

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS ASSOCIADOS A
ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA ANTRACNOSE
E NA QUALIDADE DE GOIABAS ‘PEDRO SATO’**

**Ellen Cristina Nabiça Rodrigues
Engenheira de Alimentos**

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS ASSOCIADOS A
ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA ANTRACNOSE
E NA QUALIDADE DE GOIABAS ‘PEDRO SATO’**

Discente: Ellen Cristina Nabiça Rodrigues

Orientador: Ben-Hur Mattiuz

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal,
como parte das exigências para
obtenção do Título de Doutora em
Agronomia (Produção Vegetal).**

R696r

Rodrigues, Ellen Cristina Nabiça

Recobrimentos comestíveis associados a óleos essenciais no controle da antracnose e na qualidade de goiabas 'Pedro Sato' / Ellen Cristina Nabiça Rodrigues. -- Jaboticabal, 2021
57 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Ben-Hur Mattiuz

1. Tecnologia pós-colheita. 2. Biopolímeros. 3. Óleos
essenciais. 4. Fitopatologia. 5. Qualidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS ASSOCIADOS A ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA ANTRACNOSE E NA QUALIDADE DE GOIABAS 'PEDRO SATO'

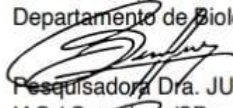
AUTORA: ELLEN CRISTINA NABIÇA RODRIGUES

ORIENTADOR: BEN-HUR MATTIUZ

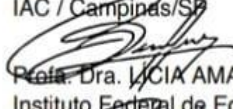
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



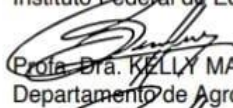
Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Geral e Aplicada / IB / UNESP - Rio Claro



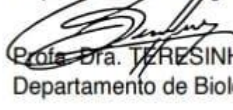
Pesquisadora Dra. JULIANA SANCHES DE LAURENTIZ (Participação Virtual)
IAC / Campinas/SP



Profa. Dra. LÚCIA AMAZONAS CALANDRINI BRAGA (Participação Virtual)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará-Campus Castanhal / Castanhal/PA



Profa. Dra. KELLY MAGALHÃES MARQUES (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / Centro Universitário Moura Lacerda - Ribeirão Preto/SP



Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELEO RODRIGUES (Participação Virtual)
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 08 de novembro de 2021

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Ellen Cristina Nabiça Rodrigues – nascida em Belém, Pará, no dia 12 de janeiro de 1984. Filha de Emidio dos Santos Rodrigues (*in memoriam*) e Maria do Rosário Nabiça Rodrigues. Em 2004, ingressou no curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pará, campus Belém. No 2º período do curso, foi estagiária do laboratório de processos lácteos e fermentativos. Participou como bolsista do Programa Integrado de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - PROINT, vinculada ao laboratório de microbiologia de alimentos, de setembro de 2006 a agosto de 2007. Participou de monitoria no laboratório de microbiologia de Alimentos de 2006 a 2008 para os cursos de Engenharia de Alimentos, Química Industrial e Nutrição, nas disciplinas de microbiologia de alimentos I e II. Com defesa da monografia em dezembro de 2008, recebeu o título de Engenheira de Alimentos em março de 2009. Possui experiência em indústria de bebidas e polpa de frutas, na área de controle de qualidade. Em janeiro de 2010, ingressou por meio de concurso público ao cargo de Técnica em Alimentos e Laticínios no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Câmpus Castanhal no quadro de servidores efetivos, lotada no Núcleo de Alimentação e Nutrição, onde atuou como chefe de 2010 a 2015. A pesquisa sempre foi parte da carreira profissional, sendo participante em diversos projetos de pesquisa e extensão, que geraram publicações em anais de eventos, revistas científicas e capítulos de livros. Em 2012, ingressou na Especialização em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará, onde finalizou o curso em 2013. Em 2014, foi aprovada no programa de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Solidários pelo Instituto Federal do Pará, finalizando o curso em 2015. Participante do Grupo de Pesquisa NEECTA - Núcleo de Estudos em Educação Ciência e Tecnologia de Alimentos. Em fevereiro de 2018, ingressou, por meio de parceria interinstitucional (DINTER) entre IFPA e UNESP, no curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, desenvolvendo pesquisa na linha de “Conservação pós-colheita e qualidade de produtos vegetais”, sob orientação do Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz.

Tudo posso naquele que me fortalece
Filipenses 4:13

À minha família,
pais e irmã

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, por ser tão bom e misericordioso e não ter desistido de mim nunca na caminhada. Aos seus anjos e seus santos, tão dispostos a interceder por mim e me cuidar, em especial a Nossa Senhora de Nazaré e Santa Tereza de Jesus. Obrigada pela força e coragem.

Aos meus pais Emidio (*in memorian*) e Rosário, obrigada pelos ensinamentos, pelo amor, pelo cuidado, pela compreensão e todo apoio que foi possível para que elevasse meu grau de instrução. À minha irmã Suellen, amiga e companheira incansável, por todo amor e incentivo.

A João de Deus, por ter tornado a caminhada mais leve e feliz.

Aos meus familiares e amigos que sempre me deram força e me incentivaram, aos de perto e aos de longe, meu muito obrigada, vocês são especiais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz pelo acolhimento, pelos ensinamentos, pela disponibilidade, paciência e amizade. Foi uma satisfação ímpar poder trabalhar ao seu lado.

Aos meus amigos do Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da Unesp/FCAV, José Pinzetta, Karolayne Tomáz e Fagner Freires, pela parceria, apoio e ensinamentos. A contribuição de vocês foi fundamental para a realização desta pesquisa.

À Colorcon do Brasil pelo fornecimento do Methocel E15[®] para a pesquisa e a Val Frutas pelas goiabas fornecidas para o experimento.

Aos amigos que a Pós-graduação me deu, em especial, Naum Collins, Deise, Hagabo, Solange, D. Lucília, Ligia, Livia, Bianca, Regiara, Sandro e Katia pela convivência, cuidado, amizade e pelos momentos de descontração em meio a dias tumultuados e cansativos.

Ao IFPA – câmpus Castanhal pela liberação para cursar o doutorado e afastamento para o estágio. A todos os meus companheiros de trabalho do Núcleo de Alimentação e Nutrição, em especial à Marcia Menezes pela motivação, apoio e amizade.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, nas pessoas dos professores Marcelo Ferreira, coordenador do DINTER e Rouverson Silva, então

coordenador do Programa de Produção Vegetal, e ao Instituto Federal do Pará – Câmpus Castanhal, nas pessoas dos professores Roberto Dias (*in memoriam*), à época Diretor Geral do Câmpus, e Ricardo Cordeiro, coordenador local do DINTER, por oportunizarem a oferta do DINTER IFPA/UNESP, pela infraestrutura disponibilizada para aulas e execução da pesquisa e pelos recursos financeiros fornecidos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral.....	2
1.2 Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A Cultura da goiabeira.....	3
2.2 Perdas pós-colheita ocasionadas por doenças.....	5
2.3 Recobrimentos vegetais como método alternativo para a conservação pós-colheita de frutas.....	7
2.4 Óleos essenciais.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Experimento I – <i>In vitro</i>	14
3.1.1. Obtenção do patógeno.....	14
3.1.2. Atividade antifúngica do óleos essenciais no controle <i>in vitro</i> de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	14
3.1.2.1.Crescimento micelial.....	15
3.1.2.2.Germinação conidial.....	15
3.2.Experimento II – <i>In vivo</i> contaminado.....	15
3.2.1. Material vegetal	15
3.2.2. Atividade antifúngica de óleos essenciais no controle de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> em goiabas ‘Pedro Sato’.....	16
3.2.2.1.Recobrimento comestível a base de HPMC e cera de abelha a 20% -	16
REC.....	
3.2.2.2. Inoculação e aplicação do REC associado a óleo essencial de canela (OEC) e óleo essencial de tomilho (OET) em goiabas ‘Pedro Sato’.....	17
3.2.2.3. Incidência da antracnose e área da lesão em goiabas ‘Pedro Sato’.....	18
3.3. Experimento III – <i>In vivo</i> qualidade.....	18
3.3.1. Avaliações da qualidade de REC associado a óleo essencial de canela (OEC) em goiabas ‘Pedro Sato’.....	18

3.3.1.1. Avaliações da qualidade.....	19
a) Taxa respiratória e produção de etileno.....	19
b) Acidez titulável e sólidos solúveis.....	20
c) Firmeza.....	20
d) Perda acumulada de massa fresca.....	20
e) Coloração da casca e da polpa.....	21
f) Pigmentos da casca.....	21
g) Ácido ascórbico.....	21
h) Atividade antioxidante	21
i) Conteúdo de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂).....	22
j) Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (EC 1.15.1.1).....	22
k) Atividade da enzima catalase (CAT) (EC 1.11.1.6).....	23
l) Atividade da enzima peroxidase (POD) (EC 1.11.1.7).....	23
m) Peroxidação lipídica.....	23
3.4. Análise estatística.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO – EXPERIMENTO I.....	24
4.1. Atividade antifúngica de óleos essenciais no controle <i>in vitro</i> de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO – EXPERIMENTO II.....	27
5.1 Uso de óleos essenciais no controle da antracnose em goiabas vermelhas cv. Pedro Sato	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO – EXPERIMENTO III.....	30
6.1. Avaliações da qualidade de recobrimento à base de HPMC e cera de abelha a 20% (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) em goiabas ‘Pedro Sato’.....	30
a) Taxa respiratória e produção de etileno	30
b) Acidez titulável e sólidos solúveis.....	33
c) Firmeza e perda acumulada de massa fresca.....	35
d) Coloração da casca e da polpa.....	38
e) Clorofilas totais e carotenoides	44
f) Ácido ascórbico e atividade antioxidante.....	47
g) Conteúdo de H ₂ O ₂ e enzimas antioxidantes.....	50
7. CONCLUSÃO.....	56

8. CONSIDERAÇÕES DA AUTORA.....	56
9. REFERÊNCIAS	57

RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS ASSOCIADOS A ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DA ANTRACNOSE E QUALIDADE DE GOIABA 'PEDRO SATO'

