



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA  
MESTRADO EM FITOTECNIA

MARIA TEREZA DE ALBUQUERQUE E NASCIMENTO

**COBERTURA ENRIQUECIDA COM ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE**  
*Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* **EM MAMÃO**

MOSSORÓ

2020

MARIA TEREZA DE ALBUQUERQUE E NASCIMENTO

**COBERTURA ENRIQUECIDA COM ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE**  
*Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* **EM MAMÃO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Pós-colheita

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A345c Albuquerque e Nascimento, Maria Tereza de .  
Cobertura enriquecida com óleos essenciais no controle de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* em mamão / Maria Tereza de Albuquerque e Nascimento. - 2020.  
42 f. : il.

Orientador: Patrícia Lígia Dantas de Moraes.  
Coorientador: Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2020.

1. Carica papaya. 2. Controle alternativo. 3. Doenças pós-colheita. 4. Qualidade de fruto. I. Dantas de Moraes, Patrícia Lígia , orient. II. Queiroz Ambrósio, Márcia Michelle de, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA TEREZA DE ALBUQUERQUE E NASCIMENTO

**COBERTURA ENRIQUECIDA COM ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE**  
*Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* **EM MAMÃO**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita

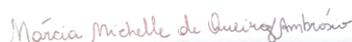
Defendida em: 19 / 02 / 2020.

**BANCA EXAMINADORA**



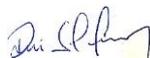
---

Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Prof.<sup>a</sup> Dra. (UFERSA)  
Presidente



---

Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio, Prof.<sup>a</sup> Dra. (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Rui Sales Júnior, Prof. Dr. (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Cynthia Cavalcanti de Albuquerque, Prof.<sup>a</sup> Dra. (UERN)  
Membro Examinador



---

Erika Valente de Medeiros, Prof.<sup>a</sup> Dra. (UFAPÉ)  
Membro Examinador

*A Lúcia Albuquerque, (In Memoriam), minha  
amada e querida mãe que com muito amor me  
educou e me incentivou a luz do conhecimento.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e oportunidade maravilhosa de crescimento intelectual, como aos amigos espirituais e guia que sempre me auxilia na marcha evolutiva.

Agradeço a minha família, em especial meu pai, Assis Nascimento, grande incentivador da Agronomia em minha vida e por sempre acreditar em meu potencial.

Agradeço as equipes dos laboratórios de Fitopatologia da UFERSA que me ajudaram em todas as etapas deste trabalho.

Agradeço a fazenda Melão Mossoró, Agrícola Famosa, EMBRAPA e Citrosol, pelo espaço, frutas, material e análise realizada para execução dos trabalhos.

Agradeço a UFERSA, antes querida ESAM, palco dos meus estudos.

Agradeço aos orientadores e coorientadora Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio e Rui Salles Júnior por confiarem em meu trabalho e pelo suporte dado.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do revestimento de cera de carnaúba (CC) enriquecido com óleos essenciais (OEs), no controle *in vitro* e *in vivo* de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* e sua influência na qualidade de mamões. Experimentos *in vitro* foram realizados com OE de alecrim, bergamota, canela, cravo, capim-limão, citronela, funcho, palmarosa e o produto comercial Tecto<sup>®</sup> (controle de referência, registrado para ambos os fungos no Brasil). Nos experimentos *in vitro*, foram selecionados óleos de alecrim, canela, capim-limão, citronela, funcho e palmarosa, que combinados com cera de carnaúba foram capazes de inibir 100% do crescimento de ambos os fungos. Em experimentos *in vivo* com frutos inoculados com *A. alternata*, os melhores efeitos sobre reduções no crescimento micelial foram encontrados em tratamentos preventivos com OEs de capim-limão e palmarosa, ambos com 0,25 % (v / v) + CC a 33 % (v / v). O OE de funcho a 0,25% (v / v) + CC a 33 % (v / v) foi capaz de reduzir *C. truncatum* quando tratado preventivamente e OE de canela a 0,25% (v / v) + CC a 33% (v / v) e o OE de alecrim 0,75% (v / v) + CC a 33% (v / v) foram semelhantes ao Tecto<sup>®</sup> quando tratados curativamente. Nos testes em que os frutos foram inoculados naturalmente, a incidência e a gravidade das doenças pós-colheita dos frutos mostraram sinais iniciais após 20 dias de armazenamento, frutos tratados com OE de alecrim a 0,75% (v / v) e controle foram os mais afetados. Quanto à qualidade dos frutos, não houve diferença significativa entre os tratamentos para os valores estudados de perda de peso, firmeza (pele e polpa) e sólidos solúveis totais. Foi demonstrado que a CC incorporada com OE do capim-limão e da palmarosa é uma alternativa para controlar *A. alternata* e OE de funcho, canela e alecrim são um controle alternativo de *C. truncatum* em mamão.

**Palavras-chave:** *Carica papaya* L. Controle alternativo. Doenças pós-colheita. Qualidade de fruto.

## ABSTRACT

The aim of this study was to verify the effect of the carnauba wax (CW) coating enriched with essential oils (EOs), in the *in vitro* and *in vivo* control of *Colletotrichum truncatum* and *Alternaria alternata* and its influence on the quality of papayas. *In vitro* experiments were carried out with EO of rosemary, bergamot, cinnamon, cloves, lemongrass, citronella, fennel, palmarosa and the commercial product Tecto® (reference control, registered for both fungi in Brazil). In the *in vitro* experiments, were selected oils of rosemary, cinnamon, lemongrass, citronella, fennel and palmarosa combined with wax, they were able to inhibit 100% of the growth of both fungi. In *in vivo* experiments, with fruits inoculated with *A. alternata*, the best effects on reductions in mycelial growth were found on the preventative treatments with EO of lemongrass and palmarosa, both with at 0.25 % (v / v) + CW at 33 % (v / v). EO of fennel at 0.25 % (v / v) + CW at 33 % (v / v) was able to reduce *C. truncatum* when treated preventively and EO of cinnamon at 0.25 % (v / v) + CW at 33 % (v / v) and EO of rosemary at 0.75 % ( v / v) + CW at 33 % (v / v) were similar to Tecto® when treated curatively. In tests in which the fruits were naturally inoculated, the incidence and severity of the post-harvest diseases of the fruits showed starting signs after 20 days of storage, fruits treated with EO of rosemary at 0.75 % ( v / v) + and control were the most affected. Regarding the quality of the fruits, there was no significant difference between the treatments for the studied values of weight loss, firmness (peel and flesh) and total soluble solids. It's demonstrated that CW incorporated with EO of lemongrass and palmarosa is an alternative to control *A. alternata* and EO fennel, cinnamon and rosemary are an alternative control of *C. truncatum* in papayas.

**Keywords:** *Carica papaya* L. Alternative control. Postharvest disease. Fruit quality.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação da maturação do mamão de acordo com a coloração da casca. ....	21
Tabela 2. Média da porcentagem de inibição do crescimento micelial <i>in vitro</i> de <i>Alternaria alternata</i> e <i>Colletotrichum truncatum</i> sob efeito de óleos essenciais na concentração de 1 %. .....	28
Tabela 3. Média da porcentagem de inibição do crescimento micelial <i>in vitro</i> de <i>Alternaria alternata</i> e <i>Colletotrichum truncatum</i> sob efeito de óleos essenciais nas concentrações de 1; 0,75; 0,5 e 0,25 %.....	29
Tabela 4. Média da porcentagem de inibição do crescimento micelial <i>in vitro</i> de <i>Alternaria alternata</i> e <i>Colletotrichum truncatum</i> sob efeito de óleos essenciais em diferentes concentrações e combinados com cera de carnaúba a 33 %.....	31
Tabela 5. Efeito de diferentes tratamentos na incidência e severidade da podridão em mamões naturalmente infectados.....	35
Tabela 6. GC - MS análise de óleos essenciais de alecrim, canela, capim-limão, citronela, funcho e palmarosa. OE = Óleo Essencial. ....	37

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Teste de patogenicidade realizado em mamão com os fungos *Alternaria* sp. (A) e *Colletotrichum* sp. (B). .....21
- Figura 2. Crescimento micelial de *Alternaria alternata* *in vitro* nos diferentes tratamentos e concentrações. A = Controle; B = Tecto<sup>®</sup>; C = OE alecrim; D = OE canela; E = OE capim-limão; F = OE citronela; G = OE funcho e H = OE palmarosa. As numerações representam as concentrações dos óleos onde: 1 = 1 %; 2 = 0,75 %; 3 = 0,5 % e 4 = 0,25 %. OE = Óleo essencial. ....30
- Figura 3. Médias dos diâmetros das lesões causadas por *Colletotrichum truncatum* em diferentes tratamentos e avaliados aos 26 dias de armazenamento. A = Controle; B = Tecto 0,4 % + CC; B = CC; D = OE alecrim 0,75 % + CC; E = OE canela 0,25 % + CC; F= OE capim-limão 0,25. G = OE citronela 0,25 % + CC; H = OE funcho 0,25 % + CC; I = OE palmarosa 0,25 % + CC. OE = Óleo essencial. CC = Cera de carnaúba. ....31
- Figura 4. Médias dos diâmetros das lesões causadas por *Alternaria alternata* em diferentes tratamentos e avaliados aos 21 dias de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). .....32
- Figura 5. Médias dos diâmetros das lesões causadas por *Colletotrichum truncatum* em diferentes tratamentos e avaliados aos 26 dias de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ). .....33
- Figura 6. Mamões inoculados com *Colletotrichum truncatum* e sob efeito de diferentes tratamentos aplicados curativamente: A = OE alecrim 0,75 % + CC; B = OE canela 0,25 %; C = capim-limão 0,25 % + CC; D = OE citronela 0,25 % + CC; E = OE funcho 0,25 % + CC; F = OE palmarosa 0,25 % + CC; G = Tecto<sup>®</sup> 0,4 % + CC; H = Cera de carnaúba; I = Controle; J = meio BDA. OE = Óleo essencial; CC = Cera de carnaúba; BDA = Batata dextrose ágar. ....34
- Figura 7. Valores médios de perda de massa, firmeza (fruto e polpa) e sólidos solúveis durante o armazenamento refrigerado (10 °C e 85 ± 5%) de mamão Formosa ‘Tainung’. .....36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OE	Óleo essencial
OEs	Óleos essenciais
CC	Cera de carnaúba
LMR	Limite Máximo de Resíduos
FDA	Food and Drug Administration
GRAS	Generally Recognized As Safe
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
PEAD	Polietileno de alta densidade
BDA	Batata Dextrose e Ágar
SS	Sólidos solúveis

