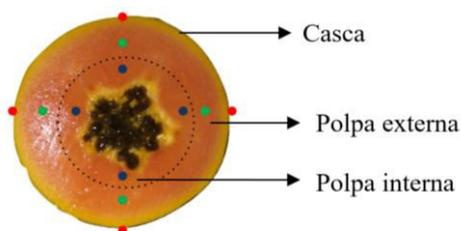


Figura 16: Ilustração dos pontos equidistantes de medidas de firmeza da casca (vermelho), polpa externa (verde) e da polpa interna (azul). Fonte: Acervo pessoal.

#### 4.3 Experimento III: Determinação da concentração mínima inibitória (CMI) in vitro do revestimento ativo contendo extrato de *Mormodica charantia* L. para controle do crescimento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*

##### 4.3.1 Isolamento e identificação do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* foi isolado diretamente de frutos de mamão *Caricapa paya* L., que foram mantidos em câmara de incubação BOD

(SP Labor) na temperatura de 25 °C, até adquirir sintomas da doença e sinais de patógeno. O isolamento ocorreu na clínica fitossanitária da UENF, dentro de uma capela de fluxo laminar. Com auxílio de uma alça de platina estéril, foi coletada parte da lesão da antracnose do fruto do mamão, que em seguida foi colocada sobre a placa de Petri contendo 20 mL do meio de cultura BDA da marca KASVI, esterilizado em Autoclave, com temperatura de 120 °C e pressão de 1 kgf/cm<sup>2</sup>, durante 15 minutos. Na sequência as placas foram incubadas em B.O.D., a uma temperatura de 28 °C por cinco dias, para se observar o crescimento do fungo. Essas etapas estão ilustradas na Figura 17.

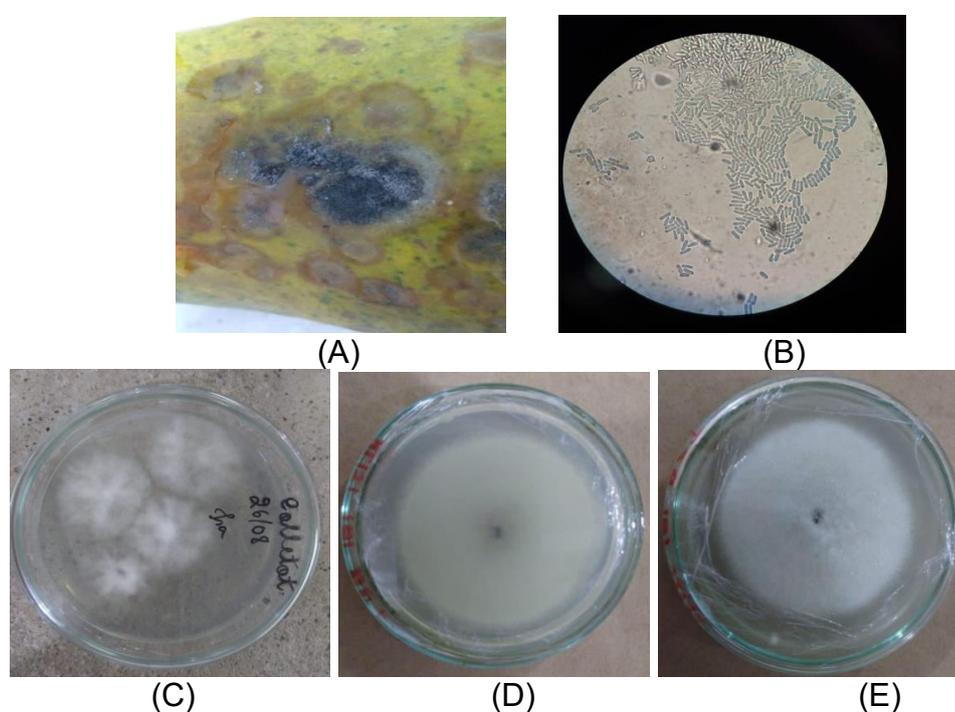


Figura 17: Lesões da antracnose em frutos de mamão (A), esporos do fungo crescidos em placa (B), isolamento de *Colletotricum gloeosporioides* (C), culturas isoladas (D e E). Fonte: Acervo pessoal.

A identificação do fungo foi realizada na clínica Fitossanitária da UENF, por meio de observação ao microscópio óptico, procurando características próprias do *C. gloeosporioides*, tendo como referência o trabalho de Andrade et al. (2007), no qual foram caracterizadas vinte e nove culturas de *Colletotrichum*,

isoladas de frutos de mamoeiro. A caracterização baseou-se, entre outros aspectos, na morfologia dos conídios, coloração e crescimento das colônias.

Andrade et al. (2007) caracterizaram 29 culturas de *Colletotrichum* isoladas de frutos de mamoeiro e afirmam que, em relação à coloração das colônias, todos os isolados de *Colletotrichum* sp. apresentam-se bastante heterogêneos, variando de branco a cinza escuro. E com base na morfologia dos conídios, os isolados apresentaram conídios cilíndricos em contraste com *C. acutatum*, isolado de morango, que apresentou conídios fusiformes. Diante de tais características, descritas por Andrade et al. (2007), foi possível identificar que o fungo isolado é *C. gloesporioides*.

#### 4.3.2 Preparo do revestimento de amido e incorporação do extrato de *Momordica charantia* L.

O revestimento à base de amido de mandioca foi preparado na concentração de 6% de fécula de mandioca da marca PATUSCO, adquirido em supermercado de Campos dos Goytacazes (RJ). A concentração de amido de 6% foi definida por meio de testes que utilizaram as concentrações de 5,0%, 5,5%, 6%, 6,5% e 7% de amido, para verificar a concentração que permitia melhor consistência sobre a placa de Petri e que não provocasse espalhamento do fungo sobre a placa.

O amido foi previamente seco em estufa (Quimis) a 105 °C por 24 horas, pesado em balança analítica (GEHAKA AG 200) e transferido para Erlenmeyer de 250 mL onde foi dissolvido em água destilada. Após ser dissolvido, o revestimento foi aquecido em banho maria sobre chapa aquecedora até a temperatura de 70 °C, permanecendo nesta temperatura por 15 minutos com agitação magnética constante, até ocorrer a gelatinização completa dos grânulos de amido. Posteriormente, o revestimento foi resfriado em banho de gelo até atingir a temperatura ambiente, quando então foi incorporado com o extrato do agente antimicrobiano *Momordica charantia* L. (Nunes et al., 2017).

O extrato foi preparado com folhas de *Momordica charantia* L. colhidas na Zona da Mata Mineira (Latitude: -20.906657 e longitude: -42.240492), Eugenópolis e transportadas até o laboratório (LTA/UENF), onde foram

higienizadas e processadas em secador de bandejas (Pardal), na temperatura de 50 °C com ventilação forçada de ar, durante 24 horas. Após secagem, as folhas foram trituradas em moinho analítico (marca QUIMIS) até obtenção de pó com granulometria de 0,297 mm (peneira de 50 MASH). O pó do extrato seco foi utilizado na infusão para preparo do extrato aquoso.

Para preparar o extrato aquoso de *Momordica charantia L.*, o extrato seco foi pesado em balança analítica de acordo com a concentração utilizada. Utilizou-se a técnica de infusão para o preparo. A água destilada foi previamente aquecida em chapa aquecedora até a temperatura de 80 °C, em seguida foi adicionada a proporção de massa de extrato seco adequada para cada concentração do revestimento. O material foi mantido sob agitação por 2 minutos para homogeneização do extrato e possibilitar a extração dos componentes ativos, sendo então filtrado em filtro de papel, resfriado e acondicionado em frasco estéril na geladeira (Celoto, 2005). Foram usados extratos nas concentrações de 0%, 0,143%, 0,286%, 0,572%, 0,858%, 1,144%, 1,430%, 1,716%, 2,002% e 2,288% de massa seca (g 100 mL<sup>-1</sup>) para os testes *in vitro*.

Previamente ao experimento, foram definidas as porcentagens de massa seca em cada volume de extrato líquido, mediante análises de umidade em estufa (Quimis), a 105 °C por 24 horas, a fim de quantificar a massa seca de cada volume de extrato (g 100 mL<sup>-1</sup>).

A incorporação do extrato aquoso de *Momordica charantia L.* no revestimento ativo foi padronizada com um volume constante de 10 mL de extrato aquoso, para cada 40 mL de revestimento de fécula de mandioca (6%), conforme as concentrações indicadas na Tabela 1.

Tabela 1: Proporções dos componentes usados no preparo de 50 mL de revestimento ativo contendo 6% de amido e diferentes concentrações de matéria seca do extrato de *M. charantia L.*

<b>Concentração do extrato no revestimento</b>	<b>Massa de amido (g)</b>	<b>Volume água (mL)</b>	<b>Concentração de massa seca do extrato (g 10 mL<sup>-1</sup>)</b>
<b>Controle (0 %)</b>	3 g	50,00 mL	0,00 g + 0,0 mL H <sub>2</sub> O
<b>0,143 %</b>	3 g	40,715 mL	0,0715 g + 9,285 mL H <sub>2</sub> O
<b>0,286 %</b>	3 g	40,143 mL	0,143 g + 9,857 mL H <sub>2</sub> O
<b>0,572 %</b>	3 g	40,286 mL	0,286 g + 9,714 mL H <sub>2</sub> O

<b>0,858 %</b>	3 g	40,429 mL	0,429 g + 9,571 mL H <sub>2</sub> O
<b>1,144 %</b>	3 g	40,572 mL	0,572 g + 9,428 mL H <sub>2</sub> O
<b>1,430 %</b>	3 g	40,715 mL	0,715 g + 9,285 mL H <sub>2</sub> O
<b>1,716 %</b>	3 g	40,858 mL	0,858 g + 9,142 mL H <sub>2</sub> O
<b>2,002 %</b>	3 g	41,001 mL	1,001 g + 8,999 mL H <sub>2</sub> O
<b>2,288 %</b>	3 g	41,144 mL	1,144 g + 8,856 mL H <sub>2</sub> O

Fonte: Acervo pessoal.

A homogeneização e incorporação do extrato líquido no revestimento, foram feitas por meio de agitação (Turrtec TE), a 10.000 rpm por 20 minutos. A definição da faixa de concentrações baseou-se em experimentos preliminares, em que foram testadas concentrações máximas para inibição completa do crescimento do fungo.

#### 4.3.3 Teste in vitro para definição da Concentração Mínima Inibitória (CMI)

O extrato aquoso de *Momordica charantia L.* incorporado no revestimento ativo de fécula de mandioca, conforme descrito no item 3.1, foi testado *in vitro* para verificar a sua atividade antifúngica após a incorporação no revestimento.

Placas de Petri foram preparadas com 20 mL de meio de cultura BDA (batata 200 g/l, dextrose 20 g/l, ágar 20 g/l) da marca KASVI, devidamente esterilizado em Autoclave, com temperatura de 120 °C e pressão de 1 kgf/cm<sup>2</sup>, por 15 minutos e acidificado com ácido tartárico. Após solidificação do meio BDA e a formação de uma camada regular em toda a placa de Petri, estas receberam um volume de 10 mL de revestimento ativo incorporado com o extrato aquoso e foram acondicionadas em geladeira por 24 horas, com temperatura de 10 °C para solidificação do revestimento na placa.

Após a solidificação do meio em câmara de fluxo laminar, um inóculo de 5 mm de diâmetro do micélio de *C. gloeosporioides* foi repicado para o centro de cada placa de Petri de 9 cm de diâmetro, as quais foram vedadas com filme PVC e mantidas em B.O.D. na temperatura de 25 °C, até que as amostras controles

atingissem 2/3 do diâmetro da placa. A avaliação do crescimento micelial foi verificada a cada dia, pela mensuração do diâmetro das colônias, em quatro direções diametralmente opostas, obtendo-se a média dos diâmetros de desenvolvimento dos micélios. Ao fim de 7 dias foi calculada a área do crescimento do micélio, levando em consideração a área de um círculo, conforme a Equação 2.

$$A = \pi r^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

A = área do micélio (cm<sup>2</sup>)

$\pi$  = valor de "pi"

r = valor do raio de círculo do micélio (cm)

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído de dez tratamentos com diferentes concentrações de matéria seca no extrato: de 0%; 0,143%; 0,286%; 0,572 %; 0,858%; 1,144%; 1,430%; 1,716%; 2,002% e 2,288%, com quatro repetições para cada tratamento, sendo o tratamento controle representado por 0% de extrato, relativo ao raio medido na placa em que o fungo é depositado somente em meio BDA.

A concentração mínima inibitória (CMI) foi obtida a partir do ajuste de um modelo não-linear, que descreve a correlação entre a área de crescimento do fungo (cm<sup>2</sup>) em função da concentração de matéria seca do extrato de *Momordica charantia* L. no revestimento (g 100 mL<sup>-1</sup>). A CMI foi definida no ponto da curva em que a concentração de matéria seca do extrato no revestimento inibe o crescimento total do fungo, aos 7 dias de incubação em B.O.D. a 28 °C.

#### 4.4 Experimento IV: Aplicação do revestimento ativo contendo o extrato de *Momordica charantia* L. no controle do crescimento de fungos durante o armazenamento dos mamões

#### 4.4.1 Preparo do revestimento de amido e incorporação do extrato de *Momordica charantia* L.

O revestimento à base de amido de mandioca foi preparado na concentração de 5% de fécula de mandioca (marca PATUSCO), adquirida em supermercado de Campos dos Goytacazes-RJ. Esta concentração de amido de 5% foi definida em testes preliminares com lugol, e foram testadas com diferentes concentrações de amido: 3,0%, 3,5%, 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5% e 6,0%, para avaliar a concentração que melhor recobria e aderiu ao fruto. Foi constatado que a concentração que melhor recobriu, de forma homogênea a superfície do fruto, foi obtida com o revestimento contendo 5,0% de amido. Os testes de homogeneidade do revestimento na superfície do fruto foram feitos com indicador de amido (solução de lugol 1%), após a imersão dos frutos por 1 minuto e secagem sob ventilação natural.

O amido foi previamente seco em estufa (Quimis) por 24 horas, pesado em balança analítica (GEHAKA AG 200) e transferido para Erlenmeyer de 250 mL onde foi dissolvido em água destilada. Em seguida, o revestimento foi aquecido em banho maria em chapa aquecedora até a temperatura de 70 °C. permanecendo nesta temperatura por 15 minutos com agitação magnética constante, até ocorrer a gelatinização completa dos grânulos de amido. Posteriormente, o revestimento foi resfriado em banho de gelo até atingir a temperatura ambiente, quando então foi incorporado com o extrato do agente antimicrobiano *Momordica charantia* L. (Nunes et al., 2017)

O extrato foi preparado com folhas de *Momordica charantia* L. colhidas na Zona da Mata Mineira (Latitude: -20.906657 e longitude: -42.240492), Eugenópolis e transportadas até o laboratório (LTA/UENF) onde foram higienizadas e processadas em secador de bandejas (Pardal) na temperatura de 50 °C com ventilação forçada de ar, até completa secagem. Após secagem, as folhas foram trituradas em moinho analítico (QUIMIS) até obtenção de pó com granulometria de 0.297 mm, utilizando peneira de malha 50 MASH para obtenção do extrato seco com tamanho de partículas padronizadas. Este material foi utilizado na infusão para preparo do extrato aquoso.

Para preparar o extrato aquoso de *Momordica charantia L.*, o extrato seco foi pesado em balança analítica de acordo com a concentração utilizada. Utilizou-se a técnica de infusão para o preparo. A água destilada foi previamente aquecida em chapa aquecedora até a temperatura de 80 °C, em seguida foi adicionado a proporção de massa de extrato seco, sendo então agitado por 2 minutos para homogeneização do extrato e extração de seus componentes. Em seguida, o extrato aquoso foi filtrado em filtro de papel, resfriado e acondicionado em frasco estéril na geladeira. Foi utilizado o extrato na concentração de 1,174% de massa seca no revestimento, o qual proporcionou uma inibição de 99% do crescimento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* no ensaio *in vitro*.

A incorporação do extrato aquoso de *Momordica charantia L.* no revestimento ativo foi feita com um volume constante de 20 mL de extrato aquoso (1,174%), para cada 80 mL de revestimento de fécula de mandioca. A mistura foi processada em um agitador (Turrtec TE) a 10.000 rpm por 20 minutos, para homogeneização e incorporação do extrato líquido com o revestimento. A aparência do revestimento ativo está ilustrada na Figura 18.



Figura 18: Aparência do revestimento ativo contendo 5% de fécula de mandioca incorporado com extrato aquoso de *M. charantia* para imersão dos frutos. Fonte: Acervo pessoal.

#### 4.4.2 Avaliação *in vivo* do efeito do revestimento ativo associado com tratamento hidrotérmico com cálcio para preservação da qualidade e

controle do crescimento de fungos durante o armazenamento de mamões

Para o teste *in vivo* foram usados 120 frutos de mamões Golden, selecionados na empresa Caliman Agrícola, apresentando peso médio de 350 gramas e coloração entre 15% e 25% de mancha amarela da casca. Na empresa, os mamões direcionados para o mercado externo passam por um processo de tratamento térmico para controle da mosca da fruta, como requisito do Programa Papaya do APHIS-USDA. O processo consiste na aplicação de um tratamento hidrotérmico de 48 °C por 20 minutos, seguidos por um banho de resfriamento de 12 °C por 20 minutos, em seguida eles recebem um banho com o fungicida Tecto por 2 minutos e, por fim, são secos com ar seco.