Resumo - O objetivo deste estudo foi verificar o potencial dos recobrimentos comestíveis (REC) à base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha a 20% associados a óleos essenciais (OEs) na conservação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato' e no controle do agente causal da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). No experimento I, avaliou-se o potencial antifúngico *in vitro* no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* de OEs de canela (*Cinnamomum cassia*) nas concentrações 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 mL L⁻¹, tomilho (*Thymus vulgaris*) nas concentrações 0,05; 0,1; 0,2; e 0,3 mL L⁻¹, alecrim (*Salvia rosmarinus*) nas concentrações 0,05; 0,1; 0,2 e 0,3 mL L⁻¹ e basilicão (*Ocimum basilicum*) nas concentrações 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 mL L⁻¹. No experimento II avaliou-se o efeito de REC associados aos OEs com melhor desempenho no teste *in vitro* em goiabas inoculadas propositalmente com *Colletotrichum gloeosporioides* e armazenadas por dez dias a 21 ± 1 °C, os OEs selecionados foram de canela (0,10; 0,25 e 0,50 mL L⁻¹) e tomilho (0,10; 0,20 e 0,30 mL L⁻¹). Para o experimento III, selecionou-se o OE de canela e elevou-se suas concentrações para 1,0 e 1,5 mL L⁻¹, foi avaliado o efeito do REC associados ao OE de canela quanto aos parâmetros de qualidade e conservação pós-colheita; atividade antioxidante e estresse oxidativo de goiabas 'Pedro Sato'. Verificou-se no experimento I, que os melhores resultados de atividade antifúngica para os OEs no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* foram os OE de canela e OE de tomilho, ambos inibindo 100% do crescimento micelial e da germinação conidial do micro-organismo, o OE de basilicão inibiu o crescimento do patógeno de maneira dependente da dose e o OE de alecrim não foi eficaz nas concentrações testadas. No experimento II as concentrações dos OEs de canela e tomilho associadas ao REC, reduziram significativamente a incidência da antracnose nos frutos tratados, no entanto não apresentando diferença significativa ($P > 0,05$) entre as si, mas apresentando diferença ($P < 0,01$) entre os OEs e os tratamentos controles, diminuindo a severidade da antracnose nos frutos, com menor desenvolvimento da doença. Para o experimento III, o REC + OE de canela nas concentrações 1,0 e 1,5 mL L⁻¹, foram eficientes no atraso do amadurecimento, na manutenção da cor da casca e polpa, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, ácido ascórbico e atividade antioxidante, além de reduzir o estresse oxidativo e a perda de massa nos frutos. O tratamento com REC + OE 1,0 mL L⁻¹ de canela é o mais indicado para possíveis aplicações industriais, exibindo, ao sexto dia de avaliação, características físico-químicas comparáveis aos frutos-controle no primeiro dia de armazenamento, contribuindo com ganho de 4 dias na vida útil de goiabas 'Pedro Sato'.

Palavras-chave: *Psidium guajava*, HPMC, recobrimento comestível, doenças pós-colheita, conservação.

EDIBLE COATINGS COMBINED WITH ESSENTIAL OILS IN THE CONTROL OF ANTHRACNOSE AND QUALITY OF GUAVA ' PEDRO SATO'

Abstract - This study aimed to assess the potential of edible coatings (COA) based on hydroxypropylmethylcellulose and 20% beeswax combined with essential oils (EOs) in the quality, postharvest conservation, and control of the causative agent of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in 'Pedro Sato' guava. In the first experiment, the antifungal potential of EOs was evaluated *in vitro* for *Colletotrichum gloeosporioides*. We tested the following EOs: cinnamon (*Cinnamomum cassia*) at concentrations 0.25, 0.5, 0.75, and 1.0 mL L⁻¹; Thyme (*Thymus vulgaris*) at concentrations 0.05, 0.1, 0.2, and 0.3 mL L⁻¹; Rosemary (*Sage rosmarinus*) at concentrations 0.05, 0.1, 0.2, and 0.3 mL L⁻¹; Sweet Basil (*Ocimum basilicum*) at concentrations 0.5, 1.0, 2.0, and 3.0 mL L⁻¹. In the second experiment, we evaluated the effect of COA combined with the EOs that better performed in the *in vitro* test. The selected EOs were cinnamon (0.10, 0.25, and 0.50 mL L⁻¹) and thyme (0.10, 0.20, and 0.30 mL L⁻¹). The fruit were inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides* and stored for ten days at 21 ± 1 °C. In the third experiment, the EO of cinnamon was selected, and its concentrations were raised to 1.0 and 1.5 mL L⁻¹. We evaluated the effect of the COA combined with the EO of cinnamon for quality parameters, postharvest conservation, antioxidant activity, and oxidative stress of 'Pedro Sato' guava. The findings of the first experiment showed that the EOs of cinnamon and thyme inhibited 100% of mycelial growth and conidial germination of *C. gloeosporioides*. The EO of sweet basil inhibited the growth of the pathogen in a dose-dependent manner, and the EO of rosemary was not effective at the concentrations tested. In the second experiment, the tested concentrations of cinnamon and thyme combined with COA significantly reduced the incidence of anthracnose in the treated fruit. No significant difference was observed between the concentrations ($P > 0,05$). However, the EOs presented a difference ($P < 0,01$) compared to control. The EOs decreased the severity of anthracnose in fruit and less disease incidence. In the third experiment, the COA + EO of cinnamon at 1.0 and 1.5 mL L⁻¹ delayed ripening, maintained peel and pulp color, firmness, soluble solids, titratable acidity, ascorbic acid, and antioxidant activity. Also, the oxidative stress and weight loss of fruit were reduced. The COA + cinnamon EO at 1.0 mL L⁻¹ is the most suitable for potential industrial application. On the sixth day of evaluation, it exhibited physico-chemical characteristics comparable to the control fruit on the first day of storage, contributing to a 4-days gain in the shelf life of guava 'Pedro Sato'.

Keywords: *Psidium guajava*, HPMC, edible coating, postharvest diseases-, conservation.

1. INTRODUÇÃO

A goiaba vermelha (*Psidium guajava* L.) é uma fruta agradável ao paladar e muito apreciada pelo consumidor brasileiro, apresentando características nutricionais importantes como licopeno, cálcio, vitamina C e fibras dietéticas, além de ser rica em fósforo, vitaminas A, B1, B2, polifenóis e carotenoides (FONSECA et al., 2016; FRANCISCO et al., 2020).

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de goiaba, atrás apenas da China. Sua produção anual em 2020 foi de 424 mil toneladas do fruto, sendo os maiores polos regionais o Nordeste e Sudeste (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), 2020) e o Estado de São Paulo, o segundo maior produtor com 142.838 toneladas do fruto no ano de 2020 (IEA, 2021).

A expansão do mercado do fruto *in natura* está atrelada à manutenção da qualidade e a sua vida útil que, em condições ambientes, é de três a seis dias. Nesse período de armazenamento pós-colheita, desencadeiam-se processos metabólicos próprios do seu amadurecimento como a perda de coloração (o brilho verde característico), o amolecimento, o murchamento, o aparecimento de lesões mecânicas por ocasião da colheita e a incidência de doenças (CERQUEIRA et al., 2009).

A antracnose é a principal doença da goiaba na pós-colheita, responsável por perdas em torno de 40 a 60% (Gomes et al., 2016). Ela tem como agentes causais os fungos *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. e o *Colletotrichum acutatum* (Soares et al., 2008) e é considerada uma podridão caracterizada por manchas cor de chocolate em formato circular que escurecem e aumentam de tamanho, necrosando o tecido dos frutos (Botelho et al., 2016). Isso é considerado um defeito grave, desclassificando o lote para comercialização quando a podridão se dá acima de 10% (BOTELHO et al., 2016).

O uso de fungicidas ainda é comum para o controle da antracnose, no entanto, para uso em pós-colheita de goiaba, não há produtos registrados. Existe uma tendência de aumento das pesquisas envolvendo o uso de alternativas

como agentes para o controle de doenças pós-colheita e elevação da vida de prateleira dos frutos.

Revestimentos comestíveis constituem uma tecnologia alternativa e promissora para preservar a qualidade dos frutos, pois agem como barreiras à perda de água e às trocas gasosas (Palharini et al., 2016), minimizando a velocidade de maturação e prolongando sua vida útil. Formados diretamente sobre a superfície do fruto, passam a fazer parte do alimento a ser consumido, assim, os materiais utilizados em sua concepção devem ser considerados como GRAS (Generally Recognized as Safe), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2019).

A hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) é um polissacarídeo derivado da celulose que vem sendo usado em revestimentos comestíveis por possuir caráter hidrofílico e eficiente propriedade de barreira aos gases como O₂ e CO₂. A incorporação de agentes hidrofóbicos nas matrizes de HPMC, como a cera de abelha e óleos essenciais, tornam esse revestimento uma eficiente barreira à perda de água (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2011; SOUSA et al., 2021).

Os óleos essenciais (OEs) possuem agentes antimicrobianos naturais (Shao et al., 2011; Aguiar et al., 2013; Stefanakis et al., 2013) que, combinados aos recobrimentos comestíveis, preservam os alimentos na pós-colheita e despertam o interesse dos consumidores cada vez mais exigentes com a qualidade e segurança dos alimentos livres de químicos sintetizados (MOGHIMI et al., 2017; LI et al., 2019).

A combinação de tecnologias - como a de recobrimentos comestíveis e OEs - tem mostrado resultados positivos no controle de doenças na pós-colheita de vegetais e na manutenção da qualidade dos frutos como demonstrado em ameixas (Navarro-Tarazaga et al., 2011), tomates (Fagundes et al., 2014), goiabas (Formiga et al., 2019), mangas (Sousa et al., 2021), mangas (Abd-Alla; Haggag, 2013; Guimarães, 2016), abacates (Marques, 2015), goiabas e mamões (Lima Oliveira et al., 2018) e em uvas (PEDROTTI et al., 2019).

1.1 Objetivo Geral

Estudar o efeito de recobrimento comestível à base de HPMC e cera de abelha associado a OEs no controle da antracnose e na conservação e

qualidade pós-colheita de goiabas vermelhas 'Pedro Sato' armazenadas à temperatura ambiente.