## LISTA DE SÍMBOLOS

- @ Arroba
- ® Marca registrada
- % Porcentagem

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
2.1 Local.....	20
2.2 Isolados .....	20
2.3 Frutos.....	21
2.4 Óleos essenciais .....	22
2.5 Caracterização dos óleos essenciais .....	22
2.6 Cobertura das frutas .....	22
2.7 Experimentos <i>in vitro</i> .....	22
2.7.1 Primeiro experimento .....	23
2.7.2 Segundo experimento .....	23
2.7.3 Terceiro experimento.....	23
2.8 Delineamento experimental e análise dos dados dos experimentos <i>in vitro</i> .....	24
2.9 Experimentos <i>in vivo</i> .....	24
2.9.1 Experimentos <i>in vivo</i> : frutos inoculados. ....	24
2.9.2 Experimento <i>in vivo</i> : frutos não inoculados.....	25
2.10 Delineamento experimental e análise dos dados dos experimentos <i>in vivo</i> .....	26
3 RESULTADOS .....	28
3.2 Experimentos <i>in vitro</i> .....	28
3.2.1 Primeiro experimento .....	28
3.2.2 Segundo experimento .....	29
3.2.3 Terceiro experimento.....	30
3.3 Resultados dos experimentos <i>in vivo</i> .....	32
3.3.1 Experimentos <i>in vivo</i> : frutos inoculados .....	32
3.3.2 Experimento <i>in vivo</i> : frutos não inoculados.....	34

3.4 Resultados da caracterização dos óleos essenciais.....	36
4. DISCUSSÃO.....	38
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS.....	42

## 1 INTRODUÇÃO

O sucesso do mamão em mercados exigentes depende da sua alta qualidade. Além disso, produções elevadas e alcance de distribuição para mercados locais, nacionais e internacionais, suportando longo tempo de estocagem são exigências chave para o fortalecimento da produção de mamão no mercado brasileiro.

Mesmo não sendo tão comum como em países tropicais, a demanda por mamão vem crescendo gradualmente no mercado Europeu (CBI, 2018). Hoje, a União Europeia é a principal importadora da fruta e responsável em 2018 por 89 % das importações brasileiras, fechando um total de 42,7 mil toneladas da fruta e ganho superando os US\$ 50 milhões de dólares, alta de 21% comparando a 2017 (AGROSTAT, 2018). Isso demonstra que os consumidores estão cada vez mais se familiarizando com a fruta e que tem tendência de crescimento de mercado.

Apesar do crescimento em vendas no mercado exterior um dos maiores problemas enfrentados na comercialização do mamão, são suas significativas perdas ao longo do seu canal de vendas (PAUL, 1997). Fatores como doenças fúngicas, desordens fisiológicas, danos mecânicos, ou a combinação deles lideram as causas das perdas pós-colheita. O ataque fúngico se inicia por uma infecção por um ou vários patógenos, comumente resultado de uma injúria mecânica o qual pode, subsequentemente, ser potenciado por uma infecção secundária, decorrente do ataque de microorganismos saprófitas não específicos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Dentre as principais doenças de mamão está a infecção por antraconse, provocado por *Colletotrichum* spp. O organismo está presente no campo, crescendo em folhas e pecíolos em senescência, frutos caídos e outros tipos de materiais orgânicos em decomposição. Os esporos são facilmente dispersos em chuva e ao pousar em uma fruta, o conídio pode germinar para produzir um tubo germinativo, que forma um apressório. A partir do apressório, uma infecção pela hifa penetra na cutícula da fruta. Se as frutas estão verdes, o fungo geralmente permanece quiescente. Com o início do amadurecimento, as condições favorecem o crescimento do fungo e as lesões se desenvolvem (KADER et al, 2002). VIEIRA (2019), relatou pela primeira vez presenças de *C. truncatum* em lavouras em Porto Seguro, Bahia, Brasil.

*Alternaria alternata* é considerado um fungo oportunista que segue diferentes rotas para penetrar no tecido da planta, como fermento e aberturas naturais (PEARSON E HALL, 1975), o que permite o patógeno entrar num tecido verde e permanecer quiescente por semanas até o amadurecimento da fruta. Em geral, as infecções acontecem em tecidos mais fracos que foram submetidos a estresse ou fermentos. (MMBAGA et al., 2011).

Hoje no Brasil, são poucos os fungicidas registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, para o controle de doenças pós-colheita em mamão, dentre eles: Magnate<sup>®</sup> 500 EC (imazalil – imidazol), Cronnos<sup>®</sup> (Mancozeb – Ditiocarbamato; Picoxistrobina - estrobirulina e Tebuconazole - triazol) para o controle de *Colletotrichum gloesporioides* e o Tecto<sup>®</sup> SC (Tiabendazol – benzimidazol) para o controle de *Colletotrichum gloesporioides*, *Alternaria alternata*, os dois fungos estudados nesse trabalho e único com o LMR (Limite Máximo de Resíduos) capaz de atender ambos os mercados, o brasileiro com LMR 6 mg/kg e Europeu com LMR 10 mg/kg. (AGROFIT, 2019).

Neste sentido, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou a resolução de N° 60 do qual proibia o uso do ativo Prochloraz em produtos agrotóxicos devido a uma reavaliação toxicológica. O Prochloraz é um ativo eficiente no controle da antracnose e alcance de até 96,5 % no controle de *Colletotrichum gloesporioides*. (ZAVALA-LEÓN et al., 2004).

Os resíduos de pesticidas constituem uma questão crucial para os fornecedores de frutas e legumes. Com o objetivo de evitar danos à saúde e ao meio ambiente, a União Europeia estabeleceu níveis máximos de resíduos (LMR) para pesticidas sobre produtos alimentícios. Produtos que contenham mais pesticidas do que os permitidos são retirados do mercado europeu. Diante dos problemas ocasionados e importância do mercado do mamão para os produtores brasileiros, é imprescindível o desenvolvimento de técnicas alternativas e eficazes para o controle de doenças do mamão.

Dentro das técnicas alternativas para controle de doenças e que vai de acordo com as novas tendências de mercado estão os óleos essenciais (OEs). Os OEs são substâncias naturais reconhecidas como seguras GRAS (Generally Recognized As Safe) pelo F.D.A (Food and Drug Administration). Seus benefícios, incluindo as propriedades antifúngicas e a incorporação delas em coberturas vem sendo bem estudadas e discutidas (WAN-SHIN JO et al., 2014; BAKKALI, 2008; GARCIA et al., 2008; ANTUNES et al., 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da cera de canaúba (CC), enriquecida com óleos essenciais (OEs) no controle de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* em mamão e seu impacto na qualidade dessas frutas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

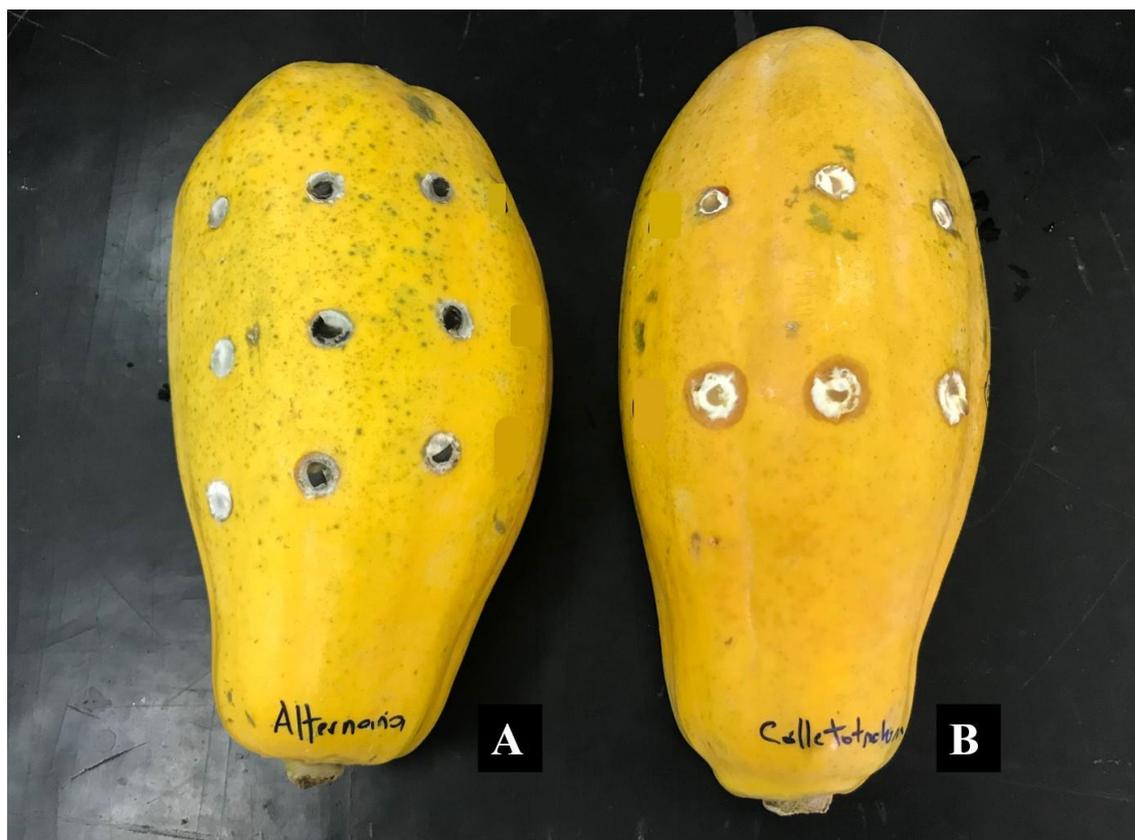
Foram realizados oito experimentos, sendo três *in vitro* (na qual avaliou-se a porcentagem de crescimento micelial dos fungos *Colletotrichum* sp. e *Alternaria* sp. quando submetidos a diferentes tratamentos, OEs (em diferentes concentrações), produto químico (Tecto<sup>®</sup>) e CC, buscando a menor concentração de óleo capaz de inibir 100 % de ambos fungos. *In vivo* foram realizados cinco experimentos, nos quatro primeiros avaliou-se os diâmetros das lesões provocadas pelos referidos fungos em mamões inoculados antes e após a aplicação de OEs + CC, e no quinto foi avaliado parâmetros de qualidade dos frutos tratados com OEs + CC.