Os frutos foram transportados em caixas de papelão acartonado, sob refrigeração, para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA/CCTA/UENF), onde passaram por um processo de inspeção e seleção criteriosa, visando selecionar frutos sem defeitos e sem injúrias mecânicas. Os frutos foram higienizados com banho de solução clorada a 100 ppm por 15 minutos, em seguida lavados em banho de água destilada e secos naturalmente. Os frutos foram mantidos provisoriamente em câmara fria a 12 °C e 90% UR, até a condução dos ensaios, em 12 horas após a colheita.

Neste ensaio foram realizados três tratamentos, com 40 repetições de frutos para cada tratamento:

- a) Frutos imersos em banho hidrotérmico de cloreto cálcio a 1%, na temperatura de 48 °C por 15 minutos, condição que possibilitou boa impregnação de cálcio e melhoria da firmeza de polpa, identificada em estudo prévio;
- b) Frutos imersos em banho hidrotérmico de cloreto cálcio a 1%, na temperatura de 48 °C por 15 minutos, condição que possibilitou boa impregnação de cálcio e melhoria da firmeza de polpa, identificada em estudo prévio, e tratados com revestimento ativo contendo 5% de amido e extrato aquoso de *M. charantia* L. 1,17391% de massa seca;
- c) Frutos do tratamento controle que foram imersos apenas em água destilada.

Os frutos do tratamento (a) passaram por um banho hidrotérmico (48 °C por 15 minutos) com cloreto de cálcio a 1%. Posteriormente, os frutos foram mergulhados em água destilada para remoção do cálcio superficial e secos em temperatura ambiente sobre bandejas de polietilenono. Já os frutos do tratamento (b) receberam o banho de cloreto de cálcio, conforme descrito em (a), e após a secagem, os frutos foram imersos por 10 minutos no banho com solução de revestimento ativo (5% amido), incorporado com extrato aquoso de *Momordica charantia* L. (Figura 19A). Na sequência, os frutos foram escorridos em telas de inox, e secos por ventilação de ar ambiente até secagem total do revestimento sobre a casca. Este procedimento foi repetido por duas vezes para garantia de total recobrimento dos frutos (Figura 19B). Finalmente, os frutos foram estocados em câmara na temperatura de 23 °C e 90% UR, por um período de 20 dias (Figura 19C).

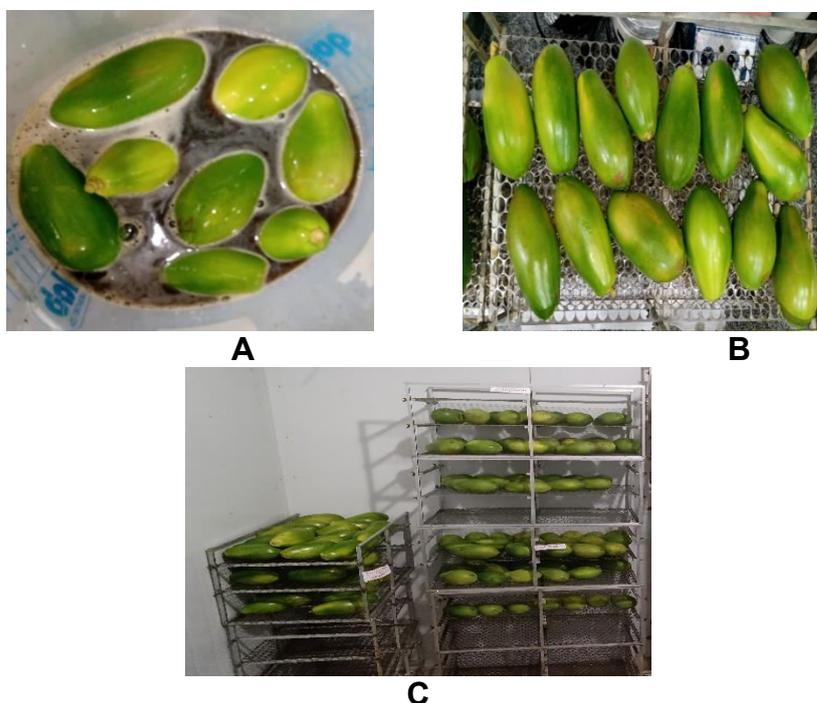


Figura 19: Ilustração do tratamento de imersão dos frutos em banho contendo solução de revestimento ativo (A), secagem dos frutos sobre estante com tela de aço inoxidável (B), armazenamento dos frutos em câmara a 23 °C e 90% UR por 20 dias (C). Fonte: acervo pessoal.

#### 4.4.2.1 Análise de perda de massa

As medidas de massa de cada fruto foram realizadas no início do armazenamento (primeiro dia), e em intervalos de 4 dias, durante os 20 dias de armazenamento, com 40 repetições para cada tratamento. As medidas foram feitas em balança semianalítica (Gehaka BG 2000), que possui precisão de 0.01, com resultados de perda de massa em relação à massa inicial dos frutos, sendo normalizados em  $100 \text{ g}^{-1}$  do fruto (Figura 20).



Figura 20: Pesagem dos frutos para análise de perda de massa.  
Fonte: acervo pessoal.

#### 4.4.2.2 Análise de cor da casca dos frutos

A análise de cor da casca dos frutos foi realizada no início e nos intervalos de 4 dias durante os 20 dias de armazenamento a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  e 90% UR. As medidas foram feitas em dois pontos equidistantes, uma no lado exposto (EXP), aquele que sofreu exposição ao sol e uma no lado não-exposto ao sol (NEXP), com 40 repetições. O equipamento utilizado foi o colorímetro da marca *Hunterlab Miniscan Spectrophotometer XE Plus*, previamente calibrado com placas refletivas de cores preta e branca, com padrão de iluminação D 65 e observador com ângulo de  $10^\circ$  (Figura 21).

Os resultados foram expressos pelo sistema CIE L, "a" e "b" de Hunter, em que os valores de CIE L (luminosidade ou brilho) variam de preto (0) ao branco (100), os valores de CIE "a" correspondem à variação de tonalidades de

cor vermelha (a+) até cor verde (a-), e os valores de CIE “b” indicam variação na faixa de cor amarela (b+) até a cor azul (b-).



Figura 21: Caracterização da medida de cor no colorímetro de Hunter.  
Fonte: acervo pessoal.

#### 4.4.2.3 Determinação da presença de fungos nos frutos

O crescimento de fungos foi avaliado a cada 4 dias, por meio da determinação da proporção de área contaminada na superfície do fruto, utilizando a análise de imagem dos frutos, com auxílio do programa QUANT versão 1.0.1 (Liberato, 2003). As imagens foram feitas sobre uma mesa com auxílio de uma haste de metal, com câmera de celular Moto G8, com 48 *megapixels*, distância de foco de 30 centímetros, ambiente de fundo de cor azul e iluminação com lâmpadas fluorescentes.

As imagens foram processadas no programa *Quant*, após a redução do número de cores para 80 tonalidades, com definição das faixas dos parâmetros de cor RGB típicos do crescimento de fungos (Figura 22). Os resultados foram expressos em % da superfície do fruto contendo a mancha de crescimento de fungos.

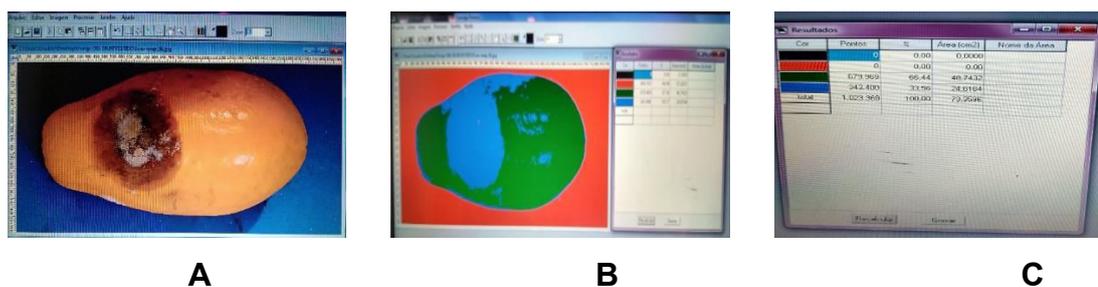


Figura 22: Determinação da área contaminada com fungo na superfície do fruto: imagem original da superfície do fruto (A), redução dos parâmetros de cor RGB e definição da área de contaminação na superfície do fruto (B), tabela de resultados da porcentagem de área contaminada na superfície de fruto (C). Fonte: acervo pessoal.

#### 4.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram processadas no programa SAS, sendo realizado superfície resposta para os dados de migração de cálcio e análise de variância, seguido por teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ . Os gráficos foram feitos no programa *Origin*.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Experimento I: Estudo da migração de cálcio em frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico sob diferentes condições de temperaturas e concentrações de $\text{CaCl}_2$

Os ensaios mostraram que houve absorção de cálcio em todos os tratamentos hidrotérmicos, ocorrendo efeito significativo de migração do cátion nas três partes do fruto: casca, polpa mais externa e polpa mais interna.

A absorção de cálcio na casca, conforme indicado na Figura 23, é mais acentuada nos primeiros 15 minutos, sendo potencializada com o aumento da temperatura (28 °C, 38 °C e 48 °C), o que pode ser explicado pelo fato de este fator ser responsável pelo derretimento da cera na parede dos frutos, propiciando a migração de cálcio que também se intensifica com o aumento da concentração de cloreto de cálcio (0,5%, 1,0% e 1,5%). Nos tempos de 30 e 45 minutos há pouca diferença no incremento da absorção de cálcio nas temperaturas de 28 °C e 38 °C, mas foi observado que na temperatura de 48 °C e na concentração de 1,5% de cálcio, a casca do fruto continuou absorvendo cálcio de forma acentuada (Figura 23.C).

Na comparação entre a menor (0,5%) e a maior (1,5%) concentração de cálcio nos frutos tratados por imersão a 28 °C por 15 minutos, notou-se uma diferença de  $\pm 5,0$  mg de cálcio absorvido pela casca (Figura 23 A). O aumento da temperatura do banho provoca uma maior adsorção de cálcio na casca, nos

diferentes tempos de imersão e concentrações das soluções. Os valores médios de cálcio adsorvido pela casca encontram-se dentro da faixa de 29,74 mg 100 g<sup>-1</sup> (tratamento 0,5% cálcio, 28 °C por 15 minutos) a 46,85 mg 100 g<sup>-1</sup> (tratamento 1,5% cálcio, 48 °C por 45 minutos), apresentando um incremento total de 57,53% de concentração de cálcio na casca pelo efeito do aumento de temperatura, tempo de imersão e concentração de CaCl<sub>2</sub>.

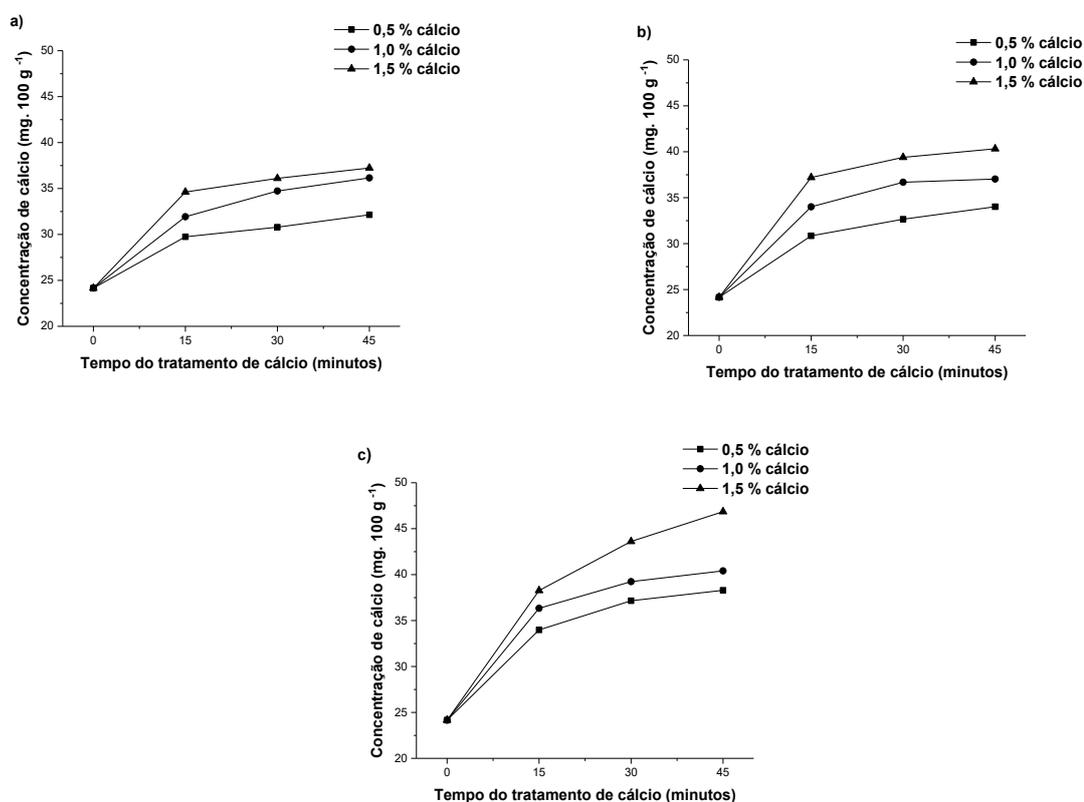


Figura 23: Resultado das análises do teor de cálcio na casca de mamões Golden, submetidos a diferentes tempos de imersão, em concentrações crescentes de cálcio, nas temperaturas de 28 °C (a), 38 °C (b) e 48 °C (c). Fonte: Acervo pessoal.

Na polpa externa, conforme mostrado na Figura 24, os primeiros 15 minutos também foram primordiais para o maior impacto na adsorção de cálcio, ocorrendo pouca variação nos tempos seguintes de imersão (30 e 45 minutos). O

aumento da concentração de cálcio da solução promove uma progressiva adsorção de cálcio na polpa externa, sendo realçada pelo aumento da temperatura do banho hidrotérmico.

Os valores médios de adsorção de cálcio na polpa externa variaram de 11,08 mg 100 g<sup>-1</sup> (tratamento 0,5% cálcio, 28 °C por 15 minutos) até 18,83 mg 100 g<sup>-1</sup> (tratamento 1,5% cálcio, 48 °C por 45 minutos), apresentando uma variação de 69,94% de concentração de cálcio na polpa mais externa pelo efeito do aumento de temperatura, tempo de imersão e concentração de CaCl<sub>2</sub>.

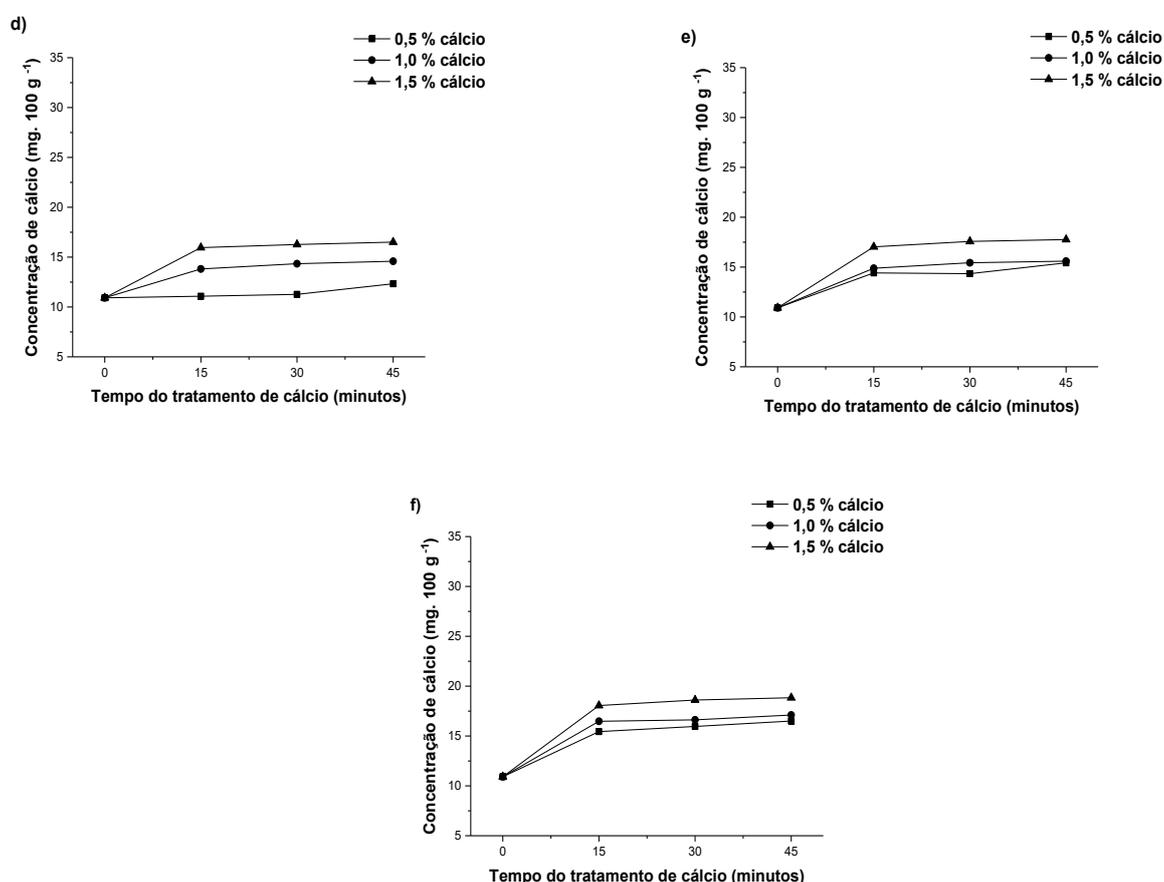


Figura 24: Resultado das análises do teor de cálcio na polpa externa de mamões Golden, submetidos aos diferentes tempos de imersão, em concentrações crescentes de cálcio, nas temperaturas de 28 °C (d), 38 °C (e) e 48 °C (f). Fonte: Acervo pessoal.