1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a atividade antifúngica *in vitro* dos OEs de alecrim (0,05; 0,10; 0,20 e 0,30 mL L⁻¹), basilicão (0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 mL L⁻¹), canela (0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 mL L⁻¹) e tomilho (0,05; 0,1; 0,2 e 0,3 mL L⁻¹) no controle do *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal da antracnose;

Avaliar a associação de OEs com melhores resultados no experimento *in vitro* à recobrimentos comestíveis a base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha no controle da antracnose em frutos de goiaba vermelha 'Pedro Sato';

Avaliar a associação de OEs com melhores resultados no experimento *in vivo* contaminado, à recobrimentos comestíveis a base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha na conservação pós-colheita de frutos de goiaba vermelha 'Pedro Sato'.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura da goiabeira

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma espécie frutífera, sendo a mais importante da família das *Myrtaceae*, de porte perene e formato arbustivo ou semiarbóreo (Onias et al., 2018). Seu centro de dispersão ocorreu nas regiões tropicais e subtropicais (Kaneria; Chanda, 2011; Alencar et al., 2016), sendo cultivada em todo território brasileiro com destaque para o Nordeste e Sudeste (CERQUEIRA, 2007).

As goiabas são frutos do tipo baga com característica carnosa e muitas sementes. Apresentam formas e tamanhos variáveis, sabor adocicado, casca rugosa de coloração verde ou amarela e polpa firme e aromática com diversas tonalidades (branca, rósea, avermelhada ou arroxeada) dependendo da cultivar (SAMPAIO, 2011; FORATO et al., 2015).

É considerada uma fruta climatérica (Azzolini et al., 2005; Bassetto et al., 2005; Vila et al., 2007; Botelho et al., 2016) com vida útil pós-colheita curta (3 a

4 dias) (Brackmann et al., 2012), sendo altamente perecível e com intensa atividade metabólica durante o amadurecimento, principalmente quando mantida em temperatura ambiente, apresentando elevados índices de podridões fúngicas (Lima Oliveira et al., 2018), tornando inviável sua comercialização a longas distâncias.

No processo de amadurecimento das goiabas, algumas alterações importantes podem ser observadas como mudanças na cor da casca (degradação das clorofilas nos cloroplastos e síntese dos carotenoides), elevação da taxa respiratória, produção de etileno e redução da firmeza do fruto (Reis et al., 2007). Após a maturação, inicia-se a senescência, onde as reações catabólicas (degradação) se sobrepõem às anabólicas (síntese), causando envelhecimento e morte dos tecidos do fruto. Este é um processo irreversível, podendo apenas ser retardado com o uso de tecnologias e/ou métodos adequados (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Um desafio a ser superado por produtores e comerciantes de goiabas é o de manter a qualidade dos seus produtos considerando sua elevada perecibilidade, a fim de diminuir as perdas na pós-colheita e aumentar o período de comercialização.

A goiaba possui importância econômica a nível mundial (Gill et al., 2015). Na fruticultura brasileira, se destaca não apenas por suas propriedades sensoriais e seus valores nutricionais - como altos índices de vitamina C, vitamina A e vitaminas do grupo B, zinco, fibras, vitamina E e licopeno (Cerqueira et al., 2011; Oshiro et al., 2012) - mas também pela excelente aceitação na forma *in natura* e sua grande aplicação industrial na produção de polpas, goiabadas, geleias e sucos (NEVES, 2009).

No Brasil, as cultivares mais plantadas de goiaba são as das cultivares Paluma, Sassaoka, Rica, Século XXI, Pedro Sato, Ogawa, Kumagai e Cortibel (Fischer et al., 2016). Somos os maiores produtores mundiais de goiabas vermelhas (Braga et al., 2018), que é a preferida pelos brasileiros, atingindo 91,87% do total comercializado na CEAGESP (AGRIANUAL, 2019).

Os maiores polos regionais de produção de goiabas são o Nordeste e o Sudeste, entretanto a maior produção individual por Estado ocorre em São Paulo com 142.838 toneladas do fruto no ano de 2020 (IEA, 2021).

A produção paulista de goiaba é prioritariamente destinada à indústria, com 86% do total produzido no Estado. Os municípios de Arealva, Taquaritinga e Itápolis são responsáveis por 52,7% da goiaba destinada à indústria, enquanto os municípios de Valinhos, Vista Alegre do Alto e Taiaçu por 46,4% da goiaba de mesa produzida no Estado de São Paulo (IEA, 2019).

No entanto, a alta perecibilidade do fruto e a sensibilidade às condições de manuseio na colheita, transporte e distribuição para comercialização têm se tornado um entrave na manutenção da sua qualidade *in natura*, elevando as perdas na pós-colheita e impedindo sua comercialização em mercados externos locais e na própria América do Sul (NEVES, 2009).

Logo, o desenvolvimento de pesquisas voltadas na busca de novas tecnologias para a redução das perdas pós-colheitas é de extrema relevância e importância econômica para o país (ASSIS et al., 2009).

2.2 Perdas pós-colheita ocasionadas por doenças

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations, mundialmente em torno de um terço dos alimentos produzidos por ano para o consumo humano é perdido ou desperdiçado, equivalendo a cerca de 1,3 bilhão de toneladas. As frutas alcançam índices entre 40% e 50% dessas perdas, as quais ocorrem nas fases de produção, pós-colheita, armazenamento e transporte, e também em todas as fases da comercialização, finalizando no consumidor (FAO, 2021).

A antracnose é a principal doença de goiaba na pós-colheita e é responsável por cerca de 40–60% das perdas (Gomes et al., 2016). Os agentes causadores são os fungos *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. e o *Colletotrichum acutatum* (Piccinin et al., 2005; Soares et al., 2008). A contaminação ocorre ainda no pomar pois o fungo permanece latente (quiescente) na sua superfície o fruto, na forma de apressório, até o início do amadurecimento quando o “peg” de penetração do fungo se forma e adentra nas células superficiais da epiderme, fase em que aparecem os sintomas (FISCHER et al., 2016).

A antracnose é uma podridão caracterizada por manchas cor de chocolate, de formato circular, sendo possível observar sob as lesões uma massa de esporos de cor alaranjada correspondendo à matriz mucilaginosa do

fungo. As lesões evoluem, ultrapassam a casca e alcançam a polpa do fruto, causando seu escurecimento. É considerada como defeito grave e, segundo as regras de classificação comerciais, quando o lote apresentar mais de 10% de frutos doentes, deve ser descartado, não podendo ser reclassificado (SOARES et al., 2008; BOTELHO et al., 2016).

A maior incidência da doença se dá em temperaturas altas e elevada umidade relativa do ar (UR). A infecção pelo patógeno ocorre entre 22-25 °C, e temperaturas mais próximas a 30 °C favorecem seu crescimento, esporulação e germinação. O fungo reduz seu crescimento proporcionalmente quanto menor a temperatura até que cessa em 4,5 °C; a UR inferior a 50% retarda ou paralisa seu crescimento (SUSSEL, 2010).

Na pré e na pós-colheita são utilizados fitossanitários para o controle de doenças em frutas. Quando há produtos habilitados, os produtores veem essa alternativa como a melhor maneira de conter a proliferação da doença. No entanto, para a goiaba, não há produtos cadastrados para uso em pós-colheita no controle da antracnose, sendo utilizados produtos cadastrados para outras culturas e em dosagens que podem tornar os frutos impróprios para o consumo devido ao efeito residual do fungicida (Cia et al., 2007; Rozwalka et al., 2008). No Brasil, o controle sobre o uso e o efeito residual de produtos químicos na pós-colheita não é efetivo, diferente de alguns países onde a utilização destes é restrita.

Hu et al. (2014) relata que o desenvolvimento da antracnose em frutas tem sido tradicionalmente controlado pela aplicação de variados fungicidas sintéticos como tiofanato-metila e outros componentes do grupo benzimidazóis e ditiocarbamatos e inibidores da síntese de ergosterol. No entanto, embora os fungicidas sintéticos suprimam o desenvolvimento da antracnose na fruta, seu uso frequente causa resistência no patógeno, com necessidade do aumento progressivo das doses para sua eficácia antifúngica (Zheng et al., 2013), o que tem despertado a atenção dos consumidores, cada vez mais preocupados com a saúde e a contaminação ambiental (SANTOS et al., 2012).

Métodos alternativos de controle aliados à incorporação de compostos naturais vegetais, com propriedades antifúngicas e antimicrobianas (Nozaki et al., 2014; Guerra et al., 2015), vem sendo testados por pesquisadores para proteger frutas da ação de fungos patogênicos pós-colheita, com o objetivo de

minimizar ou substituir o uso de produtos químicos, obtendo assim alimentos mais saudáveis e seguros.

2.3 Recobrimentos vegetais como método alternativo para a conservação pós-colheita de frutas

Investir em tecnologias para a manutenção da qualidade dos produtos desponta como uma alternativa para contribuir na conservação na pós-colheita de frutos e na expansão da sua vida útil (Forato et al., 2015), dentre elas o uso de revestimentos comestíveis.

A aplicação de revestimentos não objetiva substituir nenhum outro método convencional já usual, mas sim ser funcional e complementar, contribuindo para a manutenção da textura e do valor nutricional, retardando a maturação dos vegetais (TURHAN, 2010).

Relatos iniciais do emprego de revestimentos se originam na China Antiga, do século XIII, quando se aplicavam ceras com o objetivo de conservar frutas cítricas em viagens marítimas (Fráguas, 2016). No entanto, foi só em 1950 que surgiu o conceito de revestimentos como envoltórios de proteção em alimentos, também utilizando ceras ou emulsões de cera e água para conservação de frutos e hortaliças *in natura*, observando-se que, com esta aplicação, se propiciava a formação de uma barreira semipermeável aos gases e ao vapor d'água (FONSECA et al., 2016).

Na atualidade, a funcionalidade da aplicação dos revestimentos permanece objetivando a manutenção da qualidade e extensão da vida útil dos frutos. A barreira semipermeável aos gases formada funciona como uma atmosfera modificada no interior dos frutos, alterando seu metabolismo respiratório e promovendo uma menor pressão parcial do O₂, com consequente redução da taxa respiratória e produção de etileno (Carvalho et al., 2016). Desta forma, há uma desaceleração dos processos fisiológicos associados ao metabolismo de produção de etileno, que deixa de ativar enzimas hidrolíticas que desencadeiam as mudanças nos frutos caracterizadas pelo processo de amadurecimento, deixando-os no estágio de pré-climatério por mais tempo, logo, retardando seu amadurecimento (BRAGA et al., 2017).