### 2.1 Local

Os experimentos *in vitro* foram realizados no laboratório de Fitopatologia e Microbiologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Os experimentos *in vivo* foram conduzidos na Fazenda Mata Fresca, na empresa Melão Mossoró (Mossoró-RN, Brasil), onde os frutos ficaram armazenados em câmara fria a  $10 \pm 2$  °C e umidade relativa de 85 %. As avaliações pós-colheita foram realizadas no laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da UFERSA (Mossoró-RN, Brasil).

### 2.2 Isolados

Os isolados de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* foram obtidos de mamão com sintomas de podridão, coletado da Fazenda Flamengo (Agrícola Famosa LTDA) da região de Icapuí - CE, Brasil. Foi realizado o cultivo monospórico em diluição seriada para cada espécie, e em seguida, preservados em água destilada e esterilizada (Método CASTELLANI, 1939), mantidos a  $10 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ . Para ambos os fungos foi realizado o Postulado de Kock antes de iniciar os experimentos (Figura 1).



**Figura 1.** Teste de patogenicidade realizado em mamão com os fungos *Alternaria* sp. (A) e *Colletotrichum* sp. (B).

### 2.3 Frutos

O mamões formosa, variedade Tainung 1 foram obtidos de plantio comercial da empresa Agrícola Famosa LTDA, Fazenda Flamengo, Icapuí-CE, Brasil. Estes foram colhidos livres de qualquer sinal de doença e seguiam o padrão da empresa para exportação, com estágio de maturação entre 2 e 3, segundo o programa de exportação do mamão brasileiro (MAPA) (Tabela 1).

**Tabela 1** Classificação da maturação do mamão de acordo com a coloração da casca.

Estádio maturação	Descrição
0	Fruta completamente desenvolvida. 100% de cor verde.
1	Coloração amarela não cobre mais do que 15 % da superfície da fruta
2	1/4 maduro, fruto com até 25 % da casca amarelada
3	1/2 maduro, fruto com até 50 % da casca amarelada
4	3/4 maduro, fruto com até 75% da casca amarelada
5	Maduro. Frutos com 76 a 100 % da superfície amarela.

Fonte: Programa de exportação do mamão brasileiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

## 2.4 Óleos essenciais

Oito óleos essenciais (Bioessência<sup>®</sup>, São Paulo) foram estudados: alecrim (*Rosmarinus officinalis*), bergamota (*Citrus aurantium bergamia*), funcho (*Forniculum vulgare*), cravo (*Eugenia caryophyllus*), capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*), citronela (*Cymbopogon nardus*), palmarosa (*Cymbopogon martini*) e canela (*Cinnamomum cassia*).

## 2.5 Caracterização dos óleos essenciais

Os óleos essenciais foram diluídos em hexano (grau CG), na proporção de 1:100. Dessa solução foram amostradas alíquotas de 1 microlitro e injetadas no equipamento. As análises cromatográficas foram realizadas em CG-EM (cromatografia gasosa acoplada à espectrofotômetro de massas) foi realizada em um instrumento Agilent modelo GC-7890B/MSD-5977<sup>a</sup> (quadrupolo), com impacto de elétrons a 70 eV, coluna HP-5MS metilpolissiloxano (30 m x 0,23 mm x 0,25 µm, Agilent), gás carreador hélio com fluxo 1,00 ml / min, temperatura de injetor 250 °C, temperatura do detector 150 °C, temperatura da linha de transferência 280 °C. Programação do forno cromatográfico: temperatura inicial de 70 °C, com rampa de aquecimento de 4 °C/min até 180 °C e acréscimo de 10 °C/min até 250 °C ao término da corrida (34,5 min). Os dados cromatográficos foram processados no software do equipamento (NIST, versão 2.0, 2012) e os compostos identificados utilizando a base de dados fornecida pelo equipamento com 243.893 compostos.

## 2.6 Cobertura das frutas

A cobertura usada no estudo foi à base de cera de carnaúba (cera comercial Citrosol<sup>®</sup> a 18 % (Valencia – Espanha)).

## 2.7 Experimentos *in vitro*

No primeiro e segundo experimento, discos de BDA (4 mm de diâmetro) de cultura pura de isolados de *C. truncatum* e *A. alternata* foram retirados das margens de

culturas de 10 dias de crescimento e colocados no centro de placas Petri de 9 cm de diâmetro contendo BDA (Batata Dextrose e Agar) + 0,1 % de Tween 20 (dispersante) + OEs. No terceiro experimento foi adicionado CC (concentração de 33 %) às placas contendo BDA + Tween 20 + OEs. Os controles absoluto (composto apenas por BDA) e o referência pelo produto químico Tecto<sup>®</sup> a 0,4 % foram utilizados nos três experimentos para a comparação com os tratamentos. O crescimento radial dos microrganismos foi medido com o auxílio de um paquímetro digital, quando o crescimento dos microrganismos contidos nas placas do tratamento controle absoluto atingiram 9 cm de diâmetro.

### **2.7.1 Primeiro experimento**

Foram utilizados 10 tratamentos [8 com os OEs (alecrim, bergamota, canela, capim-limão, citronela, cravo, funcho e palmarosa), na concentração de 1 % e 2 tratamentos controle (absoluto e referência)], com 5 repetições. Os OEs que inibiram 100 % do crescimento micelial dos referidos fungos foram utilizados no segundo experimento.

### **2.7.2 Segundo experimento**

Foram utilizados 26 tratamentos [24 com os OEs (alecrim, canela, capim-limão, citronela, funcho e palmarosa (selecionados no experimento anterior) com quatro concentrações (1; 0,75; 0,5 e 0,25 %), mais 2 controles (absoluto e referência)], com 5 repetições, para selecionar as menores concentrações de cada óleo essencial (OE) capaz de inibir 100 % do crescimento dos fungos. Estes foram utilizados no terceiro experimento.

### **2.7.3 Terceiro experimento**

Foram utilizados 8 tratamentos [6 com as menores dosagens dos OEs (alecrim 0,75 %, canela 0,25 %, capim-limão 0,25 %, citronela 0,25 %, funcho 0,25 % e palmarosa 0,25 %) selecionados do experimento anterior + CC a 33 % e 2 controles (absoluto e referência)] com cinco repetições, para verificar se os OEs combinados com a cera eram capazes de controlar 100 % dos referidos fungos.

## **2.8 Delineamento experimental e análise dos dados dos experimentos *in vitro***

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância usando o programa R (versão 3.6.0), a nível de significância de  $P \leq 0,05$ . A significância de interações foi verificada pelo teste de Kruskal-Wallis a  $P \leq 0,05$  e agrupamento de médias através do teste Dunn (Bonferroni) a  $P \leq 0,05$ .

## **2.9 Experimentos *in vivo***

Em quatro experimentos avaliou-se os efeitos preventivos e curativos de OEs + CC (selecionados nos experimentos *in vitro*) e os controles absoluto (composto apenas por água destilada) e referência (produto químico Tecto<sup>®</sup> (0,4 %) + CC) em mamões inoculados com *C. truncatum* e *A. alternata*, onde foi medido o diâmetro das lesões com o auxílio de paquímetro digital (Carbografite, 150 mm) aos 21 dias de armazenamento. E um quinto experimento foi realizado com os mesmos tratamentos, utilizando frutos não inoculados, onde avaliou-se perda de massa, firmeza (frutos e de polpa), sólidos solúveis dos frutos aos 10, 20 e 26 dias de armazenamento.

### **2.9.1 Experimentos *in vivo*: frutos inoculados.**

Foram utilizados 8 tratamentos [6 com OEs (alecrim 0,75 % + CC, canela 0,25 % + CC, capim-limão 0,25 % + CC, citronela 0,25 % + CC, funcho 0,25 % + CC e palmarosa 0,25 % + CC) e os 2 controles (absoluto e referência)] para cada efeito (preventivo e curativo) e fungo (*C. truncatum* e *A. alternata*), com 3 repetições. Cada fruto recebeu 3 discos de BDA com estruturas dos fungos, com 10 dias de crescimento.

Os mamões coletados na fazenda foram lavados com 1 % de hipoclorito de sódio e, posteriormente secos ao ar livre. Em seguida, os frutos foram inoculados com *C. truncatum* e *A. alternata*, 2h antes (experimento preventivo) e 2h depois (experimento curativo) de receberem os tratamentos. Os discos foram colocados nos frutos, de maneira equidistante, com o micélio voltado para baixo.

Os produtos foram homogeneizados a cada momento da aplicação, que foi realizada por borrifadores, via spray. Cada fruto recebeu 20 ml de calda (de cada tratamento), volume suficiente para molhar todo o fruto até o ponto de escorrimento. Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram mantidos a temperatura ambiente ( $\pm 28$  °C), até a completa secagem. Em seguida foram envolvidos individualmente em bolsa de polietileno de alta densidade (PEAD), para minimizar a desidratação. Os frutos foram dispostos de maneira casualizada em pallets e armazenados em câmara fria a  $10 \pm 2$  °C e umidade relativa de  $85 \% \pm 5 \%$ . A avaliação ocorreu aos 21 dias de armazenamento.

## **2.9.2 Experimento *in vivo*: frutos não inoculados**

Foram utilizados 8 tratamentos (os mesmos usados nos experimentos anteriores, *in vivo*) e dispostos exatamente da mesma forma do experimento anterior dentro da câmara fria. Avaliou-se os frutos em três tempos, com 10, 20 e 26 dias de armazenamento, dos quais foram mensurados as variáveis de qualidade, incidência e severidade de doenças.

### **2.9.2.1. Perda de massa**

No dia da colheita, os frutos foram pesados individualmente. A perda de massa foi calculada em porcentagem relativa de acordo com a massa inicial. A balança utilizada foi a M. S. Mistura, com a precisão de 0,01g.

### **2.9.2.2 Firmeza**

A firmeza foi avaliada como a máxima força requerida para penetrar a polpa de mamão. Um texturômetro Stable Microsystem modelo TAXT Express enhanced com uma ponteira cilíndrica de 5 mm, com força de 0,049 N e 10 mm de profundidade foi utilizada para medição de firmeza de fruto em dois pontos opostos e da polpa onde foram cortados longitudinalmente e depois de abertos, realizados em dois pontos opostos da polpa. Os dados expressos em Newton (N).

### **2.9.2.3 Sólidos Solúveis**

Foram realizadas leituras, em %, em refratômetro digital Index, modelo DBR45, 0° a 45° Brix), colocando as amostras diretamente na célula do equipamento, após calibração com água.