Na polpa interna também foi observado o mesmo efeito que aconteceu na casca e na polpa externa, com efetiva migração de cálcio ocorrendo nos primeiros 15 minutos. O aumento das concentrações de cálcio da solução e das temperaturas do banho hidrotérmico promoveram um aumento expressivo da concentração de cálcio na polpa, conforme indicado na Figura 25.

Os valores médios de adsorção de cálcio na polpa interna ficaram na faixa de  $7,88 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (tratamento 0,5% cálcio,  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  por 15 minutos) a  $12,76 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (tratamento 1,5% cálcio,  $48 \text{ }^\circ\text{C}$  por 45 minutos), apresentando um incremento total 61,93 % de concentração de cálcio na polpa mais interna pelo efeito do aumento de temperatura, tempo de imersão e concentração de  $\text{CaCl}_2$ .

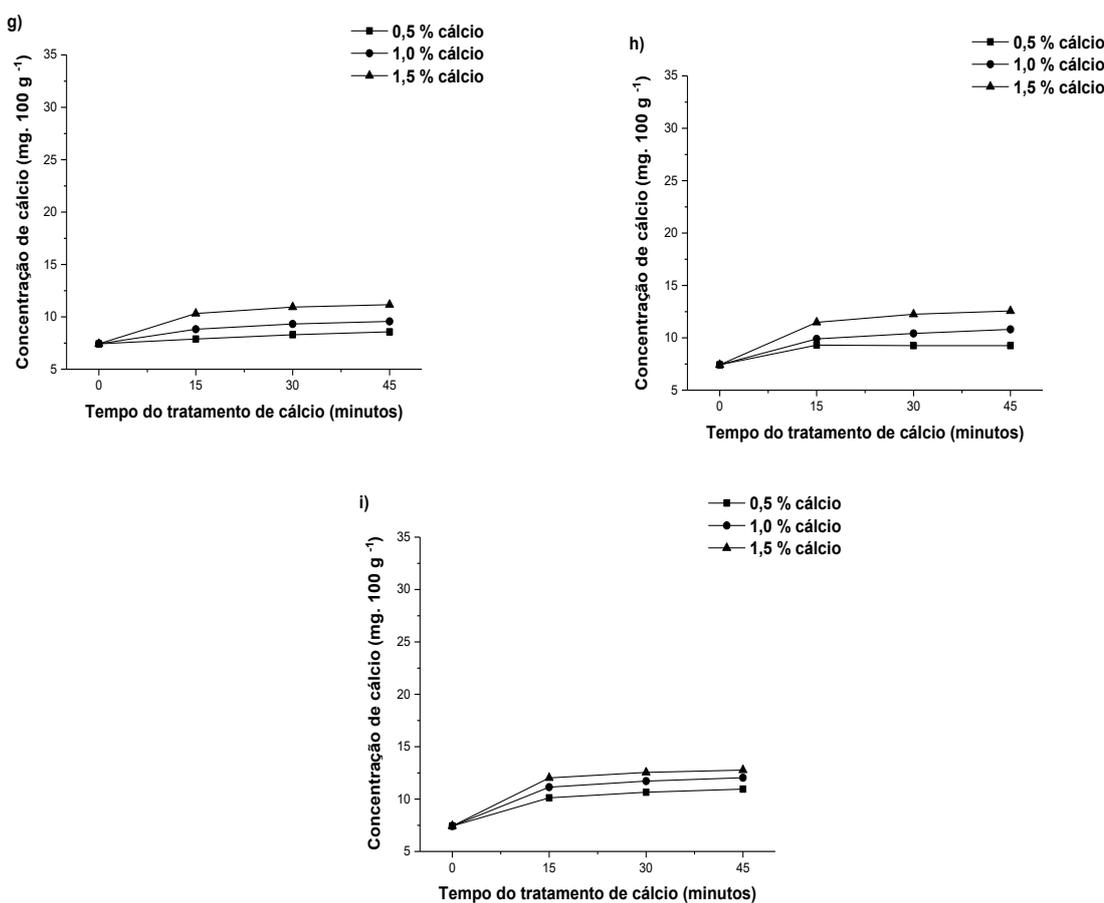


Figura 25: Resultado das análises do teor de cálcio na polpa mais interna de mamões Golden, submetidos aos diferentes tempos de imersão, em concentrações crescentes de cálcio, nas temperaturas de  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  (g),  $38 \text{ }^\circ\text{C}$  (h) e  $48 \text{ }^\circ\text{C}$  (i). Fonte: Acervo pessoal.

Na avaliação do teor de cálcio, nas três partes do fruto, casca, polpa externa e polpa interna, comparando com o teor de cálcio dos frutos no tratamento controle, verificou-se que ocorre uma maior migração de cálcio na casca, em função da intensidade do tratamento hidrotérmico. A migração de cálcio é menos intensa nas porções mais internas do fruto (polpa externa e polpa interna). Assim, por exemplo, o tratamento que promoveu maior adsorção de cálcio na casca (1,5 %  $\text{CaCl}_2$ , 48 °C, 45 minutos) provocou um aumento de 93,91% no teor de cálcio, em relação ao conteúdo de cálcio da casca do fruto do tratamento controle. Já na polpa mais externa, esse incremento do teor de cálcio alcançou 72,43%, e na polpa mais interna o incremento foi de 71,74%, quando comparado com o teor de cálcio dos frutos do tratamento controle.

Verificou-se resultados semelhantes com mangas, havendo uma associação do tratamento hidrotérmico à aplicação de cloreto de cálcio é viável, e que existe uma correlação positiva entre o  $\text{Ca}^{++}$  aplicado e a quantidade deste elemento na casca, porém com menor penetração para a polpa do fruto em relação a casca (de Souza Costa et al., 1999).

O cálcio é encontrado na parede celular vegetal ligado à pectina, dando origem ao pectato de cálcio, restringindo a ação da pectinametilesterase e poligalacturonase, que são enzimas responsáveis pelo amaciamento dos frutos. A aplicação de cálcio na pré-colheita ou pós-colheita, resulta na preservação da firmeza do fruto, redução da taxa respiratória, redução da produção de etileno, e menor atividade da  $\beta$ -galactosidase. A aplicação do cálcio é benéfica para os frutos, pois promove o retardamento da maturação e da senescência, prolongando o período de vida útil e o tempo de prateleira (Yamamoto et al., 2011).

Segundo Bruneto et al. (2008), o uso de pulverizações foliares de fontes de cálcio no pessegueiro, aumenta o seu teor nas folhas. Porém, não se observa o mesmo aumento no fruto, isso porque a absorção ocorre de forma mais elevada no local onde é depositado o cálcio, mas apresenta pequena remobilização (Crisosto et al., 2000).

Lima et al. (2001), ao estudar aplicações de Cálcio em pré-colheita de uvas, via imersão durante 10 segundos em cachos previamente marcados, utilizando doses de 0%, 0,5%, 1,0% e 1,5%, encontraram um aumento nos teores de cálcio total e solúvel no engaço e na baga da uva. Isto difere do que foi encontrado por Kluge et al. (1999), em pré-colheita de mangas, onde os teores de  $\text{Ca}^{++}$  encontrados na polpa dos frutos foram: 0,052% para o controle; 0,043% para  $\text{CaCl}_2$  0,6% e 0,047% para  $\text{CaCl}_2$  1,2%. Os resultados Kluge et al. (1999) demonstraram que o teor de cálcio na polpa não aumentou com os tratamentos de cloreto de cálcio em pré-colheita, o que possivelmente impediu a resposta de retenção do amadurecimento na fase de pós-colheita.

A aplicação do tratamento de hipoclorito associado com cloreto de cálcio em morangos, com e sem refrigeração, mostrou-se eficiente na manutenção da qualidade pós-colheita de morangos (de Morais Cardoso et al., 2012).

Silva et al. (2015), em seus estudos com a infiltração do mamão UENF/Caliman01, em soluções com 6% e 8% de  $\text{CaCl}_2$  na pós-colheita, identificaram que o  $\text{CaCl}_2$  foi capaz de influenciar na qualidade do mamão, melhorando alguns aspectos como: a manutenção da firmeza do fruto e do mesocarpo, retardando a mudança de cor da casca.

Ribeiro (2019) estudou a aplicação de cálcio em pré-colheita de goiabas, avaliando cinco concentrações de  $\text{CaCl}_2$  (0%; 0,5%; 1,0%; 1,5% e 2,0 %) aos 0, 2, 4 e 6 dias de armazenamento, respectivamente, e constatou que as aplicações de  $\text{CaCl}_2$  promoveram aumento linear do teor de Ca nas folhas, e incremento de 27% de  $\text{Ca}^{++}$  em frutos tratados com a concentração de 1,5%.

Xisto et al. (2014), em seus estudos com goiabas, concluíram que o tratamento com cálcio nos frutos foi eficiente para manter a integridade da membrana celular, já que eles apresentaram menores teores de pectina solúvel e menores atividades de PME e PG, compostos responsáveis pelo amaciamento dos frutos.

Modesto (2017), ao estudar a influência de cloreto de cálcio nas concentrações de 0%; 1,5%; 3,0% e 4,5%, na fase pré-colheita de amoreira-preta 'Tupy', identificou que a concentração de  $\text{CaCl}_2$  de 2,2% gerou a maior quantidade de cálcio no fruto ( $2,9 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Madani et al. (2016), estudando o efeito da aplicação de cloreto de cálcio em *Carica papaya L.* cv. Eksotika II na fase pré-colheita, concluíram que o teor de

cálcio aumentou 77% na casca e 30% na polpa, quando comparado com o controle, identificaram também que a qualidade pós-colheita do mamão foi preservada.

Barbosa (2017), em seu estudo com imersão de mamões em solução de  $\text{CaCl}_2$  variando de 0,1% a 3%, em temperatura ambiente, com tempo variando de 30 a 120 minutos, foi efetivo para aumentar a concentração de cálcio no tecido da casca, na parte externa e interna da polpa. Ele também observou que nos primeiros 30 minutos de imersão do fruto ocorreu um aumento do gradiente de concentração de cálcio em soluções a 1% ou maior, atingindo os maiores valores de concentração de cálcio no fruto, conforme a proporção da concentração da solução de imersão, mas após 30 minutos o patamar de concentração era mantido.

A análise de correlação das variáveis, indicando os coeficientes de regressão, p-valor e os limites de confiança para as medidas de concentração de cálcio estão apresentadas na Tabela 1 (casca), Tabela 2 (polpa externa) e Tabela 3 (polpa interna). Foram geradas equações de regressão para cada parte do fruto, como verifica-se na Equação 2 (casca), Equação 3 (polpa externa) Equação 04 (polpa interna).

Tabela 2: Análise de correlações dos coeficientes do modelo de regressão dos valores das medidas de cálcio na casca de mamões Golden, em função da concentração de cálcio, tempo de imersão e temperatura do banho hidrotérmico.

Fatores	Coef. de regressão	p-valor	Estimativa por intervalo de (95 %)	
			Limite inferior	Limite superior
<b>Intercept</b>	24,3377	<b>0,0003</b>	22,5333	26,1421
<b>X<sub>1</sub></b>	3,7535	<b>0,0234</b>	0,5227	6,9843
<b>X<sub>2</sub></b>	-0,1206	<b>0,0454</b>	-0,2387	-0,00253
<b>X<sub>3</sub></b>	0,1495	<b>0,0072</b>	0,04179	0,2572
<b>X<sub>1</sub>*X<sub>2</sub></b>	0,04463	0,0585	-0,00166	0,09093
<b>X<sub>1</sub>*X<sub>3</sub></b>	0,04169	<b>0,0115</b>	0,009630	0,07376
<b>X<sub>2</sub>*X<sub>3</sub></b>	0,003553	<b>&lt;,0001</b>	0,002010	0,005096
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	-0,3342	0,6239	-1,6871	1,0187

$X_2^2$	0,003353	<b>0,0016</b>	0,001315	0,005390
$X_3^2$	-0,00322	<b>&lt;,0001</b>	-0,00473	-0,00172

$x_1$ : Concentração de cálcio (%);  $x_2$ : Temperatura (°C);  $x_3$ : Tempo (minutos.);  $R^2=97\%$ . Fonte: Acervo pessoal.

Nota-se na Tabela 2 que os parâmetros significativos para a casca foram: o termo linear para concentração de cálcio, o termo linear para temperatura, o termo linear para o tempo, a interação entre concentração de cálcio e tempo, a interação entre temperatura e tempo, o termo quadrático para temperatura e o termo quadrático para tempo, em 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) mede a proporção da variação total da resposta que é explicada pelo modelo, devendo ser usado somente para tendência e nunca para fins preditivos, quando o valor é inferior a 60% (Barros Neto et al., 1995; Barros Neto et al., 2001).

O coeficiente de determinação da regressão,  $R^2 = 0,97$ , foi adequado para o modelo, indicando que ele explica 97% da variação dos dados observados. Assim, a concentração de cálcio na casca do mamão pode ser ajustada pelo modelo descrito pela Equação 2.

$$Y = 24,3377 + 3,7535 x_1 - 0,1206 x_2 + 0,1495 x_3 + 0,04463 x_1 x_2 + 0,04169 x_1 x_3 + 0,003553 x_2 x_3 - 0,3342 x_1^2 + 0,003353 x_2^2 - 0,00322 x_3^2. \quad (\text{Eq. 2})$$

A superfície de resposta obtida pelo modelo de ajuste dos dados de concentração de cálcio, tempo de imersão no banho de cálcio, temperatura do banho hidrotérmico e o valor de cálcio medido na casca dos frutos, é apresentada na Figura 26.

Nota-se na Figura 26 (a) que os valores de concentração de cálcio de maior magnitude para a casca são obtidos nas condições de alta temperatura (acima de 30 °C) e alta concentração de cálcio na solução (acima de 1,0%). Ao

contrário, a menor concentração de cálcio na casca é observada em baixa temperatura e baixa concentração de cálcio.

Na análise do efeito dessas variáveis sobre a impregnação de cálcio na casca dos mamões, verifica-se na Figura 26 (b), que os valores de maiores magnitudes de concentração de cálcio foram obtidos nos maiores tempos de imersão e maiores concentrações de cálcio da solução. No entanto, a curva assume uma inflexão que indica a saturação da adsorção em função do tempo de imersão. Um efeito similar é observado na Figura 26 (c), que demonstra uma tendência de estabilização da variação de concentração de cálcio na casca, para o as condições de tempo de imersão acima de 15 minutos.

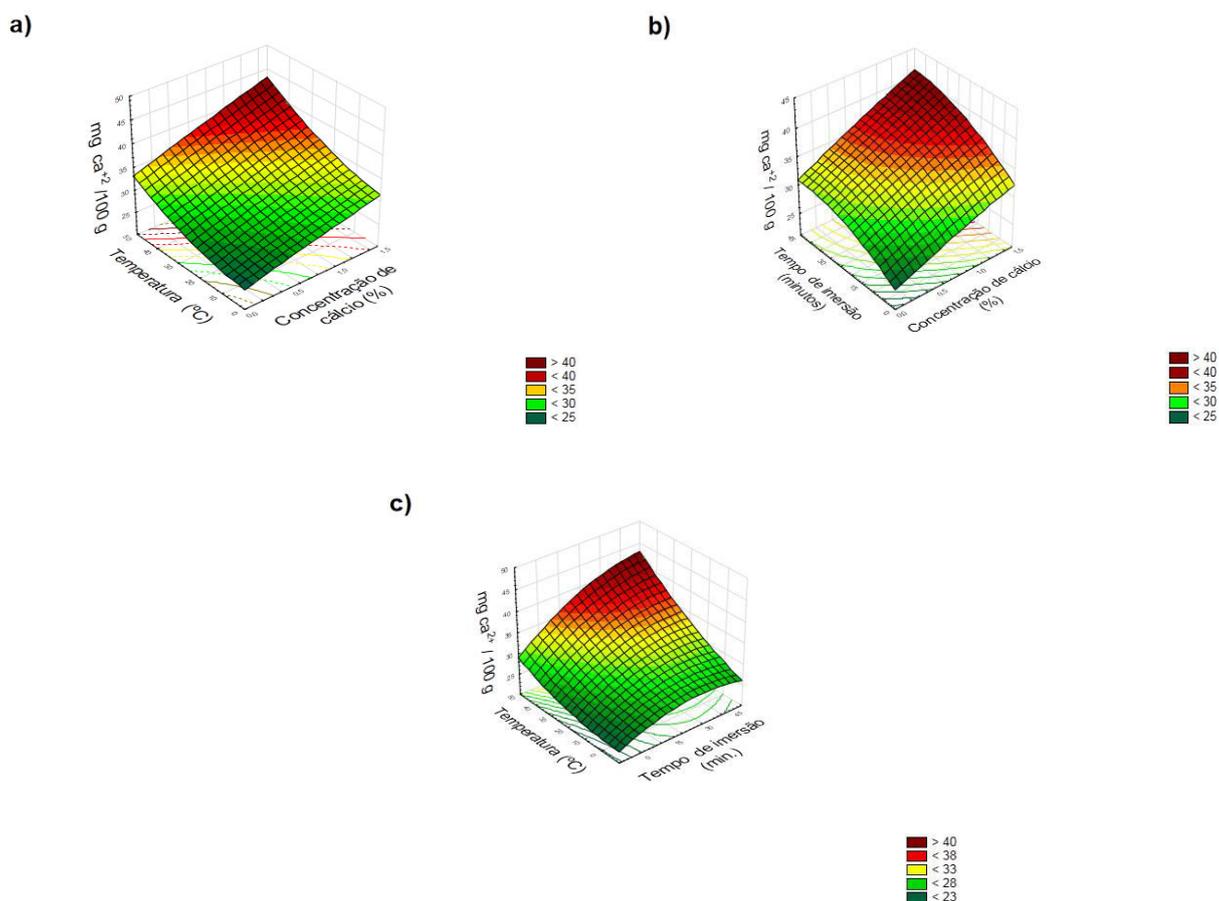


Figura 26: Superfície de Resposta do modelo de migração de cálcio na casca, mostrando o efeito de combinação da temperatura e da concentração da solução de cálcio (a), efeito do tempo de imersão e da concentração de CaCl<sub>2</sub> (b), efeito da temperatura e do tempo de imersão (c). Fonte: Acervo pessoal.