As matérias-primas utilizadas para a composição dos revestimentos em frutas são biopolímeros de origem natural (animal, vegetal ou ambas), sendo

geralmente utilizados os polissacarídeos, ceras e proteínas (Villadiego et al., 2005). Para a definição do material a ser utilizado, leva-se em consideração as características do produto a ser revestido e o objetivo que se deseja alcançar (Assis; Britto, 2014), sendo uma tecnologia alternativa de baixo custo (NUNES et al., 2017).

A combinação desses materiais tem sido usada para obter um balanço desejável entre as propriedades dos seus componentes (Braga et al., 2017), então a composição do revestimento contará com uma parte hidrofílica - os polissacarídeos, que atuam como agente formador de película, com boas características de barreira a gases, mas que possuem alta permeabilidade ao vapor de água - e uma hidrofóbica, normalmente lipídeos, que conferem a propriedade de barreira à água, evitando a elevada perda de massa fresca do fruto (PEREZ-GAGO et al., 2002; ASSIS; BRITTO, 2014; ZARITZKY, 2011; RODRIGUES et al., 2014).

Um bom revestimento precisa ser incolor, ter boa aderência a superfície do fruto e não causar alteração de sabor (Assis; Britto, 2014). É importante também o aumento do brilho superficial, tornando o vegetal revestido mais atraente ao consumidor (OSHIRO et al., 2012).

A aplicação dos recobrimentos nos frutos forma uma cobertura que preenche parcialmente os estômatos e lenticelas. Desta forma, há uma redução no seu metabolismo respiratório, diminuindo a transpiração e as trocas gasosas devido à modificação na atmosfera interna dos frutos. Isso retarda o processo de maturação e estende sua vida útil (Assis et al., 2008; Navarro-Tarazaga et al., 2011), sem causar alterações ao seu metabolismo, quando aplicado corretamente (Cerqueira et al., 2011). Essa película de material polimérico formada após a imersão dos frutos na solução filmogênica tem sua espessura associada à concentração e à massa molecular do polímero incorporado (ASSIS et al., 2009).

O hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) é um hidrocoloide de éter de celulose solúvel em água, comestível, obtido pela reação da celulose alcalina com óxido de propileno e cloreto de metila e vem sendo amplamente utilizado pela indústria farmacêutica na composição de cápsulas para medicamentos (OSORIO et al., 2011).

Possui boas propriedades de formação de película, o que despertou o interesse em pesquisas com alimentos. O HPMC pode ser empregado como recobrimento comestível em frutas, no entanto, por ter características hidrofílicas, apresenta baixa permeabilidade aos gases, limitando seu uso isolado. Assim, necessita de uma combinação hidrofóbica como a cera de abelha ou outros lipídeos na solução filmogênica. Como resultado, tem-se a formação de uma matriz polimérica semipermeável aos gases e com boas características de barreira à água, constituindo-se num recobrimento com elevado potencial para aplicação em frutas frescas (Perez-Gago et al., 2002; Sothornvit, 2009; Fagundes et al., 2013). Sendo indicado, principalmente, para produtos com alta taxa de respiração (Assis et al., 2008) como a goiaba.

Alguns aditivos, todavia, devem ser incorporados à solução filmogênica que gerará o recobrimento. É necessária atenção ao caráter anfifílico dos polissacarídeos, onde muitos possuem regiões hidrofílicas e hidrofóbicas na mesma molécula, necessitando que se adicionem emulsificadores como ácido esteárico para estabilizar a emulsão (PÉREZ-GAGO; KROCHTA, 2005).

Outro aditivo importante é o agente plastificante, como o glicerol, que reduz as ligações por pontes de hidrogênio, ampliando os espaços intermoleculares e aumentando assim a flexibilidade e a permeabilidade do recobrimento (Cerqueira et al., 2011; Luvielmo; Lamas, 2012). Tais características são importantes visto que, durante o armazenamento dos vegetais, ocorrem processos fisiológicos naturais que geram alterações de volume e textura, podendo haver trincas no recobrimento ou mesmo seu destacamento da superfície do fruto caso não haja essa incorporação (ASSIS; BRITTO, 2014).

Como os recobrimentos a base de HPMC são especificamente formulados para reduzir o fluxo de O_2 e CO_2 , vem sendo estudado seu uso em diversas frutas, pois, devido à modificação na atmosfera interna dos produtos, há uma inibição da expressão de genes relacionados à senescência (Tran et al., 2015), por conseguinte, a extensão da vida comercial e de consumo dos frutos.

O uso de recobrimentos comestíveis e sua combinação com agentes de propriedades antifúngicas tem surgido como alternativa tecnológica para proteger frutos da ação de fungos patogênicos pós-colheita (Guerra et al., 2015),

dentre os quais se destacam os óleos essenciais com seus agentes antimicrobianos naturais (STEFANAKIS et al., 2013; PERONE et al., 2014).

A combinação de tecnologias, como o uso de coberturas em frutos e a aplicação de OE, tem mostrado resultados positivos na redução de perdas pós-colheita por doenças fúngicas assim como na manutenção da qualidade dos frutos como demonstrado em ameixas (Choi et al., 2016), tomates (Fagundes et al., 2014), mangas (Guimarães, 2016; Abd-Alla; Haggag, 2013), abacates (Marques, 2015), goiabas e mamões (Lima Oliveira et al., 2018) e em uvas (PEDROTTI et al., 2019).

As goiabas da cultivar 'Pedro Sato', de polpa vermelha, possuem reduzida vida útil, em torno de 3 a 4 dias, em temperatura ambiente, o que torna essencial a utilização de técnicas pós-colheita para reduzir seu intenso metabolismo, visando minimizar as perdas, ampliar o período de conservação e comercialização para que a qualidade do fruto *in natura* se mantenha até o consumo (VILA et al., 2007; TRINDADE, et al., 2004; BRACMANN et al., 2012).

Desta maneira, acredita-se que o recobrimento com a combinação de HPMC, cera de abelha e óleos essenciais apresente efeitos semelhantes na conservação pós-colheita e na qualidade de goiabas 'Pedro Sato'. Sendo assim, são necessárias pesquisas que atestem a potencialidade deste recobrimento nesta fruta a fim de determinar uma nova cobertura que oportunize a elevação da vida útil do fruto, mantendo sua qualidade. Ressaltamos que esses estudos podem contribuir para superar um dos principais limitantes para a maior competitividade do Brasil no que tange à comercialização da goiaba a longas distâncias e na redução das perdas por doenças fúngicas.

2.4 Óleos essenciais

A qualidade sanitária dos alimentos vem sendo pauta cada vez mais destacada entre os consumidores em geral que buscam alimentos livres de produtos químicos sintéticos e que prejudicam sua saúde e contaminam o meio ambiente. No entanto, a tão almejada manutenção da qualidade, a segurança e a vida útil dos alimentos consumidos *in natura* estão associadas à contaminação por micro-organismos patogênicos e deteriorantes presentes na sua superfície (CAGRI et al., 2004).

Estudos com óleos essenciais (OEs) vem ganhando importância no meio científico, pois sua atividade antimicrobiana tem se mostrado uma alternativa eficiente em substituição aos fungicidas sintéticos no controle de doenças na pós-colheita de frutos, resultando em aplicações de produtos naturais, seguros e ecologicamente corretos (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2011; KOUASSI et al., 2012; SELLAMUTHU et al., 2013).

O efeito antimicrobiano dos OEs, por conter moléculas bioativas, atua diretamente contra os fitopatógenos na inibição do crescimento micelial, na produção e na germinação de esporos, como indutores de resistência capazes de induzir ou ativar mecanismos de defesa de plantas (STADNIK; TALAMINI, 2004).

Os OEs são compostos naturais, voláteis, aromáticos e complexos, podendo ser extraídos de componentes das plantas como raízes, flores, caules, folhas, sementes, frutos ou da planta inteira (ARANA-SÁNCHEZ et al., 2010).

São conhecidos em torno de 3000 OEs, no entanto, aproximadamente 300 são usados comercialmente no mercado de aromas e fragrâncias (Van de Braak e Leijten, 1999; Burt, 2004). Nos EUA a maior parte é geralmente reconhecida GRAS (Generally Recognized As Safe) e é aprovada como aromatizante na União Europeia, o que torna os OEs atrativos ao consumidor (PEREIRA et al., 2006).

De acordo com a ISO (International Standard Organization) 9235:1997, óleos essenciais são produtos obtidos de partes de plantas através do processo de destilação por arraste com vapor d'água. Também se enquadram nesta definição os produtos obtidos pelo processamento mecânico do pericarpo de frutos cítricos. Geralmente são incolores ou levemente amarelados, com sabor ácido e picante, são instáveis em presença de luz, calor e oxigênio, além de terem baixa solubilidade em água.

Em sua constituição, estão presentes hidrocarbonetos terapêuticos, álcoois simples, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, entre outros e em diversas concentrações, podendo compreender mais de 60 componentes individuais (Russo et al., 1998; Simões; Spitzer, 1999; Santurio, 2011). Os principais constituintes podem chegar a 85% da composição do OE, enquanto outros podem conter apenas traços não menos importantes no desempenho antimicrobiano. Se diferenciam dos óleos fixos - mistura de substâncias lipídicas

geralmente extraídas de sementes - pela volatilidade (SIMÕES; SPITZER, 1999).

No Brasil, OEs e extratos estão inseridos na classe de aditivos como aromatizantes naturais. Na natureza, os OEs exercem uma função importante na proteção das plantas como agentes antibacterianos, antivirais, antifúngicos, inseticidas e também repelente contra herbívoros (Simões et al., 2007; Marjanlu et al., 2009). Na pós-colheita, há pesquisas que relatam que os óleos essenciais apresentam algumas propriedades fungicidas contra certas doenças em frutas e vegetais tropicais, sendo também mais seguros para o meio ambiente do que os fungicidas sintéticos (MAQBOOL et al., 2010).

Estudos vem sendo conduzidos para a aplicação de OEs na pós-colheita de frutas com objetivo de redução de perdas, no entanto poucos são feitos em goiabas. Muitos óleos essenciais apresentam boa resposta à atividade antifúngica *in vitro* (Sharma; Tripathi, 2006), mas nem sempre são eficazes quando aplicados no *in vivo*, o que vem despertando interesse no meio científico, pois as matérias-primas para sua confecção são encontradas na natureza e, se forem eficientes no controle *in vivo*, tornam sua aplicação nos produtos menos onerosa.