### **2.9.2.4 Incidência e severidade de doenças**

Para análise da incidência e severidade da doença nos frutos naturalmente infestados, foram realizadas avaliações nos frutos aos 10, 20 e 26 dias após a colheita. A incidência foi determinada pela porcentagem de frutos doentes (contendo sintomas de podridão) e a severidade usado a escala de notas de Bosquez-Molina, (2010), de 0 a 4 , onde: 0 = nada, 0 % de frutos com sinais de doenças; 1 = inicial ; 2 = leve para moderado; 3 = moderado e 4 = severamente afetados.

## **2.10 Delineamento experimental e análise dos dados dos experimentos *in vivo***

Os experimentos de frutos inoculados foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a  $P \leq 0,05$  e quando significativas às médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a  $P \leq 0,05$ .

O experimento de frutos não inoculados foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas com três repetições. Para os dos frutos, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a  $P \leq 0,05$ . Em caso de significância as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a  $P \leq 0,05$ . Para a análise de incidência e severidade de doenças os dados foram verificados pelo

teste de Kruskal–Wallis a  $P \leq 0,05$  e as médias foram comparadas pelo teste de Bonferonni a  $P \leq 0,05$ .

O programa utilizado em todos os testes foi o R (versão 3.6.0).

### 3 RESULTADOS

#### 3.2 Experimentos *in vitro*

##### 3.2.1 Primeiro experimento

Neste experimento verificou-se um alto poder inibitório dos OEs (alecrim, canela, capim-limão, citronela, funcho e palmarosa na concentração de 1 %) contra os fungos *C. truncatum* e *A. alternata*. Estes OEs inibiram 100 % do crescimento micelial de ambos os fungos. O OE de cravo inibiu o crescimento micelial em 94,0 % para a *A. alternata* e 77,8 % para o *C. truncatum*, e o de bergamota inibiu 48,9 % de *A. alternata* e 87,1 % de *C. truncatum*. Para ambos os fungos testados, o produto químico Tecto® a 0,4 % + CC foi inferior à maioria dos óleos testados, inibindo o crescimento dos fungos em torno de 40 %. (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média da porcentagem de inibição do crescimento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata* e *Colletotrichum truncatum* sob efeito de óleos essenciais na concentração de 1 %.

Tratamentos	<i>A. alternata</i>	<i>C. truncatum</i>
OE alecrim	34,0 (100,0) a	34,5 (100,0) a
OE canela	34,0 (100,0) a	34,5 (100,0) a
OE capim-limão	34,0 (100,0) a	34,5 (100,0) a
OE citronela	34,0 (100,0) a	34,5 (100,0) a
OE funcho	34,0 (100,0) a	34,5 (100,0) a
OE palmarosa	34,0 (100,0) a	34,5 (100,0) a
OE cravo	26,6 (94,0) b	14,0 (77,8) c
OE bergamota	10,6 (48,9) c	23,0 (87,1) b
Tecto®	10,8 (40,0) c	8,0 (40,6) d
Control	3,0 (0) d	3,0 (0) e

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Dunn (  $P \leq 0,05$  ). Valores dentro do parênteses = média das porcentagens. OE = Óleo essencial.

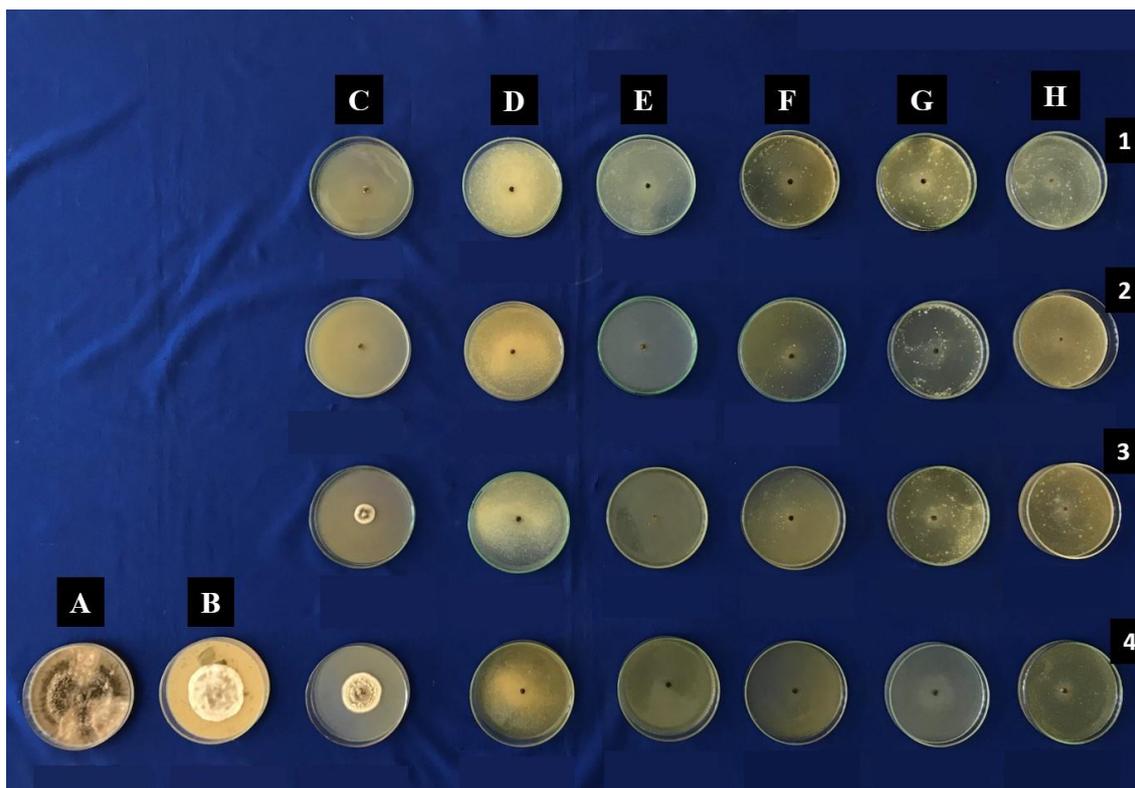
### 3.2.2 Segundo experimento

Dos seis óleos essenciais selecionados no primeiro experimento e testados em diferentes concentrações (1; 0,75; 0,5 e 0,25 %) no segundo experimento, a maioria (canela, capim-limão, citronela, funcho e palmarosa) inibiu o crescimento de ambos os fungos na menor concentração testada (0,25 %). Apenas o OE de alecrim reduziu 100 % do crescimento de *A. alternata* a partir da concentração 0,75 % (Tabela 3 e Figura 2).

**Tabela 3.** Média da porcentagem de inibição do crescimento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata* e *Colletotrichum truncatum* sob efeito de óleos essenciais nas concentrações de 1; 0,75; 0,5 e 0,25 %.

Tratamentos	Concentração (%)	<i>A. alternata</i>	<i>C. truncatum</i>
OE alecrim	1,00	75,5 (100,0) a	70,5 (100,0) a
	0,75	75,5 (100,0) a	70,5 (100,0) a
	0,50	13,0 (86,3) b	70,5 (100,0) a
	0,25	18,0 (57,7) c	70,5 (100,0) a
OE canela, OE capim-limão, OE citronela, OE funcho, OE palmarosa	1,00	75,5 (100,0) a	70,5 (100,0) a
	0,75	75,5 (100,0) a	70,5 (100,0) a
	0,50	75,5 (100,0) a	70,5 (100,0) a
	0,25	75,5 (100,0) a	70,5 (100,0) a
Tecto®	0,40	8,0 (43,1) d	8,0 (38,3) b
Controle	0,00	3,0 (0,0) e	3,0 (0,0) c

Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Dunn ( $P \leq 0,05$ ). Valores dentro do parênteses = média das porcentagens. OE = Óleo essencial.



**Figura 2.** Crescimento micelial de *Alternaria alternata in vitro* nos diferentes tratamentos e concentrações. A = Controle; B = Tecto<sup>®</sup>; C = OE alecrim; D = OE canela; E = OE capim-limão; F = OE citronela; G = OE funcho e H = OE palmarosa. As numerações representam as concentrações dos óleos onde: 1 = 1 %; 2 = 0,75 %; 3 = 0,5 % e 4 = 0,25 %. OE = Óleo essencial.

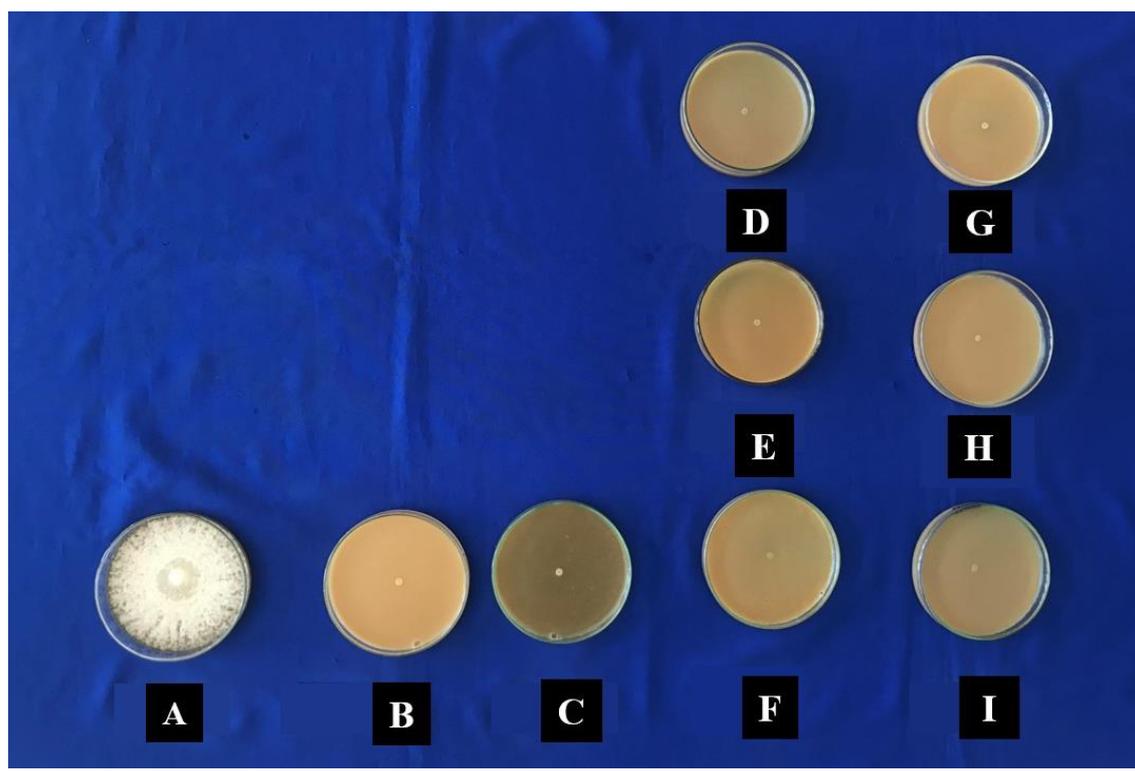
### 3.2.3 Terceiro experimento

Observou-se que quando se adicionou cera de carnaúba aos tratamentos contendo OEs, a inibição de crescimento micelial permaneceu 100 %, no do crescimento dos fungos mesmo o Tecto<sup>®</sup> que nos primeiros experimentos atingia valores na casa dos 40 % de inibição, com a incorporação da CC, conseguiu o máximo de inibição (100 %). Mesmo a cera de carnaúba testada só conseguiu o máximo de inibição de crescimento (Tabela 4) (Figura 3).