Para a polpa externa, nota-se na Tabela 3 que os parâmetros significativos do modelo foram: termo linear para concentração de cálcio, interação entre concentração de cálcio e temperatura, termo quadrático para concentração de cálcio, termo quadrático para temperatura, em 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

O coeficiente de determinação da regressão,  $R^2 = 0,99$ , foi adequado para o modelo, indicando que ele explica 99% da variação dos dados observados. Assim, a concentração de cálcio na polpa externa do mamão pode ser ajustada por um modelo descrito pela Equação 3.

$$Y = 10,6591 + 2,5409 x_1 - 0,04154 x_2 - 0,06300 x_3 - 0,07477 x_1 x_2 - 0,00259 x_1 x_3 + 0,001028 x_2 x_3 + 1,8167 x_1^2 + 0,003062x_2^2 + 0,000873 x_3^2.$$

(Eq. 3)

Tabela 3: Análise de correlações dos coeficientes do modelo de regressão dos valores das medidas de concentração de cálcio na polpa mais externa de mamões Golden, em função da concentração da solução de cálcio, tempo de imersão e temperatura do banho hidrotérmico.

Fatores	Coef. de regressão	p-valor	Estimativa por intervalo de (95 %)	
			Limite inferior	Limite superior
<b>Intercept</b>	10,6591	<b>0,0007</b>	9,4495	11,8688
<b>X<sub>1</sub></b>	2,5409	<b>0,0221</b>	0,3750	4,7068
<b>X<sub>2</sub></b>	-0,04154	0,2991	-0,1207	0,03763
<b>X<sub>3</sub></b>	-0,06300	0,0862	-0,1352	0,009194
<b>X<sub>1</sub>*X<sub>2</sub></b>	-0,07477	<b>&lt;,0001</b>	-0,1058	-0,04374
<b>X<sub>1</sub>*X<sub>3</sub></b>	-0,00259	0,8108	-0,02409	0,01890
<b>X<sub>2</sub>*X<sub>3</sub></b>	0,001028	0,0514	-6,37E-6	0,002062
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1,8167	<b>0,0002</b>	0,9098	2,7237
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	0,003062	<b>&lt;,0001</b>	0,001696	0,004427
<b>X<sub>3</sub><sup>2</sup></b>	0,000873	0,0885	-0,00013	0,001881

$x_1$ : Concentração de cálcio (%);  $x_2$ : Temperatura (°C);  $x_3$ : Tempo (min.);  $R^2 = 99\%$ .  
Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 27 mostra a superfície resposta gerada a partir do modelo descrito na Equação 3. Nota-se na Figura 27a que, à medida que a temperatura e a concentração de cálcio são aumentadas, ocorre também o aumento da concentração de cálcio na polpa externa, sendo que os valores de maiores magnitudes de concentração de cálcio são obtidos com temperatura acima de 40 °C e concentração de cálcio na solução acima de 1,0%.

Na Figura 27b verifica-se que a maior concentração de cálcio na polpa externa ocorre para condições de maior tempo de imersão em concentração de cálcio acima de 1,0 %, demonstrando uma tendência de saturação de cálcio na polpa em função do aumento do tempo de imersão. Na Figura 27c, nota-se um efeito expressivo do aumento da concentração de cálcio na polpa externa, à medida que se aumenta a temperatura, mas o tempo de imersão tem pouco efeito na variação do teor de cálcio na polpa.

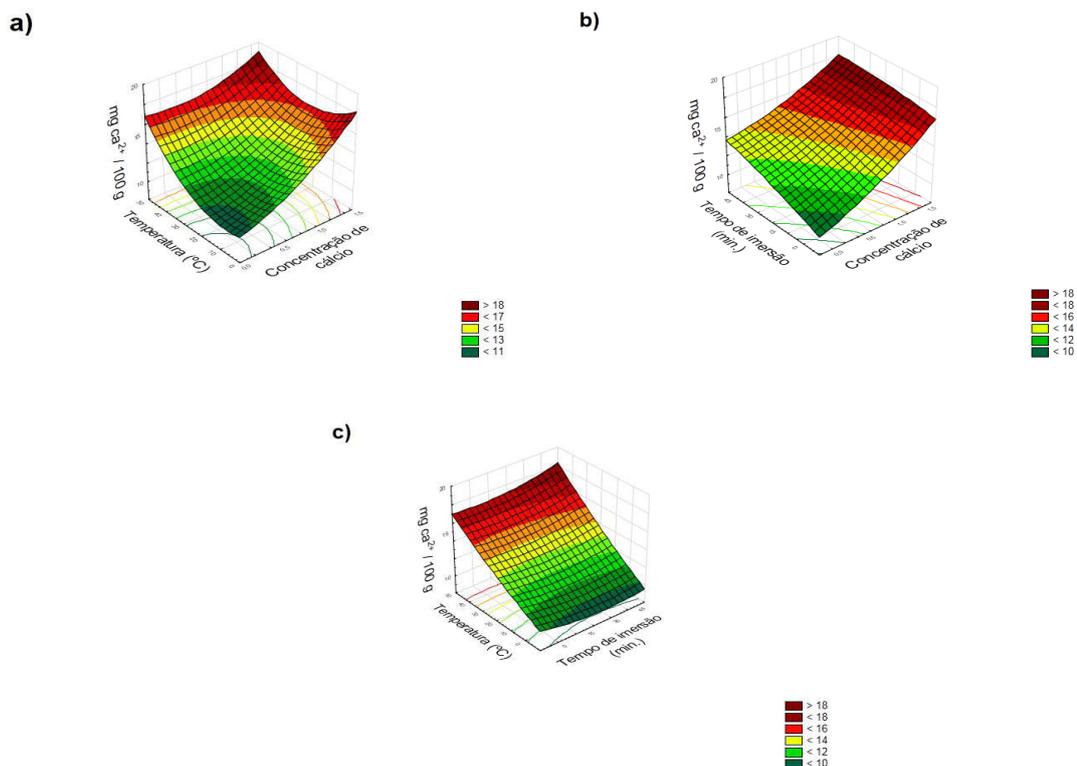


Figura 27: Superfície de Resposta do modelo de ajuste da migração de cálcio na polpa externa, mostrando o efeito de combinação de temperatura e da concentração de cálcio (a), efeito do tempo de imersão e da concentração (b), efeito da temperatura e do tempo de imersão (c). Fonte: Acervo pessoal.

No caso da polpa interna, nota-se na Tabela 4 que os parâmetros significativos do modelo foram: o termo linear para temperatura, a interação entre concentração de cálcio e temperatura, a interação entre concentração de cálcio e tempo, a interação entre temperatura e tempo, o termo quadrático para concentração de cálcio e o termo quadrático para temperatura, com 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

O coeficiente de determinação da regressão ( $R^2 = 0,96$ ) foi adequado para o ajuste do modelo, indicando que ele explica 96% da variação dos dados observados. Assim, a concentração de cálcio na polpa interna do mamão pode ser ajustada pelo modelo descrito pela Equação 4.

$$Y = 7,3074 + 0,7185 x_1 - 0,0432 x_2 - 0,00583 x_3 - 0,01891 x_1 x_2 + 0,01871 x_1 x_3 + 0,000631 x_2 x_3 + 0,9140 x_1^2 + 0,001930 x_2^2 - 0,00022 x_3^2. \text{ (Eq. 4)}$$

Tabela 4: Análise de correlações dos coeficientes do modelo de regressão dos valores das medidas de concentração de cálcio na polpa mais interna de mamões Golden, em função da concentração da solução de cálcio, tempo de imersão e temperatura do banho hidrotérmico

Fatores	Coef. de regressão	p- valor	Estimativa por intervalo de (95 %)	
			Limite inferior	Limite superior
<b>Intercepto</b>	7,3074	<b>0,0004</b>	6,6614	7,9533
<b>X<sub>1</sub></b>	0,7185	0,2196	-0,4381	1,8751
<b>X<sub>2</sub></b>	-0,04321	<b>0,0453</b>	-0,08549	-0,00093
<b>X<sub>3</sub></b>	-0,00583	0,7637	-0,04439	0,03272
<b>X<sub>1</sub>* X<sub>2</sub></b>	-0,01891	<b>0,0259</b>	-0,03548	-0,00234
<b>X<sub>1</sub>*X<sub>3</sub></b>	0,01871	<b>0,0018</b>	0,007230	0,03019

$X_2 * X_3$	0,000631	<b>0,0258</b>	0,000078	0,001183
$X_1^2$	0,9140	<b>0,0003</b>	0,4296	1,3983
$X_2^2$	0,001930	<b>&lt;,0001</b>	0,001200	0,002659
$X_3^2$	-0,00022	0,4250	-0,00075	0,000322

$X_1$ : Concentração de cálcio (%);  $X_2$ : Temperatura (°C);  $X_3$ : Tempo (min.);  $R^2 = 96\%$   
 Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 28 mostra a superfície resposta gerada a partir do modelo descrito na Equação 4. Nota-se na Figura 28a que os valores de maior magnitude de concentração de cálcio na polpa interna são alcançados quando se trabalha com maiores temperaturas e maiores concentrações de cálcio na solução de imersão.

Na Figura 28b nota-se um efeito significativo de aumento da concentração de cálcio na solução, mas o tempo de imersão tem uma tendência de minimização do incremento da concentração de cálcio na polpa interna. Na análise da correlação entre temperatura e tempo de imersão, verifica-se na Figura 28c que o tempo de imersão tem pouco efeito no incremento da adsorção de cálcio, mas esta adsorção de cálcio aumenta sob condições de aumento de temperatura.

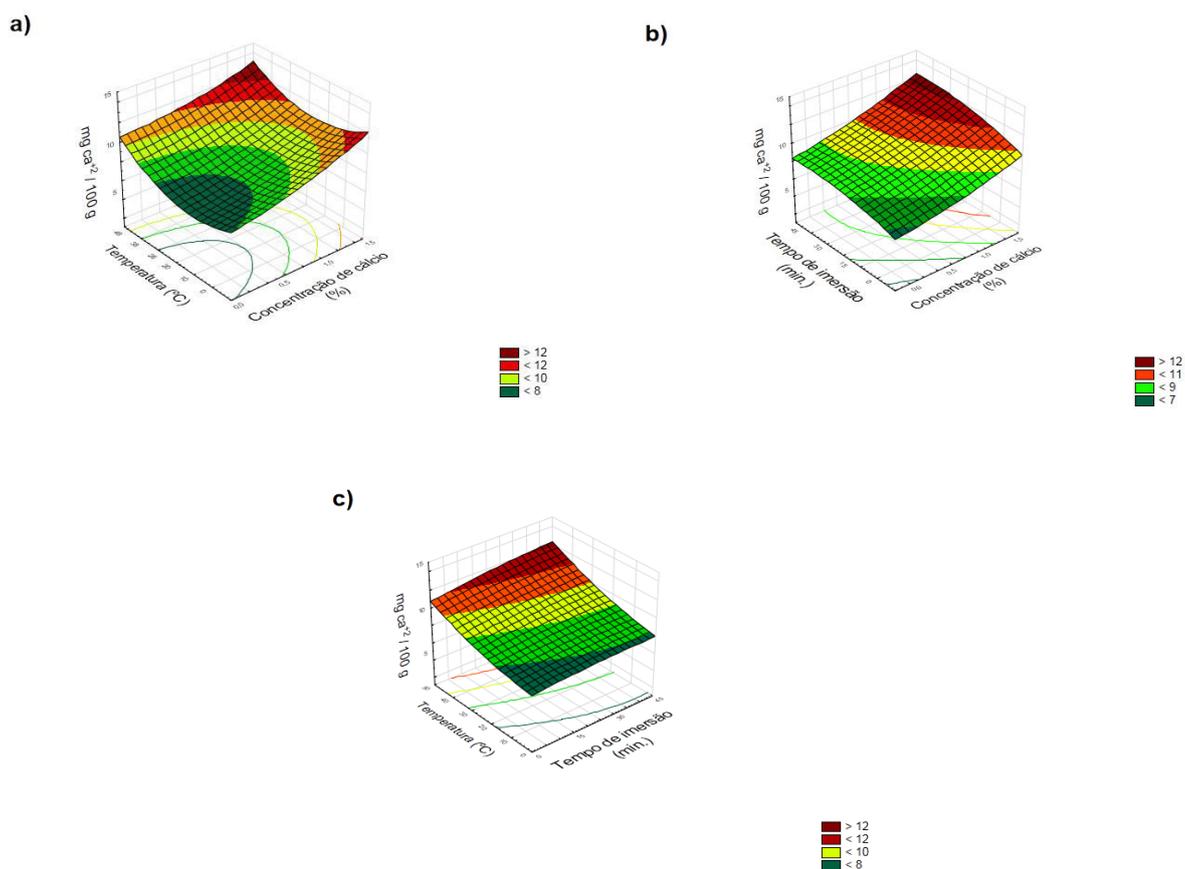


Figura 28: Superfície de Resposta do modelo de ajuste da migração de cálcio na polpa mais interna, mostrando o efeito de combinação de temperatura e da concentração de cálcio (a), efeito do tempo de imersão e da concentração (b), efeito da temperatura e do tempo de imersão (c). Fonte: Acervo pessoal.

Em seu trabalho, Barbosa (2017) também identificou um efeito de intensa adsorção de cálcio na casca e na polpa de mamões Golden nos primeiros 30 minutos de imersão dos frutos, sob condições de temperatura ambiente. No tempo de imersão acima de 60 minutos Barbosa (2017), identificou que ocorre um efeito de estabilização da adsorção de cálcio na casca e também nas partes da polpa externa e polpa interna, indicando que a impregnação de cálcio nos tecidos da casca e da polpa exerce um efeito de barreira à difusão do cálcio.

## 5.2 Experimento II: Efeito do tratamento de cálcio na alteração de firmeza dos mamões

Os resultados de análises de firmeza da casca, polpa externa e polpa interna, estão apresentados na Figura 29. Os frutos do tratamento controle apresentaram uma queda acentuada de firmeza da casca e das duas partes da polpa, quando avaliada a mudança de firmeza entre o início e após 10 dias de estocagem a 23 °C e 90% UR. No entanto, os frutos que sofreram o tratamento hidrotérmico por 15 minutos a 48 °C, com diferentes concentrações de cálcio, apresentaram medidas de firmeza significativamente diferentes dos frutos do tratamento de controle.

Observou-se que na casca, o tratamento controle após o armazenamento apresentou o menor valor de firmeza em Newtons (N), à medida que se aumentou a concentração de cálcio notou-se aumento de firmeza. O tratamento de 1,5 % de cloreto de cálcio destacou-se por apresentar firmeza de 14,30 N, uma firmeza significativa em relação aos outros tratamentos.

Na polpa externa e polpa interna o tratamento controle, após o armazenamento, também foi o que apresentou menor valor de firmeza. Foi observado um aumento gradual de firmeza nas polpas à medida que se aumentou a concentração de cálcio. Tanto na polpa externa, como na polpa interna, o tratamento com 1,5% de cálcio apresentou os maiores valores de firmeza, a polpa externa apresentou firmeza de 7,37 (N) e a polpa interna uma firmeza de 2,90 (N).

Resultados semelhantes foram encontrados por Russo et al. (2012) no trabalho com melão amarelo (CAC), minimamente processado, submetido a diferentes cortes e concentrações de cloreto de cálcio, armazenado em atmosfera modificada passiva, identificando que o tratamento com 1,5% de  $\text{CaCl}_2$  propiciaram os maiores valores de textura durante o armazenamento.