A combinação de tecnologias é uma alternativa a ser estudada para o controle de doenças na pós-colheita e na manutenção da qualidade de vegetais, como o uso de OEs incorporados em coberturas comestíveis. Cada um com sua característica: os OEs com propriedades antimicrobianas; e o recobrimento comestível através da barreira semipermeável aos gases, reduzindo o metabolismo respiratório, a perda de água por transpiração e, por conseguinte, a perda de massa pelos frutos (ALI et al., 2011).

O óleo essencial de canela na concentração de 0,4% suprimiu o crescimento micelial e inibiu 83,2% da germinação de esporos de *C. gloeosporioides* em bananas, retardando a incidência da doença e mantendo a qualidade da fruta durante o armazenamento (MAQBOOL et al., 2010).

A ação antifúngica dos óleos de erva-cidreira e canela e suas combinações com outros compostos foi estudada no controle pós-colheita da antracnose de bananas e mamões. A combinação 10% de goma arábica com 0,4% de óleo de canela ocasionou o controle da doença e também retardou a maturação dos frutos, com diminuição da massa fresca e manutenção nos teores de sólidos

solúveis e acidez titulável, comprovando assim a possibilidade de ser usada como biofungicida no controle da antracnose pós-colheita destas frutas (MAQBOOL et al., 2011).

Os óleos essenciais de orégano (*Origanum vulgare* L.) e de quitosana foram utilizados (Barreto et al., 2016) para controle de *Rizophus stolonifer* (mofo preto) e *Aspergillus niger* (podridões moles), em tomate cereja a temperatura ambiente (25 °C por 12 dias) e sob refrigeração (12 °C por 24 dias). O uso dos revestimentos com OE retardou o início das doenças e manteve a qualidade do fruto, propiciando maior firmeza, menor perda de massa, além de atrasar a síntese de licopeno, ácido cítrico, ácido ascórbico e glicose.

Pesquisas com OE de basilicão (*Ocimum basilicum*), óleo de laranja (*Citrus sinensis*), óleo de limão (*Citrus medica*) e óleo de mostarda (*Brassica juncea*) foram realizadas por (Abd-Alla; Haggag, 2013) para reduzir as perdas pós-colheita induzidas por *C. gloeosporioides* em manga. Os OEs apresentaram bons resultados, no entanto, o OE de laranja em todas as concentrações testadas apresentou uma redução significativa do crescimento linear do fungo se comparado aos demais óleos.

Estudos com filmes de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) incorporados com óleos essenciais de orégano (OEo) e de bergamota nas concentrações de 0,5 a 2% foram realizados em ameixa fresca (CHOI et al., 2016). Os revestimentos com 2% HPMC + OEo mostraram-se muito eficazes na redução da taxa respiratória, produção de etileno, perda de peso total e contagem total de células, além da manutenção da firmeza e da cor da casca no final do armazenamento em relação ao tratamento-controle.

Outros autores relataram que a incorporação de OEs em recobrimentos comestíveis baseados em biopolímeros pode melhorar suas propriedades de barreira de vapor de água e fornecer incrementos positivos como atividade antimicrobiana (MARQUES, 2015; GUIMARÃES, 2016; Choi et al., 2016; DOS PASSOS BRAGA et al., 2019; VASCONCELOS ET AL., 2020).

Diante deste contexto, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas que busquem tratamentos alternativos eficientes na redução de perdas, causadas principalmente por patógenos responsáveis pelas doenças em frutos na pós-colheita, em substituição aos tratamentos convencionais atualmente utilizados envolvendo uso de agroquímicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento I – *In vitro*

3.1.1 Obtenção do patógeno

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* foi isolado de goiabas da cultivar Pedro Sato naturalmente infectadas e mantidas à temperatura de 27 ± 1 °C em câmara úmida por 48h para desenvolvimento de lesões características de antracnose nos frutos. A suspensão de conídios foi obtida pela raspagem superficial das colônias de *C. gloeosporioides* em presença de água destilada e esterilizada, e Tween® 80 a 0,01% e, após, foi feita a filtragem em gaze dupla, obtendo-se, por meio de contagem em hemocitômetro, uma suspensão conidial do patógeno na concentração de $2,0 \times 10^5$ conídios mL⁻¹.

3.1.2 Atividade antifúngica de óleos essenciais no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*

Foram utilizados quatro óleos essenciais (OEs) adquiridos da empresa Ferquima Indústria e Comércio LTDA. Os OEs foram dissolvidos em Tween® 80 a 0,01% antes da incorporação ao meio de cultura BDA (Xing et al., 2011). Em seguida, os meios de cultura, ainda fundentes, foram vertidos sob condições assépticas (câmara de fluxo laminar) em placas esterilizadas de 9 cm de diâmetro. Após a solidificação do meio de cultura, foram transferidas colônias de *C. gloeosporioides* de 5 mm de diâmetro, retiradas da borda das culturas com sete dias de desenvolvimento, para o centro de placas contendo meio BDA + OE. As placas foram armazenadas em BOD a 27 ± 1 °C e fotoperíodo de 12h.

Tabela 1. Óleos essenciais e suas concentrações (mL L⁻¹) utilizadas no experimento *in vitro*.

Nome comum	Espécie	Concentrações
Canela	<i>Cinnamomun cassia</i>	0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 mL L ⁻¹
Tomilho	<i>Thymus vulgaris</i>	0; 0,05; 0,1; 0,2; e 0,3 mL L ⁻¹
Basilicão	<i>Ocimum basilicum</i>	0; 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 mL L ⁻¹
Alecrim	<i>Salvia rosmarinus</i>	0; 0,05; 0,1; 0,2 e 0,3 mL L ⁻¹

3.1.2.1 Crescimento micelial

O crescimento micelial foi medido diariamente até que a colônia de um dos tratamentos atingisse a borda da placa. Para calcular a porcentagem de inibição do crescimento micelial, utilizou-se a equação:

$$I = [(CFC - CFT) / CFC] \times 100$$

Em que: I = porcentagem de inibição; CFC = crescimento do fungo no controle, aos sete dias; CFT = crescimento do fungo no tratamento, aos sete dias.

Os óleos essenciais foram testados individualmente e conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por 5 concentrações de cada óleo (Tabela 1) e 5 repetições por concentração.

3.1.2.2 Germinação conidial

Para verificar o efeito dos OEs na germinação de conídios do patógeno, foi realizada a deposição de 50 µL de suspensão conidial ($2,0 \times 10^5$ conídios mL⁻¹) sobre lâminas contendo ágar-água fundente a 1% para a testemunha e lâminas contendo ágar-água fundente a 1% incorporado das concentrações de OEs (Tabela 1).

As placas foram incubadas em BOD a 27 ± 1 °C por 10 horas com fotoperíodo integral. Avaliaram-se 100 conídios por lâmina, considerando-se germinado o conídio cujo tubo germinativo apresentou tamanho igual ou superior ao comprimento do esporo (MERCIER et al., 2001).

Os óleos essenciais foram testados individualmente e conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por 5 concentrações de cada óleo (Tabela 1) e 5 repetições por concentração.

3.2 Experimento II – *In vivo* contaminado

3.2.1 Material Vegetal

Foram utilizadas goiabas da cultivar Pedro Sato, provenientes de pomares comerciais da região de Vista Alegre do Alto-SP, Brasil (21° 9' 51" S e 48° 38' 19" W, 602 m de altitude), 50 km distante do local da pesquisa. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação comercial verde-brilhante, com valores de ângulo Hue entre 110° e 117°, peso entre 132 e 175 g e diâmetro entre 61 e 67 mm.

No laboratório, os frutos foram refrigerados a 21 °C por 6 horas para a retirada do calor de campo. A sanitização foi feita com imersão dos frutos em solução de Dicloro S. Triazinatriona Sódica Dihidratada (Sumaveg®) a 200 mg L⁻¹, por 15 minutos e deixados secar por aproximadamente 2h.

3.2.2 Atividade antifúngica de óleos essenciais no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em goiabas 'Pedro Sato'

Para a obtenção do patógeno e suspensão de conídios ver tópico 3.1.1.

Foram selecionados os óleos essenciais de canela (OEC) e de tomilho (OET), pois apresentaram os melhores resultados no controle *in vitro* do fungo *C. gloeosporioides* (Experimento I).

3.2.2.1 Recobrimento comestível a base de HPMC e cera de abelha a 20% - REC

Os recobrimentos foram preparados conforme metodologia descrita por Navarro-Tarazaga et al. (2011) com modificações de Formiga et al. (2019). Foram preparadas soluções de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) 5 g 100 g⁻¹ (m/m) (Methocel E15®, Dow Chemical, USA, viscosidade a 2% em água de 12-18 cP), dissolvendo-o sob agitação em um terço da água destilada total utilizada (90°C). Na sequência, foi adicionado o restante da água (fria), seguido de resfriamento sob agitação em banho de gelo até a temperatura de 20 °C.

A solução filmogênica base foi preparada adicionando ao HPMC 5 g 100 g⁻¹, cera de abelha (Synth, Brasil) a 20 g 100 g⁻¹ em relação ao HPMC, ácido esteárico (Synth, Brasil) na proporção de 5:1 (Cera: Ac. esteárico) como emulsificante, glicerina (Synth, Brasil) na proporção de 2:1 (HPMC: glicerol) como plastificante e água destilada. A mistura foi aquecida em forno de micro-ondas até alcançar a temperatura de 90 ± 2 °C e homogeneizada durante 1 minuto a 12.000 xg e 3 min a 24.000 xg em microhomogeneizador (Marconi, modelo MA 102). A solução base foi resfriada em banho de gelo até a temperatura de 20 °C sob agitação, deixada em repouso durante 45 minutos e armazenada sob refrigeração.

Os tratamentos consistiram na imersão das goiabas por 1 minuto na emulsão com REC associado aos OE de canela obtendo-se a composição final dos recobrimentos demonstrada nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Composição dos recobrimentos comestíveis (REC) à base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), cera de abelha (CA) e óleo essencial de canela (OEC) (g 100g⁻¹MS).

Tratamento	HPMC	CA	Glicerol	Ácido esteárico	OEC
REC + OEC 0,0 mL L ⁻¹	50,7	20,0	25,3	4,0	0,0
REC + OEC 0,10 mL L ⁻¹	50,5	20,0	25,3	4,0	0,2
REC + OEC 0,25 mL L ⁻¹	50,4	20,0	25,2	4,0	0,4
REC + OEC 0,50 mL L ⁻¹	50,1	20,0	25,1	4,0	0,8

Tabela 3. Composição dos recobrimentos comestíveis (REC) à base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), cera de abelha (CA) e óleo essencial de tomilho (OET) (g 100g⁻¹MS).