**Tabela 4.** Média da porcentagem de inibição do crescimento micelial in vitro de *Alternaria alternata* e *Colletotrichum truncatum* sob efeito de óleos essenciais em diferentes concentrações e combinados com cera de carnaúba a 33 %.

Tratamentos	<i>A. alternata</i> Média ( % )	<i>C. truncatum</i> Média ( % )
OE alecrim 0,75 % + CC	100,00	100,00
OE canela 0,25 % + CC	100,00	100,00
OE capim-limão 0,25 % + CC	100,00	100,00
OE citronela 0,25 % + CC	100,00	100,00
OE funcho 0,25 % + CC	100,00	100,00
OE palmarosa 0,25 % + CC	100,00	100,00
CC 33 %	100,00	100,00
Tecto® 0,4% + CC	100,00	100,00
Controle	0,00	0,00

OE = Óleo Essencial. CC = Cera de Carnaúba

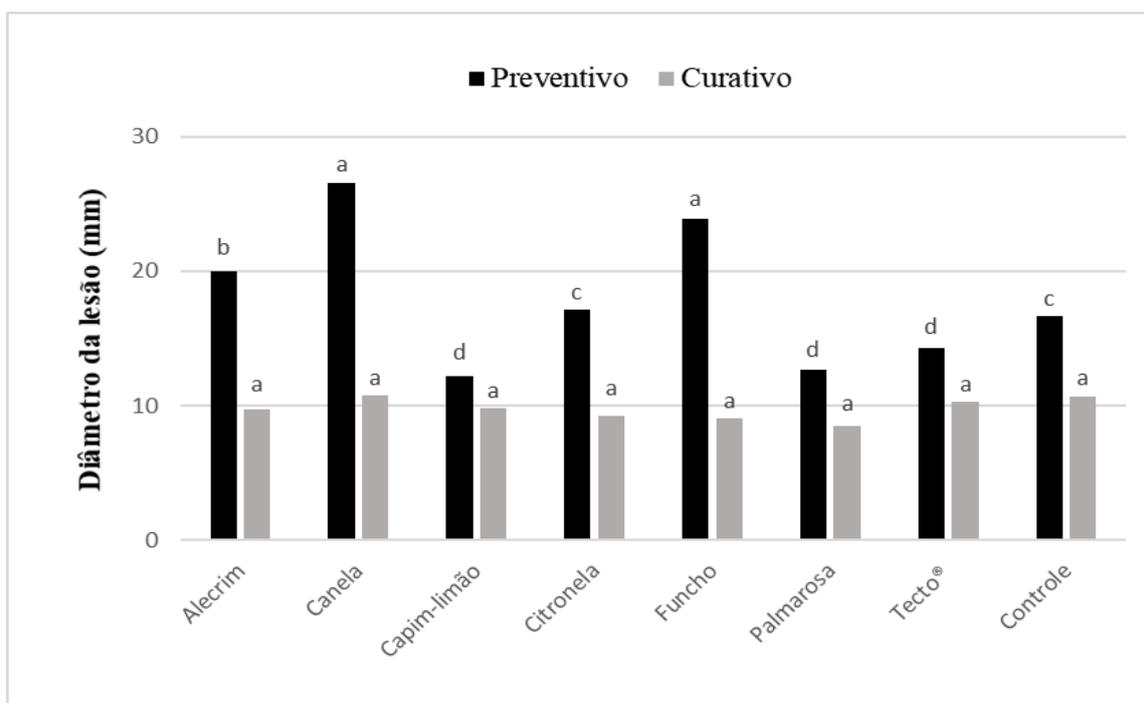


**Figura 3.** Médias dos diâmetros das lesões causadas por *Colletotrichum truncatum* em diferentes tratamentos e avaliados aos 26 dias de armazenamento. A = Controle; B = Tecto 0,4 % + CC; B = CC; D = OE alecrim 0,75 % + CC; E = OE canela 0,25 % + CC; F= OE capim-limão 0,25. G = OE citronela 0,25 % + CC; H = OE funcho 0,25 % + CC; I = OE palmarosa 0,25 % + CC. OE = Óleo essencial. CC = Cera de carnaúba.

### 3.3 Resultados dos experimentos *in vivo*

#### 3.3.1 Experimentos *in vivo*: frutos inoculados

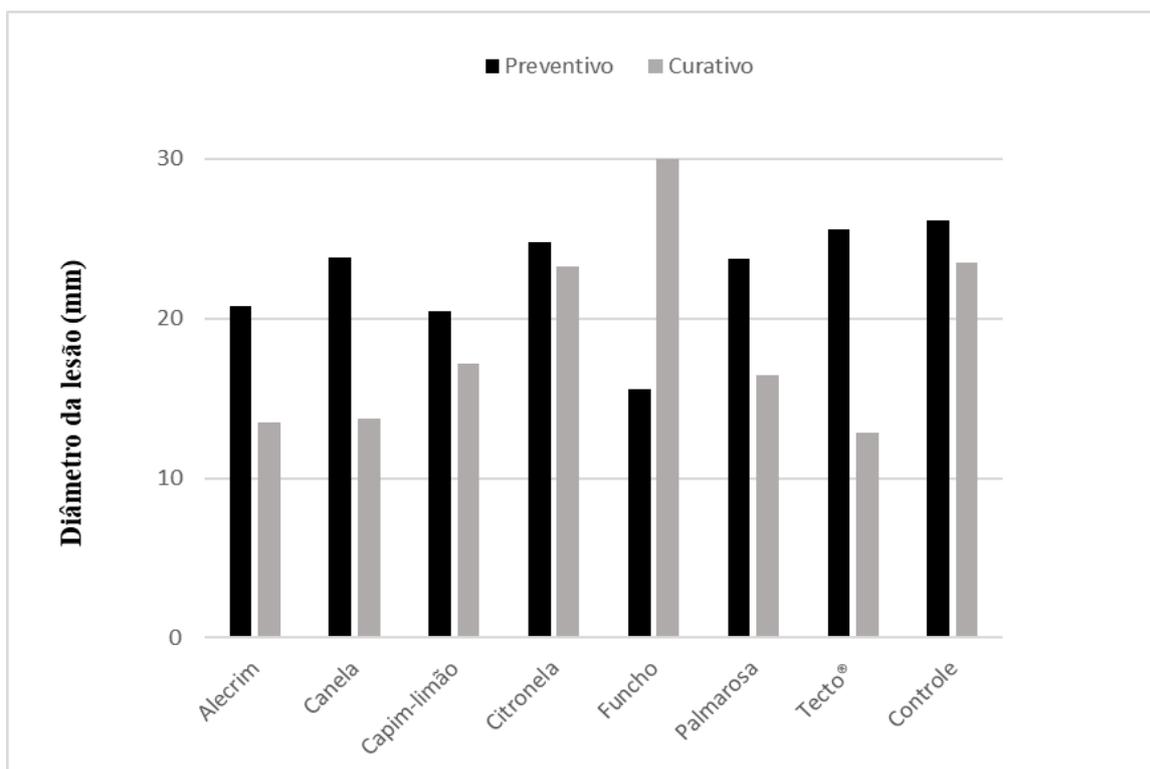
Foi verificado que os OEs de capim-limão (0,25 %) + CC e palmarosa, (0,25 %) + CC, quando utilizados preventivamente, promoveram maiores reduções nos diâmetros das lesões provocadas por *A. alternata* em mamão. Os OEs de capim-limão e o de palmarosa reduziram 24,3 e 26,9 % o crescimento do fungo, respectivamente, quando comparados a testemunha absoluta. Já em relação ao Tecto<sup>®</sup>, a porcentagem de redução foi de 14,6 % (capim-limão) e 11,6 % (palmarosa). Os tratamentos cujos frutos foram tratados curativamente (após a inoculação) não diferiram estatisticamente (Figura 4).