Conforme observado nos resultados do presente trabalho, o tratamento com cálcio tem se mostrado importante para proporcionar melhorias na firmeza dos frutos durante o armazenamento, tais como, em pitangas (Sanchez et al., 2017), mamão (Al-Eryaniraqeeb, 2008), figos cv Roxo-de-Valinhos (de Paula et al., 2007), maracujá-amarelo (Campos et al., 2005), goiabas (Xisto et al., 2004), mangas Tommy Atkins (Freire Júnior; Chitarra, 1999), melancia (Miguel et al., 2007). Estes resultados são explicados pela presença de  $\text{CaCl}_2$  nos frutos que se liga à pectina, formando o pectato de cálcio, garantindo a estabilização da parede celular vegetal, e mantendo a integridade que atua contra a ação de enzimas degradantes (Valero; Serrano, 2010).

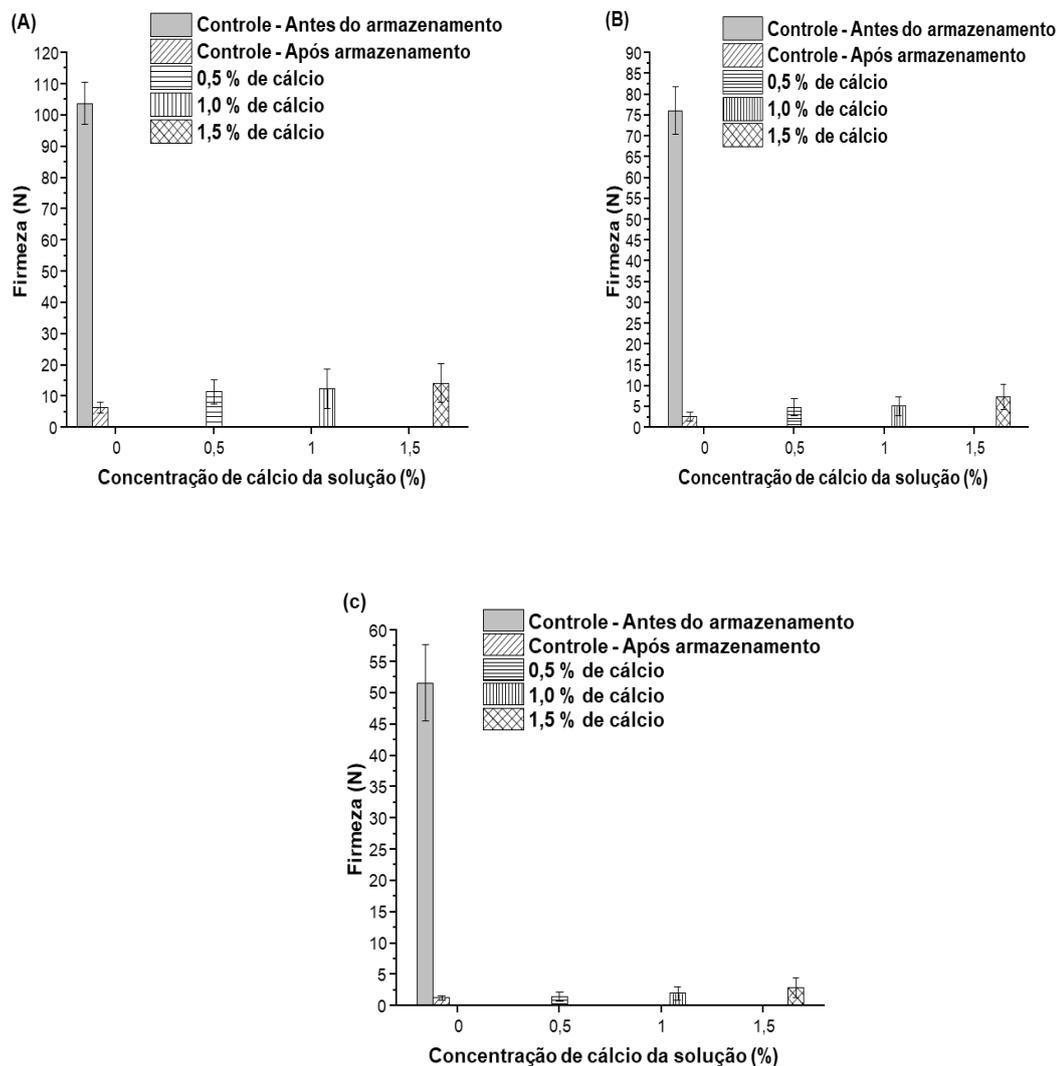


Figura 29: Resultados das análises de firmeza da casca (A), polpa externa (B) e polpa interna (C) de mamões Golden, armazenados por 10 dias a 23 °C e 90% UR, após sofrerem os tratamentos em banho hidrotérmico a 48 °C por 15 minutos, com soluções contendo diferentes concentrações de cloreto de cálcio. Fonte: Acervo pessoal.

Brackmann et al. (2010), em seus estudos de pós-colheita com maçãs, observaram que os frutos que receberam três, seis e nove aplicações de  $\text{CaCl}_2$  com concentração de 0,6%, tiveram um aumento linear na firmeza da polpa.

Em um estudo com mamões UENF/Caliman01, Silva et al. (2015) perceberam que a infiltração de soluções com 6% e 8% de  $\text{CaCl}_2$ , na pós-

colheita, foi capaz de influenciar a qualidade dos frutos, melhorando aspectos de firmeza e do mesocarpo.

Albertini et al. (2016) identificaram que os mamões minimamente processados, tratados com cloreto de cálcio, apresentam maior firmeza até o 12º dia mantidos em armazenamento refrigerado a  $5 \pm 1$  °C e  $90 \pm 2\%$  UR.

Os testes de médias das análises de firmeza da casca, polpa externa e polpa interna de mamões Golden, tratados em banho hidrotérmico a 48 °C por 15 minutos, com diferentes concentrações de cloreto de cálcio, armazenados por 10 dias a 23 °C e 90% UR, estão apresentados na Tabela 5.

Nota-se que a firmeza da casca atingiu valores mais altos nos tratamentos do banho hidrotérmico com solução contendo pelo menos 1% de cloreto de cálcio. No caso da parte da polpa mais externa, o nível mais destacado de firmeza foi obtido no tratamento com 1,5% de cálcio, mas o tratamento com 1% de cálcio possibilitou uma maior firmeza em relação ao tratamento controle. A parte mais interna da polpa teve um maior destaque de firmeza para o tratamento em solução com 1,5% de cloreto de cálcio, mas o tratamento com banho a 1% de cloreto de cálcio mostrou uma tendência de maior firmeza em relação ao tratamento controle.

Desta forma, tendo em conta o efeito destacado de melhor firmeza da casca e a diferenciação de firmeza da polpa mais externa em relação ao tratamento controle, assim como o menor gasto com a aplicação da solução de cloreto de cálcio, considera-se que o tratamento hidrotérmico com solução de 1% de cloreto de cálcio, é efetivo para ser usado em associação com o revestimento ativo.

Tabela 5: Testes de médias da análise de firmeza da casca, polpa externa e polpa interna de mamões Golden, tratados em banho hidrotérmico a 48 °C por 15 minutos, com diferentes concentrações de cloreto de cálcio, armazenados por 10 dias a 23 °C e 90% UR

Tratamentos	Partes do fruto		
	Casca	Polpa externa interna	Polpa
<b>Tratamento controle</b>	6,38 C	2,58 C	1,31 B
<b>Concentração de cálcio 0,5 %</b>	11,47 B	4,88 B	1,51 B

<b>Concentração de cálcio 1,0</b>	12,37 A	5,17 B	1,96 B
%			
<b>Concentração de cálcio 1,5</b>	14,30 A	7,37 A	2,90 A
%			

Valores em uma mesma coluna seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste 't'. Fonte: Acervo pessoal.

Na avaliação do número de frutos contaminados por fungos após 10 dias de armazenamento a 23 °C e 90% UR, constatou-se que o tratamento controle apresentou 23 frutos com presença de fungos na casca, representando 58% do número de frutos deste tratamento estocados na câmara (Figura 30).

O aumento da concentração de cálcio no banho hidrotérmico promoveu uma redução expressiva no número de frutos contaminados, atingindo somente 1 fruto no tratamento com 1,5% de cálcio. Essa redução de incidência de fungos nos tratamentos com cálcio vai de encontro com o trabalho de Ayón-Reyna et al. (2017), em que o tratamento hidrotérmico com cloreto de cálcio possibilitou uma maior firmeza dos frutos de mamão, proporcionando um aumento da resistência da parede celular ao ataque de fungos.

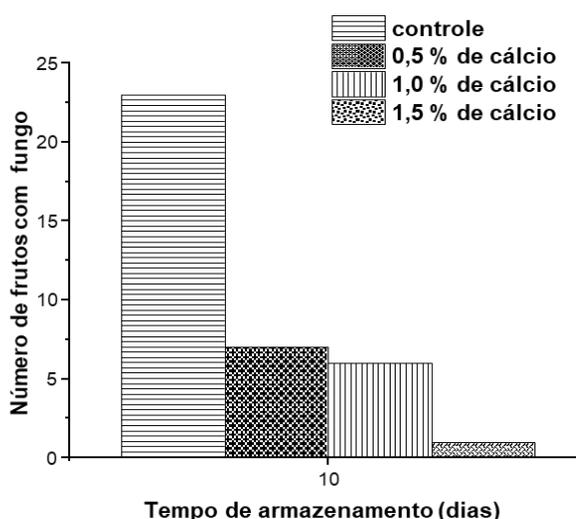


Figura 30: Número de frutos contaminados com fungos após o tratamento com banho hidrotérmico a 48 °C por 15 minutos, em diferentes concentrações de

cloreto de cálcio, avaliados após 10 dias de armazenamento a 23 °C e 90% UR. Fonte: Acervo pessoal.

### 5.3 Teste *in vitro* para definição da Concentração Mínima Inibitória (CMI)

Os ensaios sobre o efeito de inibição do crescimento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, provocado pelo revestimento ativo contendo diferentes concentrações do extrato aquoso de *Momordica charantia* L., estão ilustrados na Figura 31. O aumento da concentração do extrato no revestimento ativo promove uma inibição parcial ou total do crescimento do fungo à medida que se aumenta o teor de matéria seca do extrato no revestimento. Resultados similares foram obtidos por Venturosos et al. (2011), Celoto et al. (2008) e Silva et al. (2011).

Ao final de 7 dias de incubação nota-se na Figura 31 que o tratamento controle já tinha atingido quase toda a superfície da placa de Petri, enquanto nos outros tratamentos observa-se menor área de crescimento micelial à medida que se aumenta a concentração de massa seca do extrato no revestimento.

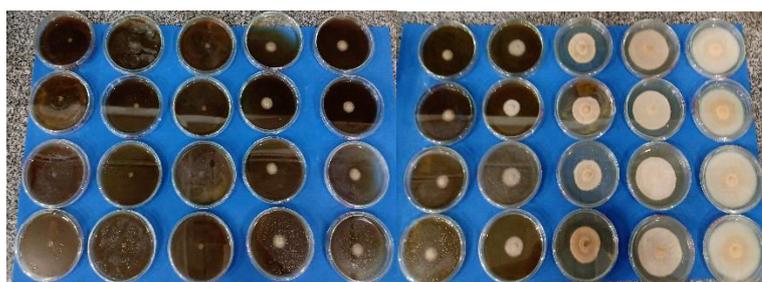


Figura 31: Ilustração do efeito de inibição do crescimento do fungo *Colletotrichum gloeosporioides* em placas de Petri contendo diferentes concentrações de extrato de *Momordica charantia* L. no revestimento ativo (2,288% 2,002% 1,716% 1,430% 1,144% 0,858% 0,572 % 0,286% 0,143% Controle, na sequência da esquerda para a direita), avaliado após 7 dias de incubação a 28 °C. Fonte: Acervo pessoal.

O tratamento controle apresentou área de crescimento do fungo de 37,65 cm<sup>2</sup> após 7 dias de incubação a 28 °C, ocorrendo redução desta área à medida que se aumentou a concentração de massa seca no extrato no revestimento ativo (Figura 32). Resultados similares foram encontrados por Silva et al. (2011), em seu trabalho com uso do extrato de *Momordica charantia* L. para inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*.

O tratamento com o revestimento contendo 0,143% de massa seca do extrato foi o que apresentou a menor inibição do crescimento micelial, com uma área de crescimento de 30,18 cm<sup>2</sup>. No entanto, o revestimento contendo 2,288% de massa seca do extrato, apresentou grande capacidade de inibição do fungo, com uma área de crescimento residual de 0,01 cm<sup>2</sup>. Nota-se na Figura 32 que o revestimento ativo contendo 0,856% de matéria seca do extrato já alcançou valores muito altos de inibição do fungo, porém, esse efeito de inibição segue uma curva definida por um modelo exponencial decrescente que tende a um valor residual mínimo.

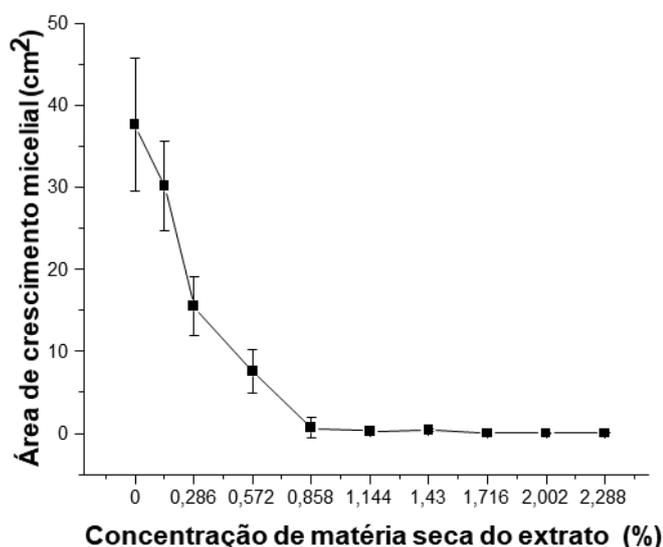


Figura 32: Curva de inibição do *Colletotrichum gloeosporioides* caracterizada pela área de crescimento do fungo em placas de Petri contendo revestimentos ativos com diferentes concentrações de massa seca no extrato aquoso, aos 7 dias de incubação a 28 °C. Os pontos experimentais estão representados com os respectivos coeficientes de variação das medidas. Fonte: Acervo pessoal.

A concentração mínima inibitória (CMI) foi calculada levando em consideração a porcentagem de matéria seca do extrato, que garante a inibição de 99% da área de crescimento do fungo. O modelo adimensional de ajuste da curva está indicado na Equação 5. Este modelo descreve a porcentagem de inibição do crescimento do fungo, tendo como estado de referência o crescimento máximo de 100% no tratamento controle. A CMI para o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* foi atingida com concentração de 1,174% de matéria seca no extrato.

$$e^{-\lambda x(1+\lambda x)} - (1-pc) = 0 \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que:

$\lambda$  = Valor de lambda calculado previamente no ajuste do modelo aos dados experimentais (5,6544)

$x$  = concentração de matéria seca do extrato no revestimento ativo (%)

$pc$  = Porcentagem de inibição (0,99)

As placas dos tratamentos que apresentaram alta capacidade de inibição permaneceram incubadas por um período de 20 dias, a fim de se observar a efetividade da inibição do crescimento micelial por um período maior de tempo, notando-se que mesmo após 20 dias de incubação, as placas não apresentaram crescimento significativo.

Segundo Celoto et al. (2011), extratos aquosos e hidroetanólico, obtidos de folhas e ramos de *Momordica charantia* L, na concentração de 50% em relação ao volume adicionado em meio sólido, proporcionaram 71% e 65% de inibição do crescimento micelial do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.

De acordo com Jia et al. (2017), extratos de *M. charantia* L. podem exercer efeitos tóxicos ou adversos sob diferentes condições, tanto *in vitro*, quanto no estudo *in vivo*.

Os extratos hidroetanólicos de eucalipto e de melão-de-São-Caetano, proporcionam porcentagem de inibição de *C. gloeosporioides* entre 62% e 70%, diferindo significativamente dos demais extratos (Celoto et al., 2011).

Leelaprakash et al. (2011) avaliaram a atividade antimicrobiana do extrato aquoso e etanólico de *M. charantia L.* para *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Bacillus subtilis*, e concluíram que ambos os extratos apresentaram atividade antimicrobiana para os patógenos citados.

A Tabela 6 apresenta o teste de comparação das médias das áreas de crescimento micelial do fungo *C. gloeosporioides*, nas placas contendo revestimento ativo com diferentes concentrações de matéria seca do extrato aquoso de *Momordica charantia L.* Nota-se que os revestimentos contendo mais de 0,858% de matéria seca do extrato apresentaram alta atividade de inibição do crescimento micelial.

Tabela 6: Teste de comparação de médias das áreas de crescimento do fungo *C. gloeosporioides* nas placas contendo revestimento ativo com diferentes concentrações de matéria seca do extrato aquoso de *Momordica charantia L.*, após 7 dias de incubação a 25 °C.