Tratamento	HPMC	CA	Glicerol	Ácido esteárico	OET
REC + OET 0,0 mL L ⁻¹	50,7	20,0	25,3	4,0	0,0
REC + OET 0,10 mL L ⁻¹	50,5	20,0	25,3	4,0	0,2
REC + OET 0,20 mL L ⁻¹	50,5	20,0	25,2	4,0	0,3
REC + OET 0,30 mL L ⁻¹	50,3	20,0	25,2	4,0	0,5

Os recobrimentos comestíveis utilizados tiveram concentração de sólidos finais de 6 g 100 g⁻¹. Após a imersão, as goiabas foram deixadas à temperatura ambiente (21 °C e 80% UR), até a secagem do recobrimento (cerca de 15 minutos).

3.2.2.2 Inoculação e aplicação do REC associado a óleo essencial de canela (OEC) e óleo essencial de tomilho (OET) em goiabas ‘Pedro Sato’

As goiabas foram inoculadas em dois pontos opostos na região equatorial com o auxílio de uma seringa cromatográfica contendo 25 µL da suspensão conidial de *C. gloeosporioides* a 2,0 x 10⁵ conídios mL⁻¹, e armazenadas por 6 h a 21±1 °C e 77±1% UR, para estabelecimento do fungo.

Na sequência, os frutos foram imersos individualmente por 1 minuto em solução de REC associada ao OEC (0,10; 0,25 e 0,50 mL L⁻¹) e ao OET (0,10; 0,20 e 0,30 mL L⁻¹). Os tratamentos controles consistiram na imersão dos frutos em água destilada [controle (água)] e com o fungicida Magnate 500 EC (0,5 g L⁻¹ de imazalil- ADAMA Makhteshim Ltda.) [controle (químico)] durante um minuto. Após a secagem e formação do recobrimento, os frutos foram armazenados a 21±1 °C e 77±1 %UR, por 10 dias.

Cada experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por 5 tratamentos [controle (água), controle (químico), REC + 3 concentrações dos OEC e OET]. Foram utilizadas 2 repetições com 10 frutos cada e 5 datas de amostragem (2, 4, 6, 8 e 10).

3.2.2.3 Incidência da antracnose e área da lesão em goiabas 'Pedro Sato'

A incidência da antracnose nas goiabas foi determinada de acordo com (Xing et al., 2011), utilizando a seguinte equação:

Incidência de sintomas (%) = (Número de ferimentos infectados/Número total de frutos inoculados) × 100.

A severidade da doença foi avaliada pela medição do diâmetro da lesão da antracnose nas goiabas com paquímetro digital (Zaas Precision), com escala de 0-200 mm e acurácia de 0,01 mm. A cada dois dias, a área lesionada das goiabas era medida em dois sentidos ortogonais no local da inoculação. Os valores apresentados correspondem ao somatório das áreas lesionadas, expressos em mm².

3.3 Experimento III – *In vivo* qualidade

3.3.1 Avaliações da qualidade de REC associado a óleo essencial de canela (OEC) em goiabas 'Pedro Sato'

A partir dos resultados dos Experimentos I - *in vitro* e II- *in vivo*, contaminado, foi selecionado o OEC, pois este apresentou melhor resultado no controle do fungo *C. gloeosporioides* e consequentemente da antracnose.

Para obtenção do material vegetal ver item 3.2.1 e para preparo do REC ver item 3.2.1.1.

Para avaliação dos parâmetros de qualidade das goiabas foram testadas duas concentrações (1,0 e 1,5 mL L⁻¹) de OEC que foram incorporadas ao REC sob agitação por 10 minutos, obtendo-se a composição final dos recobrimentos demonstrada na Tabela 4.

Tabela 4. Composição dos recobrimentos comestíveis (REC) à base de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), cera de abelha (CA) e óleo essencial de canela (OEC) (g 100g⁻¹MS).

Tratamento	HPMC	CA	Glicerol	Ácido esteárico	OEC
REC + OEC 1,0 mL L ⁻¹	49,5	20,0	24,8	4,0	1,7
REC + OEC 1,5 mL L ⁻¹	49,0	20,0	24,5	4,0	2,5

As goiabas foram imersas individualmente e por 1 minuto nas emulsões de REC + OEC. Os recobrimentos comestíveis utilizados tiveram concentração final de sólidos de 6 g 100g⁻¹. Os frutos do controle (água) foram imersos por 1 minuto em água destilada. Os frutos do controle (químico) foram imersos em Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹ por 1 minuto. Após a imersão, as goiabas foram deixadas para secar em temperatura ambiente por 1h e armazenadas à temperatura de 21±1 °C e 77±1% UR durante 10 dias. A temperatura e a umidade relativa do ar no período foram monitoradas a cada 30 minutos com registrador de dados HOBO Prov2 U-23-001. As avaliações foram realizadas a cada 2 dias.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4 x 6, composto de 4 tratamentos [controle (água); controle (químico); REC+OEC em duas concentrações], em 6 datas de amostragem (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias). A unidade experimental foi composta por 2 frutos e cada tratamento com 4 repetições, totalizando 192 frutos.

3.3.1.1 Avaliações da qualidade

Para a maioria das análises realizadas, utilizaram-se amostras da polpa das goiabas após serem trituradas em processador de alimentos (Mondial, modelo Super Centrífuga Premium, Brasil), sendo os resultados expressos com base na massa fresca (MF) dos frutos.

a) Taxa respiratória e produção de etileno

A taxa respiratória e a produção de etileno foram avaliadas por meio das análises das amostras de gases nas goiabas realizadas antes dos tratamentos (análise inicial) e ao final de cada data de avaliação. Para isso, três frutos foram colocados em recipientes herméticos com capacidade para 5 L e fechados, em triplicata. Após 1h, amostras de 200 μL de gás foram coletadas dos recipientes através de um septo de silicone, com auxílio de seringa apropriada (HAMILTON, GASTIGHT, NEVADA, EUA).

As amostras de gases foram analisadas em cromatógrafo (Thermo Scientific, modelo Trace GC Ultra) equipado com coluna capilar Porapack N de 2 m de comprimento e regulada para 80 °C, com hidrogênio como gás de arraste (35 mL min^{-1}). As amostras de gases foram analisadas por um detector de ionização de chama a 250 °C. A coluna e o injetor apresentaram temperatura de trabalho de 110 °C e 200 °C, respectivamente. A produção de CO_2 e etileno foram determinadas pelas diferenças entre a concentração gasosa inicial (quando os frascos foram fechados) e final (após 1 h), sendo expressas em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e $\text{mL C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

b) Acidez titulável e sólidos solúveis

A análise de acidez titulável foi determinada conforme metodologia descrita por (Ryan; Dupont, 1973) por meio da titulação das amostras com solução de NaOH 0,1 N até o pH = 8,2. Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico 100 g^{-1} MF.

A análise de sólidos solúveis foi realizada em refratômetro digital modelo PR 101, sendo os resultados expressos em °Brix.

c) Firmeza

A firmeza foi determinada com a utilização de penetrômetro (Impact, modelo IP-90DI, Brasil) com escala de leitura entre 5 e 200 Newton, utilizando uma ponteira de 3 mm. Foram realizadas 4 leituras por fruto na região equatorial. Os resultados foram expressos em Newton.

d) Perda acumulada de massa fresca

A perda acumulada de massa fresca das goiabas foi determinada pela pesagem, em balança analítica (Marte, modelo AS1000C), de cada unidade

amostral, seguida do cálculo da diferença entre o peso inicial e o obtido a cada data de amostragem. O valor da perda acumulada de massa fresca foi expresso em porcentagem.

e) Coloração da casca e da polpa

A coloração externa (casca) e interna (polpa) foi determinada utilizando-se o colorímetro MINOLTA CR 400 (Konica Minolta) por meio do qual foram determinados os valores de L^* (luminosidade) onde 100 = branco; 0 = preto, a^* (coordenada vermelho/verde) onde positivo = vermelho; negativo = verde e b^* (coordenada amarelo / azul onde positivo = amarelo; negativo = azul. Essas coordenadas permitiram calcular o ângulo Hue ($\tan^{-1} b^*/a^*$) e a cromaticidade ($\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) (KONICA MINOLTA, 2007).

Foram realizadas duas leituras na região equatorial do fruto para determinar a coloração da casca. Após cortadas longitudinalmente, foram efetuadas duas leituras na região central para a determinação da cor da polpa.

f) Pigmentos da casca

Os teores de clorofila totais e carotenoides foram determinados conforme (Lichtenthaler, 1987), com modificações. A casca dos frutos foi removida com auxílio de um estilete. Para extração dos pigmentos, as amostras foram maceradas em nitrogênio líquido, pesadas, novamente maceradas em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO_3) e 5 mL de acetona a 80% gelada, filtradas em papel de filtro de 0,45 μ e colocadas em tubos de Falcon, para posterior centrifugação a 3.000 $\times g$ por 10 minutos a 10 °C. A leitura do líquido sobrenadante foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (Femto, modelo 700 plus, Brasil) nos comprimentos de onda de 646 e 663 nm. Os resultados foram expressos mg kg^{-1} MF.

g) Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado por meio de titulação com reagente de Tillmans de uma alíquota de 1 mL das amostras diluídas em 50 mL de ácido oxálico (Zenebon; Pascuet; Tinglea, 2008). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g^{-1} MF.

h) Atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante total foi realizada pelo método de DPPH proposto por Brand-williams; Cuvelier; Berset (1995). A solução de DPPH foi preparada a $2,0 \times 10^{-4} \text{ g mL}^{-1}$ (0,0100 mg de DPPH em 50 mL de etanol a 99,8%). Para a extração, as amostras foram maceradas em nitrogênio líquido, pesadas e diluídas em 10 mL de etanol a 99,8% em tubo para centrifuga, e centrifugadas a 2.000 xg por 10 min a 5 °C.