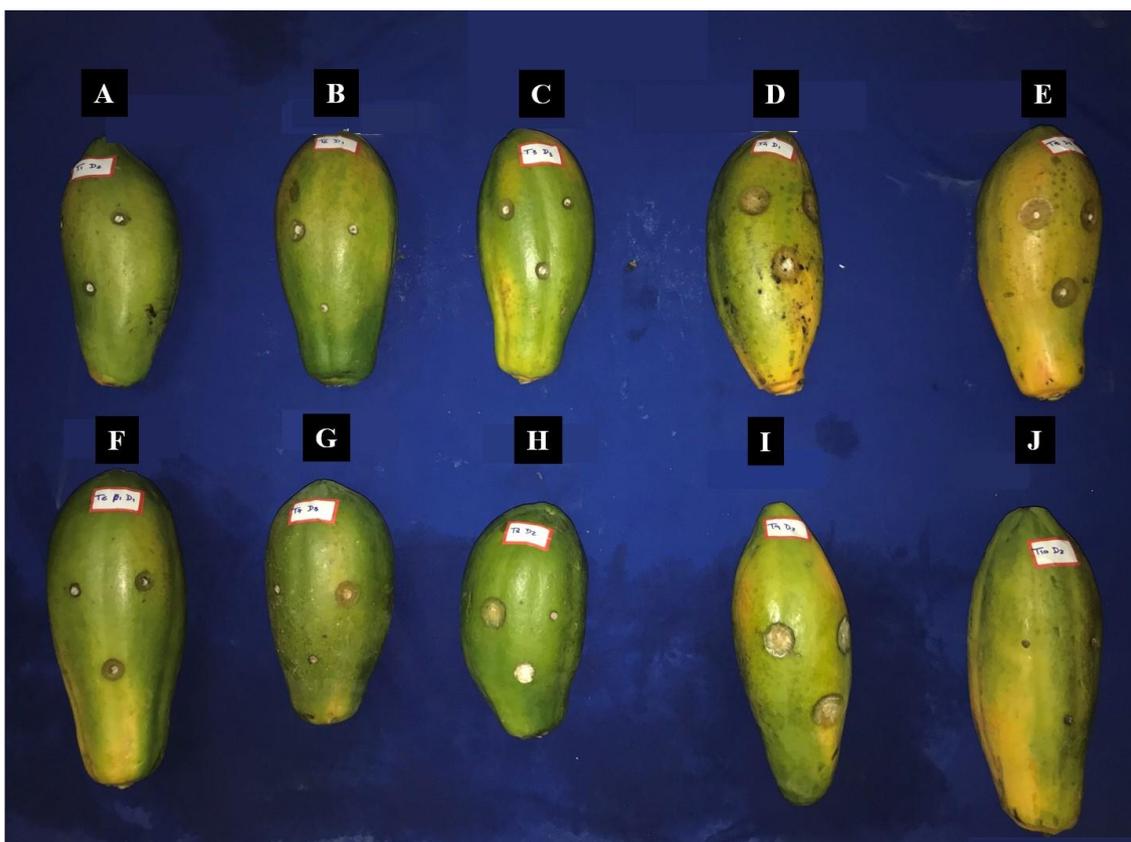
**Figura 4.** Médias dos diâmetros das lesões causadas por *Alternaria alternata* em diferentes tratamentos e avaliados aos 21 dias de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).

O OE de funcho a 0,25 % + CC, aplicado preventivamente, foi o tratamento que propiciou a maior redução nos diâmetros das lesões causadas por *Colletotrichum truncatum* em mamão. Este OE reduziu o diâmetro da lesão em 40,4 % quando comparado ao controle absoluto e, 39 % quando comparado ao Tecto<sup>®</sup> (0,4 %) + CC.

Quando os tratamentos foram aplicados após a inoculação (curativamente), os OEs de alecrim (0,75 %) + CC; canela (0,25 %) + CC e o Tecto® (0,4 %) + CC foram os que melhor controlaram o crescimento do fungo nos frutos, com redução no diâmetro das lesões de 42,5, 41,6 % e 45,5 %, respectivamente quando comparado ao controle absoluto (Figuras 5 e 6).



**Figura 5.** Médias dos diâmetros das lesões causadas por *Colletotrichum truncatum* em diferentes tratamentos e avaliados aos 26 dias de armazenamento. Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ ).



**Figura 6.** Mamões inoculados com *Colletotrichum truncatum* e sob efeito de diferentes tratamentos aplicados curativamente: A = OE alecrim 0,75 % + CC; B = OE canela 0,25 %; C = capim-limão 0,25 % + CC; D = OE citronela 0,25 % + CC; E = OE funcho 0,25 % + CC; F = OE palmarosa 0,25 % + CC; G = Tecto<sup>®</sup> 0,4 % + CC; H = Cera de carnaúba; I = Controle; J = meio BDA. OE = Óleo essencial; CC = Cera de carnaúba; BDA = Batata dextrose ágar.

### 3.3.2 Experimento *in vivo*: frutos não inoculados

#### 3.3.2.1 Incidência e severidade da doença

Todos os frutos aos 10 dias de armazenamento se encontravam sem sinais de doença, com 0% de incidência. Aos 20 dias, todos os tratamentos apresentavam mamões com sintomas de doenças, sem diferenças estatísticas em relação a severidade. Aos 26 dias, a incidência e severidade de doenças se intensificaram e os frutos mais afetados eram os tratados com OE de alecrim e controle.

**Tabela 5.** Efeito de diferentes tratamentos na incidência e severidade da podridão em mamões naturalmente infectados.

Tratamentos e dias de armazenamento	Incidência (%)	Severidade (notas)	Tratamentos e dias de armazenamento	Incidência (%)	Severidade (notas)
<u>OE alecrim 0,75 % + CC</u>			<u>OE funcho 0,25 % + CC</u>		
10	0	0,0	10	0	0,0
20	100	1,7 a	20	33	0,3 a
26	100	3,7 a	26	100	1,0 ab
<u>OE canela 0,25 % + CC</u>			<u>OE palmarosa 0,25 % + CC</u>		
10	0	0,0	10	0	0,0
20	100	1,7 a	20	67	0,7 a
26	67	1,7 ab	26	100	1,0 ab
<u>OE c. limão 0,25 % + CC</u>			<u>Tecto@ 0,4 % + CC</u>		
10	0	0,0	10	0	0,0
20	100	1,0 a	20	100	1,3 a
26	100	1,3 ab	26	100	1,7 ab
<u>OE citronela 0,25 % + CC</u>			<u>Controle</u>		
10	0	0,0	10	0	0,0
20	100	1,0 a	20	100	2,3 a
26	67	1,7 ab	26	100	3,0 a

Severidade (notas): 0 = nada; 1 = inicial; 2 = leve para moderado; 3 = moderado; 4 = severamente afetado.

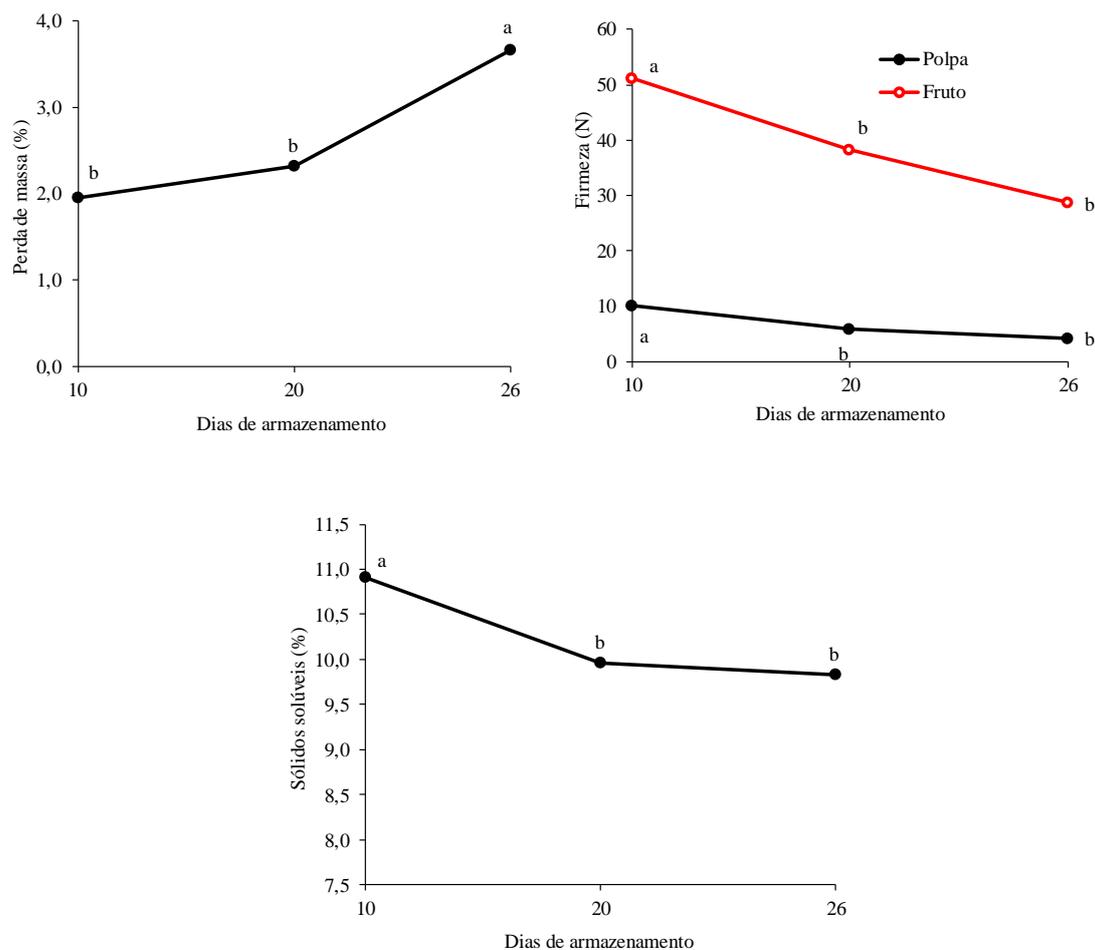
Médias seguidas de letras diferentes em cada coluna são significativamente diferentes pelo teste de Bonferonni ( $P \leq 0,05$ ).

OE = Óleo essencial; CC = Cera de Carnáuba.

### 3.3.2.2 Qualidade dos frutos

Os resultados obtidos de perda de massa, firmeza (fruto e polpa) e sólidos solúveis nos diferentes tempos de armazenamento não demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos com óleos essenciais, mostrando que os OEs + CC não influenciaram nessas variáveis estudadas (Figuras 7). Houve diferença estatística para o fator tempo de armazenamento, resultado do processo natural de senescência.

A maior perda de massa acumulativa, aos 26 dias, foram dos frutos controle (4,59 %), resultado esperado por ser o único tratamento sem a cobertura da cera. Em relação a firmeza, até os 20 dias, os frutos apresentavam valores adequados (38 N para fruto e 6 N para polpa) para o consumo. Após 26 dias de armazenamento esses valores reduziram bastante e alguns frutos se encontravam inaptos ao consumo pelo ataque de microrganismos. Com relação aos sólidos solúveis, houve um leve decréscimo dos valores até os 20 dias de armazenamento, depois não houve diferença significativa.



**Figura 7.** Valores médios de perda de massa, firmeza (fruto e polpa) e sólidos solúveis durante o armazenamento refrigerado (10 °C e 85 ± 5%) de mamão Formosa ‘Tainung’.

### 3.4 Resultados da caracterização dos óleos essenciais

Dentro dos principais constituintes dos OEs, resultados da caracterização estão: OE de alecrim, com o eucaliptol e bormanone; OE de canela com o dietilftalato e cinamaldeído; OE capim-limão com o citral e carverol; OE citronela com o isopulegol e 3-carene; OE funcho com o anetole e OE palmarosa com o 3-carene (Tabela 5).