<b>Tratamento</b> <b>(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>média das áreas</b>
<b>controle</b>	<b>37,65<sup>a</sup></b>
<b>0,143%</b>	<b>30,18<sup>b</sup></b>
<b>0,286%</b>	<b>15,55<sup>c</sup></b>
<b>0,572%</b>	<b>7,55<sup>d</sup></b>
<b>0,858%</b>	<b>0,71<sup>e</sup></b>
<b>1,144%</b>	<b>0,43<sup>e</sup></b>
<b>1,430%</b>	<b>0,28<sup>e</sup></b>
<b>1,716%</b>	<b>0,03<sup>e</sup></b>
<b>2,002%</b>	<b>0,01<sup>e</sup></b>
<b>2,288%</b>	<b>0,01<sup>e</sup></b>

Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,01$ . Fonte: Acervo pessoal.

#### 5.4 Experimento IV: Avaliação *in vivo* do efeito do revestimento ativo associado com tratamento hidrotérmico com cálcio para preservação da qualidade e controle do crescimento de fungos, durante o armazenamento de mamões

##### 5.4.1 Análise de perda de massa

Segundo Carvalho e Lima (2002), a perda de massa fresca que ocorre com os frutos, ao longo do armazenamento, está associada à perda de umidade e de material de reserva ocasionados pela transpiração e respiração dos frutos, o que também altera a aparência, textura e qualidade dos frutos.

A Figura 33 apresenta os valores de perda de massa dos mamões Golden durante 20 dias de armazenamento, a 23 °C e 90% UR. O estudo avaliou o efeito do tratamento hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) com solução de cloreto de cálcio (1%) e do tratamento com revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca no extrato, em associação com o tratamento hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução 1% de cloreto de cálcio, comparando com o tratamento controle.

Nota-se na Figura 33 que o tratamento controle teve uma diferenciação expressiva de maior perda de massa após 12 dias de armazenamento, ao passo que o tratamento com cálcio em banho hidrotérmico, apresentou menores valores de perda de massa a partir dos 12 dias de estocagem.

A perda de massa dos frutos tratados com revestimento ativo também foi menor do que aquela dos frutos do tratamento controle, no entanto, ela atingiu níveis mais altos em relação ao tratamento dos frutos com cálcio (sem revestimento). Isto ocorreu após os 12 dias de armazenamento a 23 °C e 90% UR, indicando que o revestimento pode ter sofrido degradação que potencializou a redução da massa dos frutos. É importante ressaltar que esses frutos foram avaliados desde o início, com a massa total do fruto com o revestimento. O revestimento de fécula de mandioca, associado com extrato de *M. charantia* L., por ser hidrofílico, tem baixa resistência à migração de umidade, e cria uma superfície úmida sobre o fruto (Villadiego et al., 2005), favorecendo a deterioração e consequentemente a perda de massa.

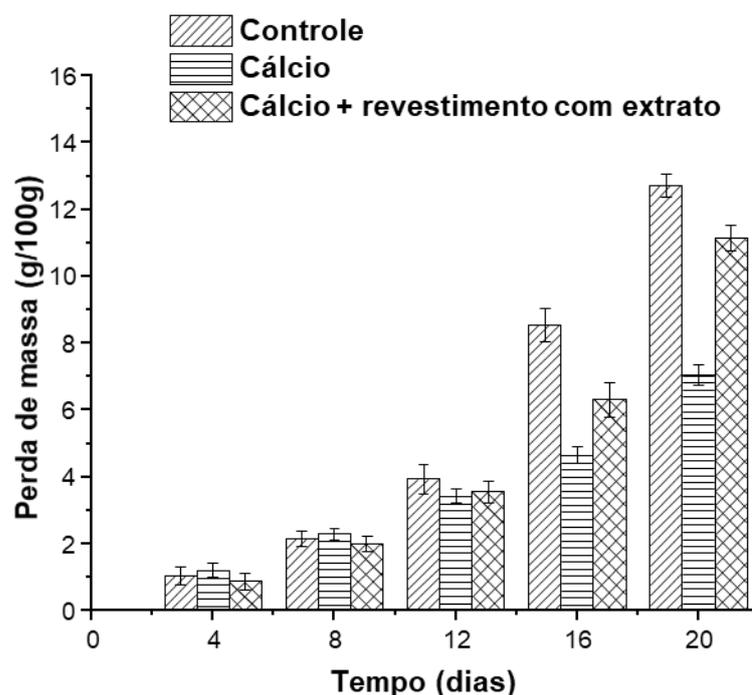


Figura 33: Perda de massa dos mamões Golden armazenados por 20 dias a 23 °C e 90% UR, avaliados para o tratamento hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução de cloreto de cálcio 1%; tratamento com banho hidrotérmico e aplicação de revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca do extrato de *Momordica charantia L*, e tratamento Controle. As barras estão indicadas com o Coeficiente de Variação das medidas. Fonte: Acervo pessoal.

Nunes et al. (2017), em seus trabalhos de armazenamento de mamão formosa revestido com fécula de mandioca, encontraram maior perda de massa no tratamento controle, que apresentou perda diária média de 2,92%. Já o tratamento com a aplicação de fécula a 2%, teve perda média diária de 1,13%, e com a aplicação da fécula a 4% a perda média foi de 1,35%. Ao comparar os tratamentos com a testemunha, verificou-se uma diferença de 21,38% e de 18,79%, respectivamente.

Segundo Peroni (2002), a menor perda de massa nos frutos tratados com Cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) é devido à menor respiração e transpiração dos frutos. Em melancias minimamente processadas que receberam tratamento de  $\text{CaCl}_2$  na

concentração de 1%, notou-se que a perda de massa foi menor quando comparada ao tratamento controle.

Neves et al. (2004), em seus trabalhos com carambola, encontraram menor perda de massa dos frutos tratados com  $\text{CaCl}_2$ , quando comparados com os frutos do tratamento controle. Tais resultados foram associados à degradação dos tecidos que acarreta aceleração da senescência e desestruturação das células dos tecidos. Tavares et al. (2003), trabalhando com aplicação de  $\text{CaCl}_2$  nas concentrações de 1% e 2% em maracujá, observaram um retardamento da perda de massa fresca em relação aos frutos controle.

A Tabela 7 apresenta os testes de médias para as medidas de perda de massa dos mamões submetidos aos tratamentos de banho hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução de cloreto de cálcio 1%; tratamento com banho hidrotérmico e aplicação de revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca do extrato de *Momordica charantia* L; e tratamento Controle.

Tabela 7: Teste de médias para as medidas de perda de massa dos mamões submetidos aos tratamentos de banho hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução de cloreto de cálcio 1%; tratamento com banho hidrotérmico e aplicação de revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca do extrato de *Momordica charantia* L; e tratamento Controle. Armazenamento a 23 °C e 90% UR.

<b>Tempo</b>	<b>Controle</b>	<b>Cálcio a 1%</b>	<b>Cálcio + revestimento + extrato</b>
<b>4 dias</b>	1,04 Da	1,20 Ea	0,88 Db
<b>8 dias</b>	2,15 Dab	2,30 Da	1,99 Db
<b>12 dias</b>	3,93 Ca	3,42 Cb	3,56 Cb
<b>16 dias</b>	8,54 Ba	4,64 Bc	6,32 Bb
<b>20 dias</b>	12,72 Aa	7,03 Ac	11,13 Ab

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais em uma mesma coluna e letras minúsculas iguais em uma mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey  $p \leq 0,05$ . Fonte: Acervo pessoal.

Observa-se que ao longo dos dias de armazenamento, a perda de massa percentual dos frutos foi aumentando. O tempo de 20 dias de armazenamento foi o que teve maior perda de massa em todos os tratamentos. A partir de 16 dias de armazenamento houve perda de massa significativamente diferente para todos os tratamentos. O tratamento controle foi o que apresentou maior perda de massa aos 20 dias, seguido pelo tratamento que recebeu banho de cálcio com revestimento ativo. O tratamento que recebeu apenas cálcio, teve a menor perda de massa percentual ao fim de 20 dias.

#### 5.4.2 Análise de cor da casca dos frutos

A cor é uma característica importante para o fruto, como atributo de qualidade, sendo muito observada no momento da compra (Oliveira; Vitoria, 2011). As medidas de cor da casca dos mamões Golden, avaliadas durante 20 dias de armazenamento a 23 °C e 90% UR, estão apresentadas na Figura 34. O estudo avaliou o efeito do tratamento hidrotérmico (48 °C por 15 min.) com solução de cloreto de cálcio (1%), e do tratamento com revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca no extrato, em associação com o tratamento hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução 1% de cloreto de cálcio, comparando com o tratamento controle.

Nota-se que houve um incremento dos valores de Hunter L (Figura 34.A) e Hunter b (Figura 34C) até o 8<sup>o</sup> dia de armazenamento a 23 °C e 90% UR. No entanto, os valores ficaram mais baixos para os frutos que foram tratados em banho hidrotérmico com 1% de cloreto de cálcio e submetidos ao revestimento ativo. Esse efeito é ainda mais evidenciado nas medidas do parâmetro de Hunter a (Figura 34B), que permaneceram com valores mais baixos em tempos superiores a 12 dias de armazenamento. Os menores valores de Hunter a (Figura 34B) indicam uma tonalidade de cor mais esverdeada, quando estão com valores negativos.

Destaca-se na Figura 34A que a redução da magnitude das medidas do parâmetro de Hunter L no final do período de estocagem, pode ser atribuída à

ocorrência de grande incidência de fungos que impactam na tonalidade mais clara e amarelada, típica do mamão maduro. Tais efeitos foram também relatados por González-Aguilar et al. (2009).

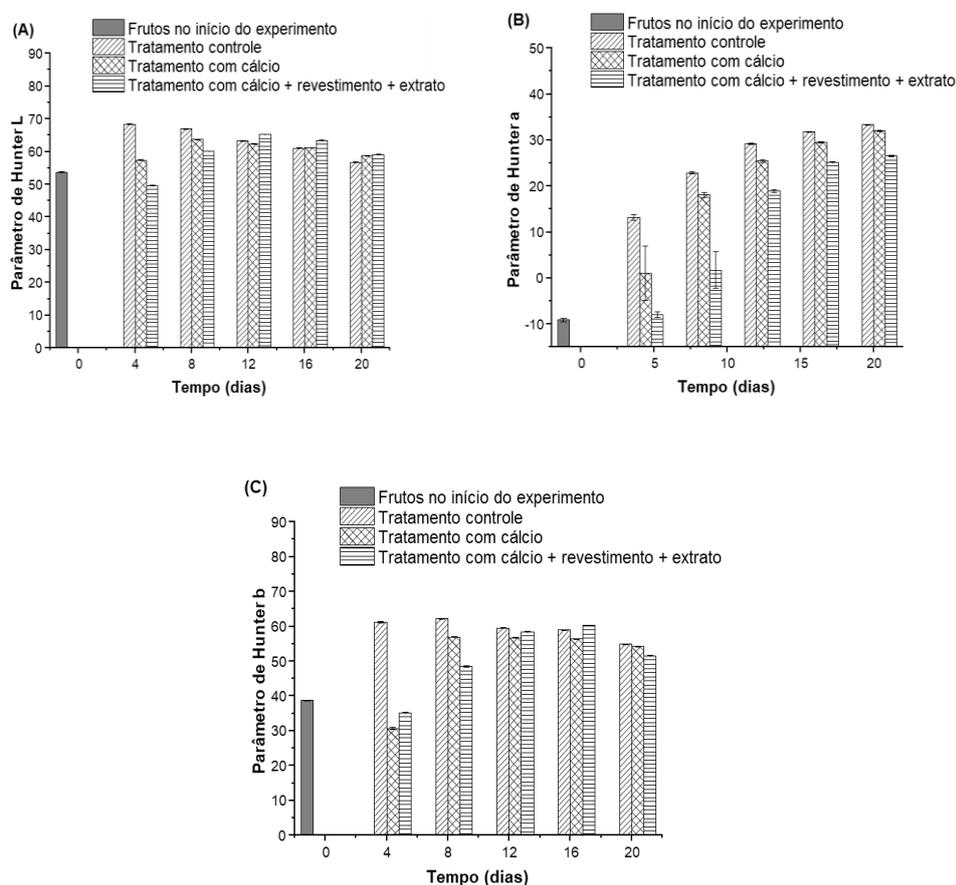


Figura 34: Medidas dos parâmetros de Hunter L (A), Hunter a (B) e Hunter b (C) para a cor da casca dos mamões Golden armazenados por 20 dias a 23 °C e 90% UR, avaliados para o tratamento hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução de cloreto de cálcio 1%; tratamento com banho hidrotérmico e aplicação de revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca do extrato de *Momordica charantia* L, e tratamento Controle. As barras estão indicadas com o Coeficiente de Variação das medidas. Fonte: Acervo pessoal.

A Figura 35 ilustra os padrões de cor dos frutos no 8º dia de armazenamento, a 23 °C e 90% UR. Nota-se que os frutos que sofreram o tratamento hidrotérmico, com solução de cloreto de cálcio 1% e tratados com

revestimento ativo, apresentaram um atraso na evolução da maturação, permanecendo mais verdes do que os frutos que sofreram apenas o tratamento hidrotérmico com solução de cálcio 1%, os quais ficaram com tonalidades mais esverdeadas que os frutos do tratamento controle, que apresentaram com tonalidade totalmente amarelada da casca.



Figura 35: Aparência dos mamões Golden no 8º dia de armazenamento a 23 °C e 90% UR. Frutos posicionados na estante à esquerda sofreram o tratamento hidrotérmico com solução de cálcio 1% e foram tratados com revestimento ativo; frutos posicionados na estante da parte superior à direita sofreram apenas o tratamento hidrotérmico com solução de cloreto de cálcio 1%; frutos posicionados na estante da parte inferior à direita são do tratamento controle. Fonte: Acervo pessoal.

#### 5.4.3 Determinação do crescimento de fungos durante o armazenamento dos frutos

As medidas das áreas de crescimento de fungos nas duas faces do fruto (exposta e não-exposta ao sol na planta) durante o armazenamento a 23 °C e 90% UR, estão apresentadas na Figura 36. No 7º dia de armazenamento já se observou contaminação fúngica em frutos do tratamento controle e em frutos do tratamento de cálcio associado com revestimento ativo. Já o tratamento com  $\text{CaCl}_2$  a 1%, só apresentou frutos com contaminação por fungos a partir do 16º dia, semelhante aos resultados encontrados no trabalho de Ayón-Reyna et al.

(2015), em que o tratamento com  $\text{CaCl}_2$  retardou o aparecimento de fungos em mamões por 10 dias.

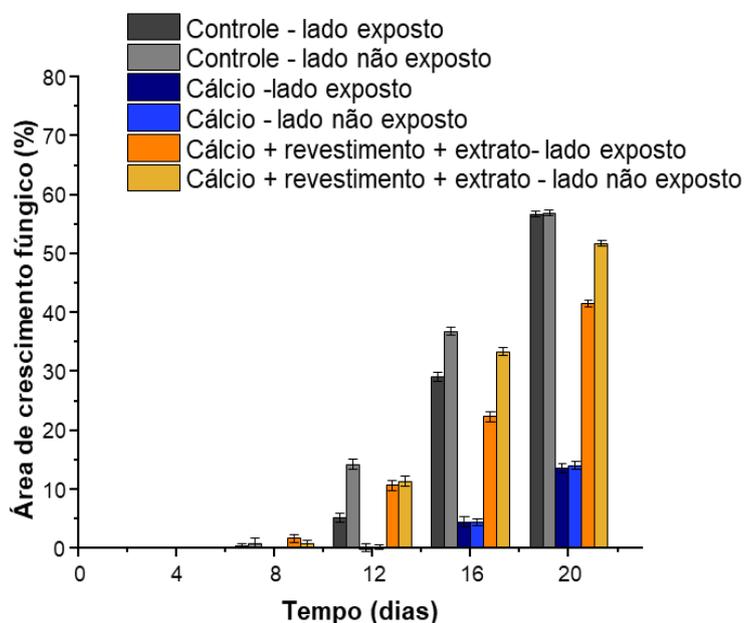


Figura 36: Medidas das áreas de crescimento de fungos em duas faces (exposta e não-exposta ao sol) dos mamões Golden, armazenados por 20 dias a 23 °C e 90% UR, avaliados para o tratamento hidrotérmico (48 °C, por 15 min.) em solução de cloreto de cálcio 1%; tratamento com banho hidrotérmico e aplicação de revestimento ativo contendo 1,174% de matéria seca do extrato de *Momordica charantia* L, e tratamento Controle. As barras estão indicadas com o Coeficiente de Variação das medidas. Fonte: Acervo pessoal.

Ao longo de 20 dias de armazenamento foi observado maior porcentagem de crescimento de fungos nos frutos do tratamento controle e, em menor intensidade, no tratamento hidrotérmico associado com revestimento ativo (Figura 36). Embora o revestimento ativo tenha apresentado a ação antifúngica efetiva para o controle *in vitro* do crescimento do fungo *C. gloeosporioides*, a sua aplicação como revestimento do fruto pode sofrer o efeito de retenção de água devido à sua característica hidrofílica, servindo também como uma fonte nutritiva para os microrganismos, o que pode explicar a maior incidência de fungos. Desta forma, uma alternativa para minimizar esse efeito seria a aplicação de uma outra base de revestimento que seja menos favorável ao crescimento dos fungos, mas

que associe o efeito efetivo do extrato de melão-de-São-Caetano para inibição de crescimento dos fungos.