Alíquotas de 500 μL do sobrenadante foram combinadas com 3 mL de etanol P.A. Após a adição de 300 μL de DPPH $2,0 \times 10^{-4} \text{ g mL}^{-1}$, homogeneização, os tubos de ensaios foram armazenados no escuro por 60 min. O controle negativo foi preparado com o DPPH a 0,3 mM em etanol para observar o decaimento do radical contra os antioxidantes doadores. A determinação foi realizada mediante leitura da absorbância a 517 nm e os resultados foram convertidos em porcentagem de atividade antioxidante (% DPPH reduzido = Abs branco – Abs amostra). Os resultados foram expressos em μmol de Trolox (TEAC) equivalente por $100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$.

i) Conteúdo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2)

Foi determinado usando uma curva de concentração de H_2O_2 conhecida como padrão, seguindo o método de (Gratão et al., 2012). Após pesagem de 0,4 g do tecido vegetal fresco, realizou-se a homogeneização em ácido tricloroacético (0,1%) e centrifugação a 10.000 xg por 10 min. O sobrenadante foi adicionado a 100 mM de tampão fosfato de potássio (pH 7,50) e 1 M de solução de iodeto de potássio. Esta solução foi incubada em gelo por uma hora, a absorbância foi medida a 390 nm. Os resultados foram expressos em $\text{mg H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$.

j) Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (EC 1.15.1.1)

Foi determinada conforme Beauchamp; Fridovich (1971). A reação foi obtida combinando-se 50 μL de extrato enzimático, 2 mL de 50 mmol L^{-1} de tampão fosfato de sódio pH 7,8, 450 μL $\mu\text{mol L}^{-1}$ da mistura de p-nitro azul de tetrazólio (NBT) (33 $\mu\text{mol L}^{-1}$) e EDTA (0,66 mmol L^{-1}) (5:4), 0,5 mL da mistura de L-metionina (5 mmol L^{-1}) e riboflavina (1,65 mol L^{-1}) (1:1), totalizando um volume de 3,0 mL.

Após iluminação dos tubos com lâmpadas fluorescentes de 20 W por 20 min a 25 °C, a redução do NBT foi medida por leituras de absorbância, em espectrofotômetro, a 560 nm. A atividade da SOD foi expressa em U mg⁻¹ de proteína, em que “U” representa a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a razão de redução do NBT. Para o cálculo da atividade específica da SOD, o teor de proteína solúvel total foi medido usando o método de Bradford (BRADFORD, 1976).

k) Atividade da enzima catalase (CAT) (EC 1.11.1.6)

Foi determinada pela adaptação do método de (Kar; Mishra, 1976). A reação foi obtida pela combinação de 150 µL da amostra extraída em tampão fosfato de potássio + EDTA + DTT + PVPP 100 mmol L⁻¹ (pH 7,5). Um total de 1950 µL de tampão fosfato de potássio 100 mmol L⁻¹ (pH 7,5) foi usado como tampão de determinação, 150 µL de tampão fosfato de potássio + EDTA + DTT + PVPP 100 mmol L⁻¹ (pH 7,5) como tampão de extração e 750 µL de solução de peróxido de hidrogênio 50 mM como substrato enzimático.

As leituras foram feitas usando um espectrofotômetro UV-vis a 240 nm de absorbância. A atividade específica da CAT foi expressa como µmol H₂O₂ min⁻¹ mg proteína⁻¹. Para o cálculo da atividade específica da CAT, o teor de proteína solúvel total foi medido usando o método de Bradford (LICHTENTHALER, 1987).

l) Atividade da enzima peroxidase (POD) (EC 1.11.1.7)

A atividade da peroxidase foi determinada conforme Lima, Brasil e Oliveira (1999). O sistema de reação compreendeu 1 mL de extrato enzimático com 0,5 mL de peróxido de hidrogênio a 30% em tampão fosfato de potássio 0,2 M (pH 6,7) e 0,5 mL de solução de fenol e aminoantipirina. O sistema reacional foi colocado num banho de água a 30 °C durante 5 min. Foi adicionado álcool etílico absoluto (2 mL) para interromper a reação, e a absorbância foi lida com um espectrofotômetro UV-vis a 505 nm de absorbância. A atividade específica da POD foi expressa em µmol de H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹ MF.

m) Peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica foi determinada pelo método de Heath; Packer (1968). As amostras foram congeladas em nitrogênio líquido, maceradas, combinadas com 4 mL de tampão TCA (1% p/v), homogeneizadas e

centrifugadas a 10.000 xg por 10 min a 4 °C (Biofuge Stratos model, Heraeus, Hanau, Alemanha). A partir do sobrenadante, 1 mL foi pipetado e transferido para o tubo de ensaio, adicionando 3 mL de ácido tiobarbitúrico a 0,5% (p/v) em 20% (p/v) de TCA e incubando em banho-maria a 95 °C por 60 min. Os tubos foram mantidos por 10 min em banho de gelo para interromper a reação. As amostras foram então novamente centrifugadas durante 10 min a 10.000 xg. A absorbância do sobrenadante foi medida usando um espectrofotômetro UV-vis (Femto 700 plus, São Paulo - SP, Brasil) a 535 nm e 600 nm. Os resultados foram expressos como o conteúdo de malondialdeído (MDA) por 100 g⁻¹ MF.

3.4 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o teste F para efeito dos tratamentos. Foram realizadas análises de regressão polinomial para testar os efeitos linear e quadrático dos fatores nas variáveis avaliadas, sendo que, na escolha da equação de regressão, foram aceitas as que apresentaram pelo menos 5% de significância pelo teste F e coeficiente de determinação (R^2) $\geq 0,500$. O teste de Tukey ($P < 0,05$) foi utilizado para a comparação de médias entre os tratamentos e entre os dias de armazenamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO – Experimento I

4.1 Atividade antifúngica de óleos essenciais no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*

Na avaliação do crescimento micelial do *C. gloeosporioides*, a dose mínima inibitória do fungo foi de 0,25 mL L⁻¹ e 0,20 mL L⁻¹ dos OEs de canela e tomilho, respectivamente, sendo que a partir desta dose a inibição do crescimento micelial do patógeno foi de 100%, refletindo o potencial fungicida dos óleos avaliados sobre o micro-organismo (Figura 1).

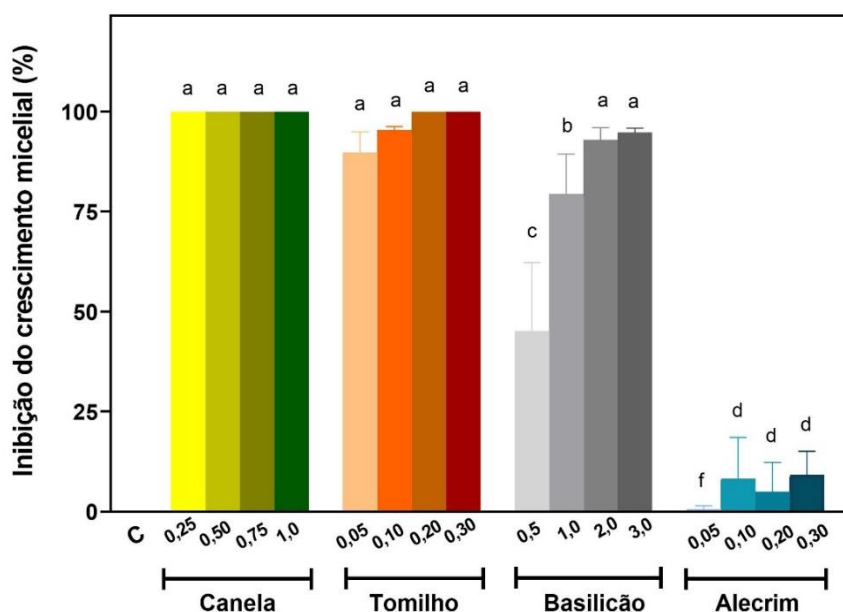


Figura 1. Efeito inibitório da concentração (mL L⁻¹) de quatro óleos essenciais no crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* após 7 dias a 27±1 °C. Onde “C” é o tratamento-controle. Médias ± erro padrão com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) (n=5).

Pesquisa realizada por Maqbool et al. (2010) mostrou que o óleo essencial de canela na concentração de 0,4% suprimiu o crescimento micelial e inibiu a germinação de esporos de *C. gloeosporioides* em bananas, diminuindo a severidade da doença e mantendo a qualidade da fruta durante o armazenamento. Arrebola et al. (2010) afirmam que o óleo de tomilho atua diretamente nos sítios ativos das enzimas, alterando o metabolismo celular dos micro-organismos e promovendo a inibição do crescimento micelial e do desenvolvimento do patógeno, apresentando resultados promissores no controle de doenças fúngicas.

Na presente pesquisa, o óleo de basilicão inibiu o crescimento micelial de *C. gloeosporioides in vitro* de maneira dependente da dose, visto que as maiores concentrações, 1mL L⁻¹, 2mL L⁻¹ e 3 mL L⁻¹ inibiram o crescimento do fungo em 79%, 93% e 95%, respectivamente. Isso indica o efeito desse óleo contra o patógeno, podendo inibir ou retardar o crescimento do fungo.

Conforme Sousa et al. (2012), óleos essenciais, quando utilizados em pesquisa *in vitro*, são eficientes na inibição do crescimento micelial do *C. gloeosporioides*, sendo que copaíba, neen, hortelã e pau-rosa apresentaram os melhores resultados em todas as concentrações usadas (0,2% a 1,0%). Os

óleos essenciais de andiroba, coco e eucalipto inibiram o crescimento do micro-organismo proporcionalmente à concentração, diferindo do controle a partir de 1,0%.

No presente trabalho, o óleo essencial de alecrim não foi eficaz no controle do crescimento micelial do *C. gloeosporioides in vitro* nas concentrações testadas, inibindo apenas 9% do crescimento fúngico. Resultados semelhantes foram obtidos por (Nozaki; Detoni; Donadel, 2014) ao avaliarem o efeito fungitóxico dos OEs de alecrim, camomila e hortelã no controle de *C. gloeosporioides* em goiabas, onde somente os OEs de camomila e de hortelã nas concentrações de 5% e 10% foram eficientes no controle do fungo.

No entanto, quando OEs foram utilizados para controlar antracnose em bananas, os tratamentos de frutos com OEs de manjerição (0,10% a 0,20%), canela (0,025% a 0,075%) e alecrim (0,20% a 0,30%) reduziram significativamente ($P < 0,01$) o crescimento micelial do fungo causador da podridão, podendo ser usados como alternativas seguras aos fungicidas sintéticos (IDRIS et al., 2015).