**Tabela 6.** GC - MS análise de óleos essenciais de alecrim, canela, capim-limão, citronela, funcho e palmarosa. OE = Óleo Essencial.

OE alecrim	% Área
3 - Carene	9,5
Camphene	4,0
(+) - 3 - carene	7,1
Benzene, 1 methyl - 3 - (1 - methyllethyl)	1,49
D-limonene	2,37
Eucaliptol	52,59
(+) - 2 - Bormanone	13,64
Isobornyl formate	3,35
Gamma-terpinene	1,48
4 - terpenyl acetate	0,71
Bicyclo [5.2.0] nonane, 2 methylene - 4,8,8 trimethyl - 4- vinyl	3,75
OE canela	% Área
Cinnamaldehyde	12,66
Diethylphthalate	87,34
OE capim-limão	% Área
Bicyclo[2.2.1]heptane, 2,2-dimethyl-3-methylene-, (1S)-	0,7
D-Limonene	0,72
Bicyclo[3.1.0]hexan-3-ol, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,3.alpha.,5.alpha.)	0,61
.gamma.-Terpinene	0,93
Carveol	32,84
3-Carene	6,33
Citral	49,77
(+)-3-Carene	3,95
Bicyclo[5.2.0]nonane, 2-methylene-4,8,8-trimethyl-4-vinyl-	4,16
OE citronela	% Área
D-Limonene	2,64
Ethanol, 2-(3,3 - dimethylcyclohexylidene)-, (Z)-	2,57
Isopulegol	42,11
2-Octen-1- ol, 3,7 - dimethyl-	13,73
3 - Carene	27,4
6-Octen-1-ol, 3,7 - dimethyl - acetate	1,46
(+) - 3 - Carene	1,35
Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl- 2,4-bis (1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha., 2.beta., 4	1,79
Naphtalene, 1,2,3,5,6,8a - hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)-	3,97
Bicyclo [5.3.0]decane, 2-methylene-5-(1-methylvinyl)-8-methyl-	2,97
OE funcho	% Área
3 - Carene	2,28
L - fenchone	10,5
Anethole	87,22
OE palmarosa	% Área
3 - carene	89,22
(+) - 3 - carene	9,13
Bicyclo	1,64

#### 4. DISCUSSÃO

Entre muitos métodos alternativos que vem sendo estudados para o controle de doenças pós-colheita, produtos naturais como OEs vem ganhando a popularidade e a atenção de estudiosos, além de ser muito mais seguros para o ambiente que fungicidas sintéticos (Sivakumar e Bautista Baños, 2014). Koul et al., (2008) argumenta que a contínua aplicação de fungicidas sintéticos podem causar resistência de cepas de fungos enquanto que, é provável que a resistência se desenvolva de forma mais lenta durante as aplicações de OEs devido a composição química que caracteriza esses óleos com diferentes constituintes como terpenos, sesquiterpenos, aldeídos, quetonos e componentes fenólicos produzidos pelas plantas. Muitos autores vem sugerindo os OEs como agentes de controle de fungos e bactérias responsáveis por inúmeras doenças. (HONG et al., 2015; ANTUNES, et al., 2012; PLAZA et al., (2015).

Nos experimentos *in vitro* deste estudo, observou-se que cinco dos oito OEs testados causaram forte inibição no crescimento de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata*, isto se deve certamente aos compostos presentes nos óleos que são fungitóxicos.

Outros estudos também demonstram os efeitos antifúngicos dos OEs contra os microrganismos estudados aqui (*C. truncatum* e *A. alternata*). Barrera-necha et al., (2008) testaram oito OEs no controle de *C. gloesporioides* em mamão e obtiveram resultados positivos *in vivo* com os OEs de canela e cravo a 250  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  e 50  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  respectivamente. Uma combinação de OE de *Lippia scaberrima* (rica em R(-) - carvone, d-limoneno e 1, 8-cineole) com uma cobertura comercial (Avoshine<sup>®</sup>) foi recomendado por Regnier et al., (2010) como tratamento pós-colheita no controle de antracnose em abacate. Bosquez-Molina et al., (2010) verificaram o efeito inibitório dos OEs de lima-mexicana e tomilho combinados com cobertura (goma de prosopis) no controle *in vitro* e *in vivo* de *C. gloesporioides* e *R. stolonifer*, obtendo 50 e 40 % de inibição dos patógenos *in vivo*. Feng e Zheng (2007) avaliaram a atividade antifúngica de OEs de tomilho, sálvia, noz-moscada, eucalipto e canela contra *A. alternata* em diferentes concentrações (100-500 ppm) em condições *in vitro* e *in vivo*. Os autores encontraram que o OE de canela entre 300 e 500 ppm inibiram completamente o crescimento de *A. alternata*. Em outro estudo, Phillips et al., (2012) observaram que OEs de citrus (Citri-V) na fase de vapor reduziram a germinação do esporo de *A.*

*alternata* em condições *in vitro*, mas foram insuficientes para controlar o fungo em frutos de tomate.

Outros autores indicam que a combinação de duas tecnologias tende a ser mais efetiva na criação de condições que possam prolongar a vida pós-colheita de produtos hortifrutícolas, enquanto mantem a qualidade e a aceitação do produto pelo consumidor (SIVAKUMAR E BAUTISTA BAÑOS, 2014). Sanchez-González et al., (2011) afirmam que a maior vantagem no uso de OEs em matrizes poliméricas de coberturas é que elas ajudam a diminuir a difusão dos agentes antimicrobianos, deixando altas concentrações em contato com a superfície da fruta, onde a contaminação geralmente ocorre. Neste estudo, observou-se que além de facilitador da aplicação dos OEs na superfície do mamão, a CC nos experimentos *in vitro* quando aplicada sozinha, já causa um efeito antifúngico. Cruz et al., (2002) relatam que a cera de carnaúba contém proteínas (quitinase e glucanase) que parecem inibir o crescimento precoce de fungos e causam alterações morfológicas de hifas. Estes pesquisadores estudaram os fungos *Fusarium oxysporum*, *C. lindemuthianum* e *C. musae*, confirmando assim a ação positiva da CC no controle fúngico *in vitro*.

No experimento *in vivo* foi observado que as combinações de OE de capim-limão e palmarosa (0,25 %) + CC podem ser indicadas como formas alternativas no manejo de *A. alternata* e o OE de funcho (0,25 %) (aplicado preventivamente), e os OE de canela (0,25 %) e OE de alecrim (0,75%) (aplicados curativamente) podem ser indicados para o controle de *C. truncatum*. Jo et al., (2014) também observaram o efeito antimicrobiano de OE de capim-limão, em maçãs ‘fuji’ cobertas com cera de carnaúba e goma-laca. Won e Min (2018) demonstraram que a combinação de extrato de toranja (1 %) + OE de orégano (0,5 %) + CC diminuíram a incidência de *Penicillium italicum* em até  $25,0 \pm 5,0$  % em mandarinas.

A concentração dos constituintes ativos de OEs e suas estruturas químicas são os responsáveis pelo aroma e atividades antimicrobianas nos frutos Sivakumar e Bautista Baños (2014).e Hong et al., (2015) estudaram os OEs de canela e cravo e outros 13 constituintes, carvacrol, *trans*-cinamaldeído (encontrado no OE de canela deste estudo), citral (encontrado no OE de capim-limão), *p*-cimene, eugenol, geraniol, limoneno (encontrados nos OEs de alecrim, citronela e capim-limão); 1,8-cineole, linalool, menthone, (1R)-(+)- $\alpha$ -pirene e  $\beta$ -pirene no controle de *C. gloesporioides* em pimentões e verificaram bons efeitos no uso de carvacrol, *trans*-cinamaldeído, citral, eugenol e o OE de canela como os melhores tratamentos *in vitro*. *In vivo* todos os tratamentos

demonstraram efeitos antifúngicos, porém com menor eficácia. Fan et al, (2014) verificaram a atividade antifúngica *in vitro* e *in vivo* do citral (presente neste estudo no OE de capim-limão), combinado com cera de citrus no controle de *P. digitatum* em mandarinas. Foi visto que o citral testado *in vitro* na concentração  $\geq 4000\mu\text{LL}^{-1}$  inibiu completamente o *P. digitatum*, porém nos experimentos *in vivo*, os tratamentos não foram efetivos. Antunes et al., (2012) relataram que a maioria dos componentes identificados nos óleos essenciais inclui terpenos, com monoterpenos e sesquiterpenos, porém, a atividade antimicrobiana não poderia ser atribuída aos componentes dos óleos que estavam em maiores concentrações, mas sim ao complexo de todos os constituintes juntos, como também demonstram Mouray e Canillac (2002); Ultee et al., (2000), Bounatirou et al., (2007) e Burt, (2004).

O mamão por ser constituído de 90 % de água faz da desidratação um dos maiores determinantes do tempo de estocagem e qualidade dos frutos, além do que, a estrutura fina da casca permite elevada perda de água quando em condições de alta transpiração (ALI et al., 2011). Mesmo assim, os valores de perda de massa encontrados neste trabalho podem ser considerados baixos (máximo de 4,56 %), isso se deve provavelmente ao uso das bolsas de polietileno de alta densidade (PEAD) que manteve ao redor do fruto a umidade alta. Azene, et al., (2014) verificaram uma diferença de perda de massa de 90 % menor em frutos condicionados em bolsas de polietileno de alta densidade, em comparação a frutos sem bolsa. Para o envio de frutos via marítima, do qual o tempo médio de viagem do Brasil à Europa é de 21 dias, o uso de bolsas em mamão é bastante utilizado por produtores para o controle de desidratação e por isso foi utilizado nesta pesquisa.

A perda de firmeza durante o armazenamento, verificada aqui durante os 26 dias de armazenamento é progressivo e está relacionada com a degradação dos polissacarídeos da parede celular como pectinas, celulose e hemicelulose, que normalmente ocorrem durante o armazenamento. (IRTWANGE et al., 2006). Aos 26 dias de armazenamento o fruto perdeu bastante firmeza, pois a elevada incidência de microrganismo ocasionada nesse período, acelera a senescência e a degradação da parede celular.

O leve decréscimo verificado nos valores de sólidos solúveis observados a partir dos 20 dias coincide com os valores de incidência fúngica que já alcança quase que todos os frutos nesse tempo. O ataque de microrganismos acelera a senescência de frutos, levando-os a maiores taxas respiratórias e consumo de sólidos solúveis.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que é possível fazer o uso de produtos alternativos em mamões para substituição do Tecto<sup>®</sup> no manejo da podridão pós-colheita em mamão. Como não foi verificada fitotoxidade em nenhum dos tratamentos e influência na qualidade, é necessário continuar os estudos para verificar melhores concentrações e formas de aplicação que garantam a redução de perdas nesta cultura.