Já o tratamento que recebeu somente  $\text{CaCl}_2$  a 1%, teve menor incidência de fungos nos dois lados (exposto e não exposto) ao longo de todo período de armazenamento dos frutos de mamão, demonstrando ser efetivo para retardar o aparecimento de fungos durante o armazenamento dos frutos. Resultados similares foram obtidos por Ayón-Reyna et al. (2015), que observaram redução significativa de microrganismos em mamões que sofreram o tratamento hidrotérmico de  $\text{CaCl}_2$  associado com quitosana.



Figura 37: Frutos no 18º dia de armazenamento. A esquerda, frutos tratados com cálcio associado com revestimento mais extrato, a direita - parte superior, tratamento com cálcio a 1% e na parte inferior tratamento controle. Fonte: Acervo pessoal.

Brackmann et al. (2001), em seus estudos com tratamento de  $\text{CaCl}_2$  em maçãs, verificaram que o tratamento com  $\text{CaCl}_2$  é eficiente para controle de fungos, quando comparado com o tratamento controle.

Venâncio et al. (2013), em seus trabalhos de tratamento hidrotérmico em maracujá-amarelo, conseguiram manter a vida de prateleira dos frutos até o 14º dia sem presença de fungos. Já em pitangas, Sanches et al. (2017) identificaram que a qualidade da fruta foi preservada até o nono dia de armazenamento, em relação aos seis dias verificados pelo tratamento controle, destacando que o  $\text{CaCl}_2$  é uma técnica pós-colheita interessante e viável para a conservação desses frutos.

Li et al. (2013), em seus estudos com uso de tratamento hidrotérmico em mamões, verificaram que ele é eficiente para inibir a taxa de crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides* na casca do fruto e, com isso, diminuir a incidência de antracnose no fruto.

Ayón-Reyna et al. (2017) verificaram que o tratamento hidrotérmico associado ao uso de cálcio é eficaz para atrasar os sintomas da antracnose em até 10 dias, durante o armazenamento de mamão a 12 °C.

## 6 RESUMO E CONCLUSÕES

O tratamento hidrotérmico foi efetivo para aumentar a impregnação de cálcio na casca e na polpa dos mamões. A absorção de cálcio foi fortemente influenciada pelo aumento da concentração da solução de cloreto de cálcio e pelo aumento de temperatura do banho hidrotérmico nos primeiros 15 minutos de tempo de imersão. Mas o aumento desse tempo de imersão não tem efeito significativo no aumento da impregnação de cálcio, ocorrendo um fenômeno de saturação da concentração de cálcio nos tecidos.

O banho hidrotérmico a 48 °C por 15 minutos de imersão em solução de cloreto de cálcio a 1%, foi efetivo para assegurar uma maior firmeza da casca e da polpa, possibilitando uma redução expressiva do crescimento de fungos durante o armazenamento dos mamões Golden.

O extrato de *Momordica charantia* L. foi eficiente para controle do crescimento *in vitro* do fungo *Colletotrichum gloeosporioides*. A Concentração Mínima Inibitória (CMI) do extrato no revestimento ativo é de 1,174% de massa seca do extrato aquoso, possibilitando 99% de inibição do crescimento do fungo.

O tratamento de banho hidrotérmico de 48 °C por 15 minutos de imersão em solução de cloreto de cálcio a 1%, foi eficiente para reduzir a perda de massa durante o armazenamento dos mamões.

Os mamões tratados com banho hidrotérmico de 1% CaCl<sub>2</sub> associado com revestimento ativo de fécula de mandioca (5%) e extrato de *Momordica charantia* L. (1,174% de massa seca do extrato), apresentaram um retardo na

perda da cor verde da casca durante 20 dias de armazenamento a 23 °C e 90% UR.

Os frutos tratados somente com cálcio a 1% se mostraram mais eficientes para retardar o aparecimento da antracnose, apresentando ao final de 20 dias de armazenamento a 23 °C, cerca de 15% de contaminação. Já os frutos do tratamento controle apresentaram 57,5% de contaminação, e os frutos tratados com 1% de cloreto de cálcio mais revestimento ativo, apresentaram cerca de 40% de contaminação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, N.; Hasan, N.; Ahmad, Z.; Zishan, M.; Zohrameena, S. (2016). Momordica charantia: for traditional uses and pharmacological actions. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 6 (2), 40-44.
- Ahmad, S., Ali; F., Hameed, M. S.; Anwar, M.; Raqeeb, A. (2017). Molecular Characterization and Phylogenetic Analysis of Colletotrichum Species Associated with Anthracnose Disease. *J Bacteriol Mycol Open Access*, 5(2), 00129.
- Albertini, S.; Reyes, A. E. L.; Trigo, J. M.; Sarriés, G. A.; Spoto, M. H. F. (2016). Effects of chemical treatments on fresh-cut papaya. *Food Chemistry*, 190, 1182-1189.
- Amina, S.; Mohammed, Y. (2018). Chemical composition of momordica charantia leaves. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, ISSN(p): 2321 –8991, ISSN(e): 2321 –9009 Vol-6, Iss-2, Spl. Issue-1.
- Andrade, E. M.; Uesugi, C. H.; Ueno, B.; Ferreira, M. A. (2007). Caracterização morfo-cultural e molecular de isolados de Colletotrichum gloeosporioides patogênicos ao mamoeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 32(1), 21-31.
- Andrade, R. D.; Skurtys, O.; Osorio, F. A. (2012). Atomizing spray systems for application of edible coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Chicago, v. 11, n. 3, p. 323-337.
- Antoniolli, L. R.; Benedetti, B. C.; Souza Filho, M. D. S. M. D. (2003). Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(9), 1105-1110.
- Assis, O. B. Garrido.; Forato, L. A.; Britto, D. de. (2008). Revestimentos comestíveis protetores em frutos minimamente processados. *Higiene Alimentar*, São Paulo, v. 22, n. 160, p. 99-106.

- Assis, O. B. G.; Britto, D. de. (2014). Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 2, p. 87-97.
- Ayón-Reyna, L. E.; González-Robles, A.; Rendón-Maldonado, J. G.; Báez-Flores, M. E.; López-López, M. E.; Vega-García, M. O. (2017). Application of a hydrothermal-calcium chloride treatment to inhibit postharvest anthracnose development in papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 124, 85-90.
- Ayón-Reyna, L. E.; Tamayo-Limón, R.; Cárdenas-Torres, F.; López-López, M. E.; López-Angulo, G.; López-Moreno, H. S.; Vega-García, M. O. (2015). Effectiveness of hydrothermal-calcium chloride treatment and chitosan on quality retention and microbial growth during storage of fresh-cut papaya. *Journal of Food Science*, 80(3), C594-C601.
- Al-Eryani-Raqeeb, A.; Mahmud, T. M. M.; Syed OMAR, S. R.; Mohamed Zaki, A. R.; Al-Eryani, A. R. (2008). Effects of calcium and chitosan treatments on controlling anthracnose and postharvest quality of papaya (*Carica papaya*L.). *International Journal of Agricultural Research*, New York, v.4, n.2, p.53-68, 2008.
- Altendorf, S. (2019). Major tropical fruits market review 2017. *FAO, Ed. FAO, Rome. Italy*, 1-10.
- Azarakhsh, N.; Osman, A.; Ghazali, H. M.; Tan, C. P.; Mohd-Adzahan, N. (2012). Optimization of alginate and gellan based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. *International Food Research Journal*, Selangor, v. 19, n. 1, p. 279-285.
- Barbosa, N. C. (2017). Desenvolvimento de revestimento ativo para a extensão de validade comercial e estudo de taxa respiratória de mamão. *Tese de doutorado*. Universidade Estadual Norte Fluminense - Campos dos Goytacazes- RJ.
- Barros Neto, B.; Scarminio, I. S.; Bruns, R. E. (2001). Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria, Campinas: EDUNICAMP, 401 p.
- Barros Neto, B.; Scarminio, I. S.; Bruns, R. E. (1995). *Planejamento e otimização de experimentos*. 2º ed. campinas: Ed. UNICAMP. 299 p.
- Bico, S. L. S.; Raposo M. F. J.; Morais, R. M. S. C.; Morais, A. M. M. B. (2009). Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*, Amsterdam, v. 20, n. 5, p. 508-514.
- Bierhals, V. S.; Chiumarelli, M.; Hubinger, M. D. (2011). Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill cv "Pérola"). *Journal of Food Science*, Chicago, v. 76, n. 1, p. E62-E72.
- Botrel, D. A.; Soares, N. F. F.; Camilloto, G. P.; Fernandes. R. V. B. (2010). Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams

- minimamente processada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 8, p.1814-1820.
- Brackmann, A.; Ceretta, M.; Vizzotto, M. (2001). O uso de cloreto de cálcio e da cal para o tratamento pós-colheita de podridões em maçãs. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(2), 298-301.
- Brackmann, A.; Schorr, M. R. W.; Pinto, J. A. V.; Venturini, T. L. (2010). Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs' Fuji'. *Ciência Rural*, 40(6), 1435-1438.
- de Brito, C. H.; da Costa, N. P.; de Luna Batista, J.; do Nascimento, L. C.; de Oliveira, H. D.; Barreto, E. S. (2008). Termoterapia para o controle de patógenos em pós-colheita em frutos da cajazeira. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(1), 19-23.
- Brunetto, G.; Melo, G. W. D.; Kaminski, J. (2008). Aplicação foliar de cálcio em pessegueiro na Serra Gaúcha: avaliação do teor de nutrientes na folha, no fruto e produção. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 30(2). 528-533.
- Camargo, Y. R. et al. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) CV. Campineiro. *Ciência Agrotécnica*, v. 24, n. 4, p. 968-972, 2000.
- Campos, A. J. D.; Manoel, L.; Damatto Júnior, E. R.; Vieites, R. L.; Leonel, S., Evangelista, R. M. (2005). Tratamento hidrotérmico na manutenção da qualidade pós-colheita de maracujá-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(3), 383-385.
- Carvalho A.V.; Lima L.C.O., (2002). Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 679-685.
- Castricini, A. Aplicação de metilciclopropeno (1 – MCP) com e sem revestimento de fécula de mandioca em mamões cv. Solo. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ, 2005.
- Castricini, A.; Coneglian, R. C. C.; da Silva Vasconcellos, M. A. (2010). Qualidade e amadurecimento de mamões 'golden' revestidos por película de fécula de mandioca. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 4 (1).
- Castricini, A.; Coneglian, R. C. C.; Deliza, R. (2012). Starch edible coating of papaya: effect on sensory characteristics. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 32, n. 1, p. 84-92.
- Celoto, M. I. B.; Papa, M. D. F. S.; do Sacramento, L. V. S.; Celoto, F. J. (2008). Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(1), 1-5.
- Celoto, M. I. B.; Papa, M. F. S.; Sacramento, L. V. S.; Celoto, F. J. (2011). Atividade antifúngica de extratos de *Momordica charantia* L. sobre *Colletotrichum musae*. *Revista Brasileira de plantas medicinais*, 13(3), 337-341.

- Chardonnet, C.; B. Doneche. (1995). Influence of calcium pretreatment on pectic substance evolution in cucumber fruit (*Cucumis sativus*) during *Botrytis cinerea* infection. *Phytoparasitic* 23: 335-344.
- Chay-Prove, P.; Ross, P.; O'Hare, P.; Macleod, N.; Kernot, I.; Evans, D.; Grice, K.; Vawdrey, L.; Richards, N.; Blair, A.; Astridge, D. (2000). Agrilink Series: Your Growing Guide to Better Farming. Papaw Information Kit. *Queensland Horticulture Institute and Department of Primary Industries*, Qld, Nambour, Qld.
- Chien, P. J.; Sheu, F.; Yang, F-H (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 225-229.
- Chlebowska-Smigiel, A.; Gniewosz, M.; Swinczak, E. (2007). An attempt to apply a pullulan and pullulan-protein coatings to prolong apples shelf-life stability. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, Poznan*, v. 6, n. 1, p. 49-56.
- Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CONAB. *Companhia Nacional de Abastecimento* (2019). Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acessado em: Maio, de 2020.
- COMEX STAT. *Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC*. Exportação e importação geral. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: maio, de 2020.
- Crisosto, C. H.; Day, K. R.; Johnson, R.S.; Garner, D. (2000). Influence of in-season foliar calcium sprays on fruit quality and surface discoloration incidence of Peaches and nectarines. *Journal of American Pomological Society*. v.54. p. 118-122.
- da Silva, J. G.; Melo, R. P.; Araújo, J. D. M.; Pessoa, M. N. G.; Albiero, D.; de Almeida Monteiro, L. (2011). Avaliação de extrato de melão-são-caetano (*Momordica charantia* L.) como medida alternativa de controle a fungos fitopatogênicos. *Cadernos de Agroecologia*, 6(2).
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current opinion in biotechnology*, v. 23, n. 2, p. 174-181.
- Dantas, S. A., Oliveira, S., Michereff, S. J., Nascimento, L. C., Gurgel, L., & Pessoa, W. R. (2003). Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. *Fitopatologia Brasileira*, 28(5), 528-533.
- de Campos, A. J.; Manoel, L., Júnior, E. R. D., Vieites, R. L., Leonel, S., Evangelista, R. M. (2005). Tratamento hidrotérmico na manutenção da qualidade pós-colheita de maracujá-amarelo<sup>1</sup>. *Rev. Bras. Frutic.*, 27(3).
- de Moraes Cardoso, L.; de Barros Silva, E.; de Andrade Júnior, V. C.; Dessimoni-Pinto, N. A. V. (2012). Qualidade pós-colheita de morangos cv. 'diamante'

- tratados com cloreto de cálcio associado a hipoclorito de sódio. *Brazilian Journal of Food & Nutrition/Alimentos e Nutrição*. 23(4).
- de Paula, L. A.; dos Santos Isepon, J.; de Souza Corrêa, L. (2007). Qualidade pós-colheita de figos do cv Roxo-de-Valinhos com aplicação de cloreto de cálcio e fungicidas. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29(1), 41-46.
- de Souza Costa, J. D.; Almeida. F. D. A. C.; Neto. A. F. (1.999). Vida útil de mangas Tommy Atkins' armazenadas em embalagem XT end sob refrigeração e condição ambiente. *Pesq. agropec. bras.* Brasília. v.34. n.5. p.761-769.
- Dharmananda S. (2003). Gallnuts and the uses of Tannins in Chinese Medicine. *In: Proceedings of Institute for Traditional Medicine*, Portland, Oregon.
- Dotto, G. L.; Grevineli, A. C.; Oliveira, A.; Pons, G.; Pinto, L. A. A. (2008) Uso de quitosana como filme microbiológico para o aumento da vida útil de mamões papaia. *In: Congresso de iniciação científica e encontro de pós-graduação*, 17., 2008, Pelotas. Anais eletrônicos. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Disponível em [www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA](http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA). Acessado em: maio de 2020.
- El Habbasha, S. F.; Faten, M. I. (2015) Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of ChemTech Research*, v. 8, n. 12, p. 196-202.
- El Moussaoui, A.; Nijs, M., Paul, C.; Wintjens, R.; Vincentelli, J.; Azarkan, M.; Looze, Y. (2001). Revisiting the enzymes stored in the laticifers of *Carica papaya* in the context of their possible participation in the plant defence mechanism. *Cell and Molecular Life Sciences* 58: 556-570.
- Eschionato, R. A.; Konda, E. T.; Souza, C. S. M.; Nascimento, R. S. N.; Terao, D. (2017) Ação da temperatura no controle de fungos causadores de doenças pós-colheita em mamão. *In: congresso interinstitucional de iniciação científica*, 11. Campinas, SP. Anais... Campinas: IAC.
- Fabi, J. P.; Peroni, F. H. G.; Gomez, M. L. P. A. (2010). Papaya, mango and guava fruit metabolism during ripening: postharvest changes affecting tropical fruit nutritional content and quality. *Fresh Produce*, v. 1, p. 56-66.
- Fakhouri, F. M.; Fontes, L. C. B.; Gonçalves, P. V. D. M.; Milanez, C. R., Steel; C. J.; Collares-Queiroz, F. P. (2007). Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Food Science and Technology*, 27(2), 369-375.
- Faria, F. A.; Bueno, C. J.; Papa, M. D. F. S. (2009). Fungitoxic activity of *Momordica charantia* L. to control of *Sclerotium rolsii* Sacc. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31(3), 383-389.
- FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2019). Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en/>>. Acessado em: Maio, de 2020.
- FAOSTAT. *Food and Agriculture data* (2020). Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acessado em: Junho, de 2020.

- Fonseca, M. C. M.; Lehner, M. D. S.; Gonçalves, M. G.; Paula Júnior, T. J. D.; Silva, A. F.; Bonfim, F. P. G.; Prado, A. L. (2015). Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17(1), 45-50.
- Fragoso, D. B.; Guedes, R. N. C.; Picanço, M. C.; Zambolim, L. (2002). Inseticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research*, v. 92, p. 203-212.
- Freire Júnior, M.; Chitarra, A. B. (1999). Efeito da aplicação do cloreto de cálcio nos frutos da manga 'Tommy Atkins' tratados hidrotêmicamente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 5, p. 761-769.
- Freitas Silva, O; Soares, A. G., (2001). Recomendações para prevenção de perdas pós – colheita do mamão. Rio de Janeiro; *Empraba Agroindústria de Alimentos*, 2001. 20 p. Fruticultura, v. 24, n.1.
- Garcia, L. C.; Pereira, L. M.; de Luca Sarantópoulos, C. I.; Hubinger, M. D. (2012). Effect of antimicrobial starch edible coating on shelf-life of fresh strawberries. *Packaging Technology and Science*, 25 (7), 413-425.
- Gerasopoulos, D.; B. Chebli (1999). Effects of pre- and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerberas. *J. Hort. Sci. Biotech.* 74: 78-81.
- Gonçalves, N. B.; Carvalho, V. de; Gonçalves, J. R. de A. (2000). Efeito do cloreto de cálcio e do tratamento hidrotêrmico na atividade enzimática e no teor de fenólicos do abacaxi. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 35, n. 10, p. 2075-2081.
- González-Aguilar G. A.; Valenzuela-Soto E.; Lizardi-Mendoza J.; Goycoolea F.; Martínez-Téllez M. A.; Villegas-Ochoa M. A.; Monroy-García IN, Ayala-Zavala J. F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *J Sci Food Agric* 89:15–23.
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (2019). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: Maio, de 2020.
- INCAPER. *Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural* (2019). Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/>>. Acesso em: Maio, de 2020.
- Instituto Adolfo Lutz (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 1020p.
- Jagessar, R. C.; Mohamed, A.; Gomes, G. (2008). An evaluation of the antibacterial and antifungal activity of leaf extracts of *Momordica charantia* against *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Nature and Science*, v. 6, n. 1, p. 1-14.

- JamaL, C. M.; Silveira, D.; Ronchi, R. *Uso de extrato vegetal no controle da podridão pós-colheita da banana*, (2008). vol.20 no.2 São Paulo. 2008.
- Jia, S.; Shen, M.; Zhang, F.; Xie, J. (2017). Recent advances in *Momordica charantia*: functional components and biological activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(12), 2555.
- Jiménez, M. V.; Mora-Newcomer, E.; Gutiérrez-Soto, M. V. (2014). Biology of the Papaya Plant. Ming, R and P.H. Moore (eds.), *Genetics and Genomics of Papaya, Plant Genetics and Genomics: Crops and Models 10*, DOI 10.1007/978-1-4614-8087-7\_2, © Springer Science+Business Media New York.
- Jolly, C.I., Sankaranarayanan, J. (1993). Phytochemical, antibacterial and pharmacological investigation on *M. charantia* Linn. *Emblca officinalis* Gaertn. and *Curcuma longa* Linn. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* 55, 6–13
- Just, M. J.; Recio, M. C.; Giner, R. M.; Cuéllar, M. J.; Máñez, S.; Bilia, A. R.; Ríos, J. L. (1998). Anti-inflammatory activity of unusual lupane saponins from *Bupleurum frutescens*. *Planta medica*, 64(05), 404-407.
- Kadir, S. A. (2005). Fruit quality at harvest of “Jonathan” apple treated with foliarly-applied calcium chloride. *Journal of plant nutrition*, 27(11), 1991-2006.
- Karunamoorthi, K., Kim, HM, Jegajeevanram, K., Xavier, J., & Vijayalakshmi, J. (2014). Mamão: Uma planta nutracêutica talentosa - uma revisão crítica das pesquisas recentes em saúde humana. *CELLMED*, 4 (1), 2-1.
- Kluge, Ricardo Alfredo; Scarpate Filho, João Alexio; Sampaio, Vladimir Rodrigues. (1999). Amadurecimento de mangas' Tommy Atkins' tratadas com Ca em pré-colheita. *Scientia Agricola*, v. 56, n. 3, p. 749-752, 1999.
- Krasaekoopt, W.; Mabumrung, J. (2008). Microbiological evaluation of edible coated fresh-cut cantaloupe. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, Bangkok, v. 42, n. 3, p. 552-557.
- Leelaprakash, G.; Rose, J. C.; Gowtham, B. M.; Javvaji, P. K.; Prasad, S. A. (2011). In vitro antimicrobial and antioxidant activity of *Momordica charantia* leaves. *Pharmacophore*, 2(4), 244-252.
- Li, X.; Zhu, X.; Zhao, N.; Fu, D.; Li, J.; Chen, W.; Chen, W. (2013). Effects of hot water treatment on anthracnose disease in papaya fruit and its possible mechanism. *Postharvest biology and technology*, 86, 437-446.
- Liberato, J. R.; Tatagiba, J. S. (2001). Avaliação de fungicidas in vitro e em pós-colheita para o controle da antracnose e da podridão peduncular em frutos de mamão. *Summa Phytopathologica* 26:409-414.
- Lima, M. A. C. D.; Assis, J. S. D.; Alves, R. E.; Costa, J. T. A.; Melo, F. I. O. (2001). Influência do cálcio nas características físicas e no teor de cálcio durante desenvolvimento e maturação da uva 'Itália'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36(1). 97-103.

- Louw, A. (2000). Papaya pollination. *Neltropika Bulletin*, (307), 18-19.
- Lorenzi, H. (2000). *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, parasitas e tóxicas*. 3 ed. Nova Odessa: Intituto Plantarum da Flora, 608p.
- Lorenzi, H.; Matos, F.J.A. (2002). *Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e exóticas*. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Mada, S. B.; Garba, A.; Mohammed, H. A.; Muhammad, A.; Olagunju, A.; Muhammad, A. B. (2013). Antimicrobial activity and phytochemical screening of aqueous and ethanol extracts of *Momordica charantia* L. leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(10), 579-586.
- Madani, B.; Mirshekari, A.; Sofo, A.; Tengku Muda Mohamed, M. (2016). Preharvest calcium applications improve postharvest quality of papaya fruits (*Carica papaya* L. cv. Eksotika II). *Journal of Plant Nutrition*, 39(10), 1483-1492.
- Maia, L. H.; Porte, A.; DE SOUZA, V. F. (2000). Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 18(1).
- Malmiri, H. J.; Osman, A.; Tan, C. P.; Rahman, R. A. (2011). Development of an edible coating based on chitosan-glycerol to delay 'Berangan' banana (*Musa sapientum* cv. Berangan) ripening process. *International Food Research Journal, Selangor*, v. 18, n. 3, p. 989-997.
- Manica, I.; Martins, D. S.; Ventura, J. A. (2006). *Mamão: Tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados*. Porto Alegre: Cinco continentes.
- Maqbool, M.; Ali, A.; Alderson, P. G.; Zahid, N.; Siddiqui, Y. Postharvest Biology and Technology Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 62, n. 1, p. 71-76, 2011.
- Martins, M. T. C. S. et al. (2009). Atividade antifúngica de extrato de melão-de-são-caetano em sementes de maniçoba. *Horticultura Brasileira*, Bahia, v. 27, S1246-S1253.
- Mcguire, R. G.; Hallman, G. J. (1995). Coating guavas with cellulose or carnauba-based emulsions interferes with postharvest ripening. *HortScience*, Alexandria, v. 30, n. 2, p. 294-295.
- Miguel, A. C. A.; Dias, J. R. P. S.; Spoto, M. H. F. (2007). Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de melancias minimamente processadas. *Horticultura Brasileira*, 25(3), 442-446.
- Myers, D. Surface, interfaces, and colloids: principles and applications. New York: VCH Publishers, 1991.
- Modesto, J. H. (2017). *Aplicação de cloreto de cálcio em pré-colheita nos frutos de amoreira-preta'Tupy'*.

- Moldão-Martins, M.; Beirão-da-Costa, S. M.; Beirão da - Costa, M. L. (2003). The effects of edible coatings on postharvest quality of the "Bravo de Esmolfe" apple. *European Food Research and Technology*, Berlin, v. 217, n. 4, p. 325-328.
- Moradi, M.; Tajik, H.; Rohani, S. M. R.; Oromiehie, A. R.; Malekinejad, H.; Aliakbarlu, J.; Hadian, M. (2012). Characterization of antioxidant chitosan film incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and grape seed extract. *LWT-Food Science and Technology*, 46(2), 477-484.
- Mota, W. F. D., Salomão, L. C. C., Pereira, M. C. T., & Cecon, P. R. (2002). Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jabuticabas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1), 49-52.
- Natureza bela. (2018). *Origem do nome melão de são Caetano*. Disponível em: <http://www.naturezabela.com.br>. Acesso em: julho, 2019.
- Neumann Up, Berg T, Baha M, Puhl G, Guckelbeger O, Langreh JM, neuhaus P (2004). Long-term outcome of liver transplant for hepatitis C. A 10 year's follow-up. *Transplantation* 77(2):226-231.
- Neves LC; Bender R. J.; Rombaldi C. V.; Vieitis RL. (2004). Qualidade de carambolas azedas cv. Golden Star tratadas com CaCl<sub>2</sub> por imersão e armazenadas sob refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 32-35.
- Nobori T.; Miurak K.; Wu D. J.; Takabayashik L. A.; Carson da (1994). Deletion of the cyclin-dependent kinase-4 inhibitor gene in multiple human cancers. *Nature* 368(6473):753-756.
- Nunes, A. C. D.; Neto, A. F.; Nascimento, I. K.; de Oliveira, F. J.; Mesquita, R. V. C. (2017). Armazenamento de mamão formosa revestido à base de fécula de mandioca. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(1), 254-263.
- Oliveira, A. A. R.; Barbosa, C. J.; Santos Filho, H. P.; Meissner Filho, P. E. (2000). Mamão Produção: Aspectos Técnicos. Embrapa Mandioca Fruticultura. Cruz das Almas, BA. – Brasília: *Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia*. Brasília.
- Oliveira, J.G.; Vitoria, A.P. (2011). Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. (2011) *Food Research International*, Amsterdam, v.44, n.5, p.1306-1313.
- Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 87-94.
- Parekh J.; Chanda S. (2007). In-vitro antimicrobial activity of *Trapa natans* L. Fruit rind excreted in different solvents. *Afr. J. Biotechnol.* 7:766-770.
- Parker, R.; Ring, S. G. (2001). Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science*, London, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

- Paria, S.; Khilar, K. C. (2004) A review on experimental studies of surfactant adsorption at the hydrophilic solid–water interface. *Advances in Colloid and Interface Science*, Amsterdam, v. 110, n. 3, p. 75-95, 2004.
- Pereira, M. E. C.; Silva, A. S. D.; Bispo, A. S. D. R.; Santos, D. B. D.; Santos, S. B. D.; Santos, V. J. D. (2006). Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(6), 1116-1119.
- Peroni, K. M. C., (2002). Influência do CaCl<sub>2</sub> sobre a vida de prateleira de melão Amarelo' minimamente processado. Lavras: UFLA. 86p (*Dissertação de mestrado*).
- Pilon, L.; Spricigo, P. C.; Britto, D.; Assis, O. B. G.; Calbo, A. G., Ferraudo, A. S., Ferreira, M. D. (2013). Effects of antibrowning solution and chitosan-based edible coating on the quality of fresh-cut apple. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, Geneve, v. 3, n. 2, p. 151-164.
- Poovaliah, B.W. (1986). Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.40, p. 86-89.
- Quinlan M. B.; Quinlan R. J.; Nolan J. M. (2000). Ethnophysiology and herbal treatments of intestinal worms in Dominica, West Indies. *J. Ethnopharmacol.* 80:75-83.
- Raybaudi - Massilia, R. M.; Mosqueda - Melgar, J.; Martín - Belloso, O. (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*, Amsterdam, v. 121, n. 3, p. 313-32.
- Resende, E. C. O. (2016). Efeito do tratamento hidrotérmico quarentenário na pós-colheita de mamão. 2016. 83 f. Tese (*Doutorado*) - Curso de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Ribeiro, L. R. (2019). *Aplicação de cálcio pré-colheita em goiabeira (Psidium guajava) cv. Paluma*.
- Robinson, R. W.; Decker-Walter, D. S. (1997). *Cucurbits*. Cambridge: CAB International, 226p.
- Rodriguez-Pastor, M. C.; Galan-Sauco, V.; Herrero-Romero, M. (1990). Evaluation of papaya autogamy. *Fruits* 45: 387-391.
- Russo, V. C.; Daiuto, É. R.; Vieites, R. L. (2012). Melão amarelo (CAC) minimamente processado submetido a diferentes cortes e concentrações de cloreto de cálcio armazenado em atmosfera modificada passiva. *Semina: Ciências Agrárias*, 227-236.
- Sanches, A. G.; da Silva, M. B.; Moreira, E. G. S.; dos Santos, E. X.; Tripoloni, F. M. (2017). Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio. *Acta Iguazu*, 6(1), 45-58.

- Sankaranarayanan, A.; Jolly C. I. (1993): Phytochemical, antibacterial, and pharmacological investigations on *Momordica charantia* Linn. *Emblica officinalis* Gaertn. and *Curcuma longa* Linn. *Ind J Pharmaceu Sci* 55(1).
- Sapper, M.; Chiralt, A. (2018). Starch-based coatings for preservation of fruits and vegetables. *Coatings*, v. 8, n. 5, p. 152.
- Scalbert, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, v. 30, n. 12, p. 3875-3883.
- Scanavaca Jr., L.; Fonseca, N.; Pereira, M. E. C. (2007). Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'surpresa'. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 29, n. 1, p. 67-71.
- Shahkoomahally, S.; Ramezani, A. (2013). The effect of hot water and calcium solution dipping on quality in kiwifruit during storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13(10), 1351-1356.
- Shimada T. (2006). Salivary proteins as a defense against dietary tannins. *J. Chem. Ecol.* 32(6):1149-1163.
- Silva, W. B.; Silva, G. M. C.; Silva, L. R. D.; Waldman, W. R.; Oliveira, J. G. D. (2015). Tratamento com cloreto de cálcio na pós-colheita retarda o desverdecimento e a perda de firmeza do mamão UENF/CALIMAN 01. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37(3), 588-599.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food quality and preference*, 13(4), 215-225.
- Soares, N. F. F.; Silva, D. F. P.; Camilloto, G. P.; Oliveira, C. P.; Pinheiro, N. M.; Medeiros, E. A. A. (2011) Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, v. 33, n. 1, p. 281-289.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2006). *Fundamentos de Química Analítica*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2004). *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed.
- Tavares, J. T. Q; Silva, C. L.; Carvalho, L. A.; Silva, M. A.; Santos, M. G.; Teixeira, L. J.; Santana, R. S. (2003). Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em maracujá amarelo. *Magistra, Cruz das Almas*, v.15, n.1, p.1-6.
- Teodósio, A. E. M. M. (2014) Qualidade pós-colheita do mamão 'golden' (*Carica papaya* L.) utilizando recobrimentos biodegradáveis. *Trabalho de conclusão de curso – curso de Tecnologia de alimentos*, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- Torres-Calzada, C.; Tapia-Tussell, R.; Higuera-Ciapara, I.; Perez-Brito, D. (2012). Morphological, pathological and genetic diversity of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose in papaya (*Carica papaya* L). *European Journal of Plant Pathology*. 135.

- Tzoutzoukou, C. G.; Bouranis, D. L. (1997). Effect of preharvest application of calcium on the postharvest physiology of apricot fruit. *J. Plant Nutr.* 20(2-3): 295-309.
- Val, A. (2018). Modelo agrícola desperdiça 35% da produção brasileira. Disponível em: <http://www.mercadoetico.com.br/arquivo/modelo-agricola-desperdica-35-da-producao-brasileira/>. Acessado em: julho, 2019.
- Valero, D.; Serrano, M. (2010). *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC press.
- Valverde, J. M.; Valero, D.; Martínez-Romero, D.; Guillén, F.; Castillo, S.; Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 53, n. 20, p. 7807-7813.
- Venâncio, J. B.; da Silveira, M. V.; Fehlauer, T. V.; Pegorare, A. B.; Rodrigues, E. T.; Araújo, W. F. (2013). Tratamento hidrotérmico e cloreto de cálcio na pós-colheita de maracujá-amarelo. *Científica*, 41(2), 122-129.
- Venturoso, L. D. R.; Bacchi, L. M. A.; Gavassoni, W. L.; Conus, L. A.; Pontim, B. C. A.; Bergamin, A. C. (2011). Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. *Summa Phytopathologica*, 37(1), 18-23.
- Villadiego, A. M. D.; Soares, N. D. F. F.; de Andrade, N. J.; Puschmann, R.; Minim, V. P. R.; Cruz, R. (2005). Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Revista Ceres*, 52(300).
- Villegas-Torres, O. G.; I. Alia, T.; C. M. Acosta D.; D. Guillén, S., V.; López, M. (2007). Relationship between calcium and crop diseases. *Agricultural Research* 4(1): 77-86.
- Voidaleski, M.; Gelinski, J. L. N.; Salamoni, S. P.; Mitidieri, S. (2015). Avaliação in vitro de extratos de melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.): potencial antibacteriano e de inibição da formação de biofilmes. In *Anais eletrônicos do International Symposium on Science and Biotechnology* (Vol. 1, No. 1, pp. 49-50).
- Xisto, A. L. R. P.; Abreu, C. M. P. D.; Corrêa, A. D.; Santos, C. D. D. (2004). Textura de goiabas "Pedro Sato" submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. *Ciência e Agrotecnologia*, 28(1), 113-118.
- Yamamoto, E. L. M.; de Araújo Ferreira, R. M.; de Oliveira Fernandes, P. L.; Albuquerque, L. B.; de Oliveira Alves, E. (2011). Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(2), 6.
- Zhu, X.; Li, X.; Chen, W.; Lu, W.; Mao, J.; Liu, T., (2013). Molecular cloning, characterization and expression analysis of CpCBF2 gene in harvested papaya fruit under temperature stresses. *Electron. J. Biotechnol.* 16 (4), 1–10.