## 6. REFERÊNCIAS

AGROFIT, Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento., 2019. <https://www.gov.br/agricultura>. (acesso em 06 Novembro 2019).

ALI, A.; MUHAMMAD, M.T.M.; SIJAM, K.; SIDDIQUI, Y. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Edsotika II papaya (*Carica Papaya L.*) fruit during cold storage. **Food Chemistry**. V. 124, n. 2, p. 620-626, Jan. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.085>.

ANTUNES, M.D.; CUSTÓDIA, M.G.; CAVACO, A.M.; MIGUEL, M.G. Edible coatings enriched with essential oils and their compounds for fresh and fresh cut fruit. **Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture**. V. 4, n. 2, p. 114-122, Mai. 2012. DOI: 10.2174/2212798411204020114.

AZENE, M.; WORKNEH, T.S.; WOLDETSADIK, K. Effect of packaging materials and storage environment of papaya fruit. **Journal of food science technology**. V. 51, n. 6, p. 1041-1055, jun. 2014. DOI: [10.1007/s13197-011-0607-6](https://doi.org/10.1007/s13197-011-0607-6).

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**. V. 46, n. 2, p. 446-475, Fev. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.

BARRERA-NECHA, L. L.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; FLORES-MOCTEZUMA, H. E.; ESTUDILLO, A.R. Efficacy of essential oils on the conidial germination, growth of *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.) Penz. And Sacc and control of postharvest disease in papaya (*Carica papaya L.*). **Plant Pathology Journal**. V. 7, n. 2, p. 174-178, Fev. 2008. DOI: 10.3923/ppj.2008.174.178.

BOSQUEZ-MOLINA, E.; RONQUILLO DE JESÚS, E.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VERDE-CALVO, J.R.; MORALES-LÓPEZ, J. Inhibitory effect of essential oil against *Colletotrichum gloesporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. **Postharvest Biology and Technology**. V. 57, n. 2, p. 132-137, ago. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.03.008>.

BOUNATIROU, S.; SMITI, S.; MIGUEL, M.G.; FALEIRO, L.; REJEB, M.N.; NEFFATI, M.; COSTA, M.M.; FIGUEIREDO, A.C.; BARROSO, J.G.; PEDRO, L.G. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities oils isolated from *Tunisian Thimus capitatus* Hoff. et Link. **Food Chemistry**. V. 105, n. 1, p. 146-155, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.059>.

BRASIL, Resolução, RDC nº 60 de 03 de fevereiro de 2016. Dispõe sobre a proibição da utilização do ingrediente ativo Procloraz em produtos agrotóxicos, em decorrência da sua reavaliação toxicológica, e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: 06 Nov. 2019.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food: a review. **International Journal of Food Microbiology**. V. 94, n. 3, p. 223-253, ago. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>.

CENTRE FOR THE PROMOTION OF IMPORTS FROM DEVELOPING COUNTRIES. **Histórico**. The Netherlands: CBI, 2018. Disponível <https://www.cbi.eu/market-information/fresh-fruit-vegetables/papayas/>>. Acesso em: 6 nov. 2019.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA. Editorial. 1990.

CRUZ, M.A.L.; GOMES, V.M.; FERNANDES, K.V.; MACHADO, O.L.; XAVIER FILHO, J. Identification and partial characterization of a chitinase and a  $\beta$ -1, 3-glucanase from *Copernicia cerifera* wax. **Plant Physiology and Biochemistry**. V. 40, n. 1, p. 11-16, Jan. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(01\)01340-7](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(01)01340-7).

ESPITIA, P.J.P.; SOARES, N. F. F.; BOTTI, L. C. M.; MELO, N. R.; PEREIRA, O. L.; SILVA, W. A. Assessment of the efficiency of essential oils in the preservation of postharvest papaya in an antimicrobial packaging system. **Brazilian Journal of Food Technology**. V. 15, n. 4, p. 307-316, Out, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000027>.

ESTATÍSTICAS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. **Histórico**. Brasil: AGROSTAT, 2018. <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 6 nov. 2019.

FAN, F.; TAO, N.; JIA, L.; HE, X. Use of citral incorporated in postharvest wax of citrus as a botanical fungicide against *Penicillium digitatum*. **Postharvest Biology and Technology**. V. 90, p. 52-55, abr. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.005>.

FENG, W.; ZHENG, X. Essential oils to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo*. **Food Control**. V. 18, n. 9, p. 1126-1130. Set, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.05.017>.

GARCIA, R.; ALVES, E.S.S.; SANTOS, M.P.; AQUIJE, G.M.F.V.; FERNANDES, A.A.R.; SANTOS, R.B.D.; VENTURA, J.A.; FERNANDES, P.M.B. Antimicrobial activity and potential use of monoterpenes as tropical fruits preservatives. **Brazilian Journal of Microbiology**. V. 39, n. 1, p. 163-168, mar. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822008000100032>.

HONG, J. K.; YANG, H.J.; JUNG, H.; YOON, D.J.; SANG, M.K.; JEUN, Y.C. Application of volatile antifungal plant essential oils for controlling pepper fruit anthracnose by *Colletotrichum gloeosporioides*. **The Plant Pathology Journal**. V. 31, n. 3, p. 269-277, set. 2015. doi: [10.5423/PPJ.OA.03.2015.0027](https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.03.2015.0027).

IRTWANGE, S.V. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. **Agriculture Engineering International – The CIGR Ejournal**. V. 8, n. 4, p. 1–12, Fev. 2006.

JO, W. S.; SONG, H. Y.; SONG, N. B.; LEE, J. H.; MIN, S. C. Quality and microbial safety of 'Fuji' apples coated with carnauba-shellac wax containing lemongrass oil. **Food Science and Technology**. V. 55, n. 2, p. 490-497, mar. 2014.

KADER, Adel. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Oakland, California. 2002. Ed. 3ª. P. 218.

LEE, S.O.; GYUNG, J.C.; KYOUNG, S.J. HE KYOUNG, L.; KWANG, Y.C.; JIN-CHEOL, K. Antifungal activity of five plant essential oils as fumigant against postharvest and soilborn plant pathogenic fungi. **Plant Pathology Journal**. V. 23, n. 2, p. 97-102. Abr. 2007. DOI: [10.5423/PPJ.2007.23.2.097](https://doi.org/10.5423/PPJ.2007.23.2.097).

MMBAGA, M. T.; SHI, A.; KIM, M.S. Identification of *Alternaria alternata* as a Causal Agent for Leaf Blight in Syringa Species. **The plant pathology journal**. V. 27, n. 2, p. 120-127, Jun 2011. DOI: 10.5423/PPJ.2011.27.2.120.

MOUREY, A.; CANILLAC, N. Anti-*Listeria monocytogenes* activity of essential oils components of conifers. **Food Control**. V. 13, n. 4-5, p. 289-292, Jul. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00026-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00026-9).

PAULL, R.E.; NISHIJIMA, B.W.; REYES, A.M.; CAVALETTO, C.C.; Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**. Vol. 11, n. 3, p. 165-179, jul. 1997. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(97\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)00028-8).

PHILLIPS, C. A.; LAIRD, K.; ALLEN, S.C. The use of citri-V<sup>TM</sup>® - An antimicrobial citrus essential oil vapour for the control of *Penicillium crysogenum*, *Aspergillus niger* and *Alternaria alternata* *in vitro* and on food. **Food Research International**. V. 47, n. 2, p. 310-314. Jul. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.035>.

PLAZA, P.; TORRES, R.; USALL, J.; LAMARCA, N.; VIÑAS, I. Evaluation of the potential of commercial postharvest application of essential oils to control citrus decay. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. V. 79, n. 6, p. 935-940, jul. 2004. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511869>.

PLOTTO, A.; ROBERTS, R.G.; ROBERTS, D.D. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Issues and Advances in Postharvest Horticulture. **Acta Horticulture**. V. 628, 2003. [10.17660/ActaHortic.2003.628.93](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.628.93).

REGNIER, T.; COMBRINCK, S.; DU PLOOY, W.; BOTHA, B. Evaluation of *Lippia scaperrima* essential oil and some pure terpenoid constituents as postharvest

microbicidas for avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**. V. 57, n. 3, p. 176-182, set. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.03.010>.

SANCHEZ-GONZÁLES, L.; PASTOR, L.; VARGAS, P.; CHIRALT, M.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHÁFER, M. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. **Postharvest Biology and Technology**. V. 60, n. 1, p. 57-63, abr. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.11.004>.

SIVAKUMAR, D.; BAUTISTA-BAÑOS, S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. **Crop Protection**. V. 64, p. 27-37, out. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.012>.

ULTEE, A.; KETS, E.P.W.; ALBREDA, M.; HOEKSTRA, F.A.; SMID, E.J.; Adaptation of the food-borne pathogen *Bacillus cereus* to carcavol. **Archives of Microbiology**. V. 174, n. 4, p. 233-238, out. 2000. DOI:[10.1007/s002030000199](https://doi.org/10.1007/s002030000199).

Vieira, W. A. S.; Nunes, A. S.; Veloso, J. S.; Machado, A. R.; Balbino, V. Q.; Silva, A. C.; Gomes, A. A. M.; Doyle, V. P.; Camara, M. P. S. *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose on papaya fruit (*Carica papaya*) in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**. V. 2 2020. <https://doi.org/10.1007/s13314-019-0371-4>.

WON, M. Y.; MIN, S. C. Coating Satsuma mandarin using grapefruit seed extract incorporated carnauba wax for its preservation. **Food Science Biotechnology**. V. 27, n. 6, p. 1649-1658. Fev. 2018. DOI: [10.1007/s10068-018-0327-z](https://doi.org/10.1007/s10068-018-0327-z).

ZAVALA-LEÓN, M. J; TUN SUÁREZ, J.M.; ALEJO, J.C.; SÁNCHEZ, E.R.; ALONSO, O.G.; CALDERÓN, M.V.; GONZÁLEZ, R.M. Control postcosecha de la antracnosis en papaya y sensibilidad de *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.) Sacc. a fungicidas organosintéticos. **Revista Chapingo**, México, v. 11, n. 2, p. 251-255, jul./dez. 2004. DOI: 10.5154/r.rchsh.2004.03.019.