Quanto ao efeito na germinação conidial (Figura 2), verificou-se que os OEs de canela e tomilho inibiram em 100% a formação do tubo germinativo de *C. gloeosporioides in vitro*, demonstrando o potencial fungicida destes OEs no controle do fungo.

O OE de basilicão inibiu a formação do tubo germinativo apenas nas maiores concentrações (2,0 e 3,0 mL L⁻¹) enquanto o OE de alecrim apenas na concentração 0,3 mL L⁻¹, com 46% de inibição. Machado et al. (2013), defende uma relação dose-dependente em casos que ocorrem a inibição gradativa do fitopatógeno de acordo com a elevação das concentrações testadas.

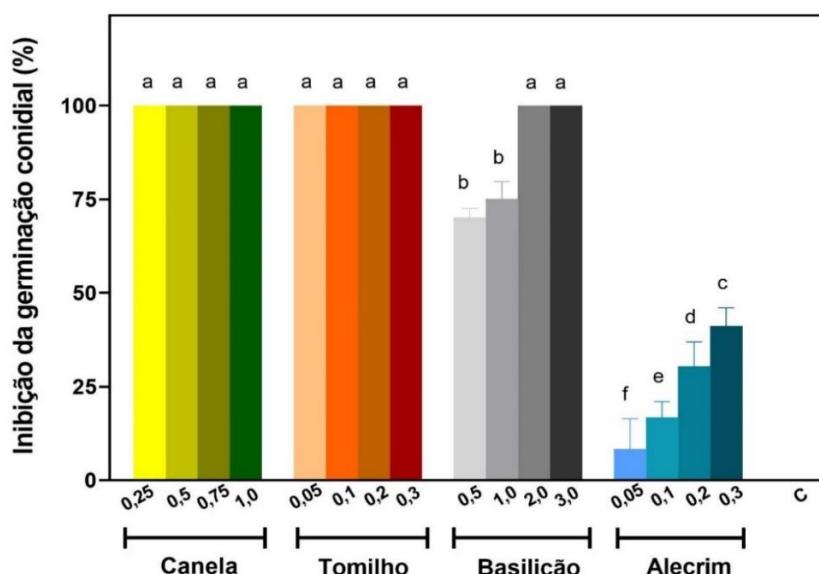


Figura 2. Efeito inibitório de óleos essenciais na germinação conidial após 10h, de *Colletotrichum gloeosporioides* a 27 ± 1 °C. Onde “C” é o tratamento-controle. Médias \pm erro padrão com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) ($n=5$).

Resultados semelhantes aos desta pesquisa foram obtidos por (Andrade, W.P; Vieira, 2016) avaliando o efeito *in vitro* de oito OEs nas concentrações de 10 μ L a 100 μ L no controle da antracnose. Os tratamentos se diferenciaram daqueles feitos na testemunha quanto à quantidade maior da dose aplicada de OE, com destaque para o OE de menta, que apresentou o maior efeito fungitóxico sobre a germinação dos conídios na concentração de 100 μ L, com crescimento de apenas 9,4% dos tubos germinativos de *C. gloeosporioides*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO – Experimento II

5.1 Uso de óleos essenciais no controle da antracnose em goiabas vermelhas cv. Pedro Sato

A incidência da antracnose na goiaba vermelha cv. Pedro Sato (Figura 3) não foi reduzida significativamente com a incorporação dos OEs ao REC, pois os sintomas da doença se manifestaram também nos frutos tratados, no entanto, com baixa severidade (Figura 4).

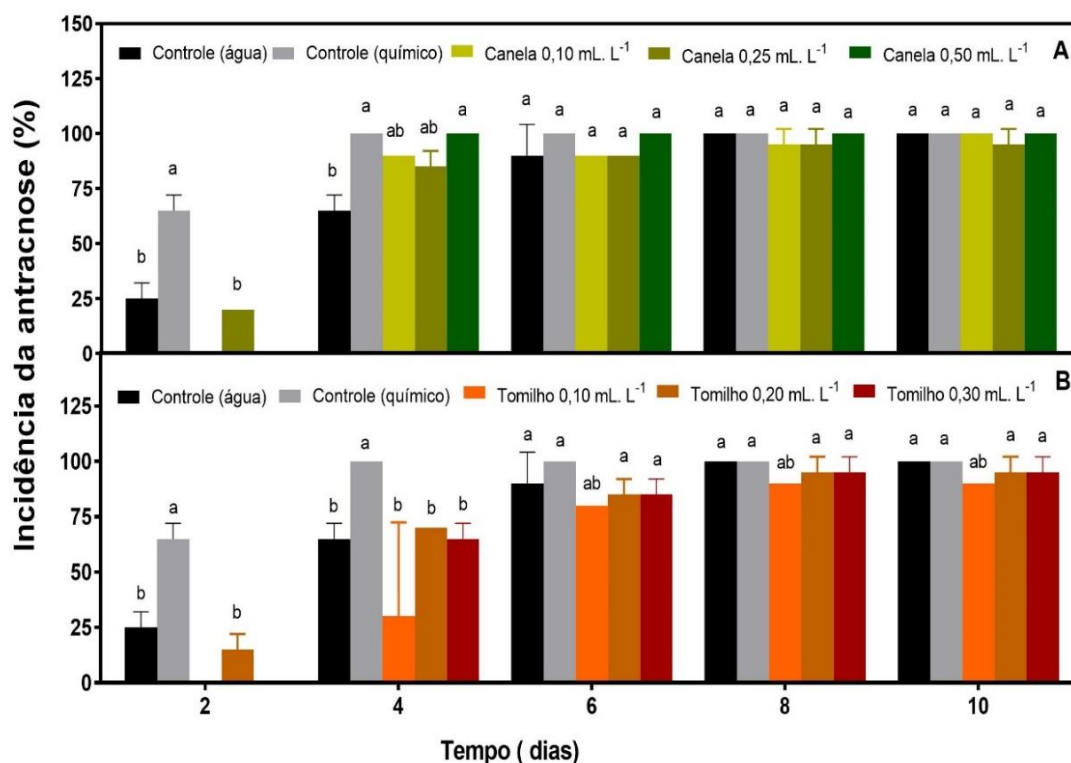


Figura 3. Efeito de REC associado a óleos essenciais de canela (A) e de tomilho (B) na incidência de antracnose em goiabas 'Pedro Sato' inoculadas e armazenadas por dez dias a 21±1 °C e 77±1% UR. Médias ± erro padrão com letras iguais, em cada dia de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) ($n=5$).

O diâmetro da lesão da antracnose foi maior nas goiabas que não receberam recobrimento e menor, significativamente, naquelas tratadas com REC associado aos OEs de canela e tomilho (Figura 4).

Esperava-se que com o aumento da concentração de OEs de canela e tomilho no REC ocorresse a diminuição da área lesionada nos frutos, no entanto não houve diferença ($P > 0,05$) e, ao final dos dez dias de avaliação em todas as concentrações de OEs, houve um maior desenvolvimento do *C. gloeosporioides* nas goiabas, o que pode ser atribuído à temperatura de 21±1 e 77±1 %UR de armazenamento, dentro da faixa de crescimento do patógeno que se dá de 22 °C a 30° C e elevados índices de % UR (SUSSEL, 2010).

O tratamento com OE de canela e suas concentrações não apresentaram diferença entre si ($P > 0,05$), somente destas em relação aos controles. Entretanto, o resultado obtido com o OE de canela na concentração 0,25 mL. L⁻¹ representou redução na área lesionada em dez vezes relacionada ao controle químico e treze vezes em relação ao controle com água, o que revela a

potencialidade do uso desse óleo no controle da antracnose em goiaba 'Pedro Sato'.

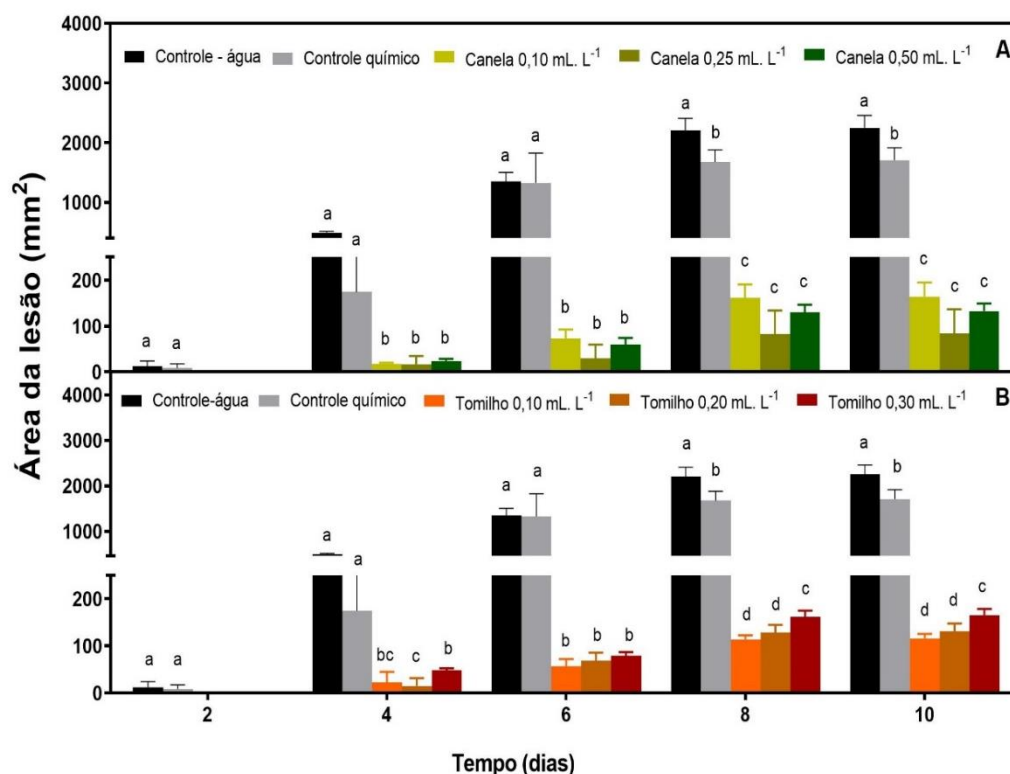


Figura 4. Efeito de REC associado a óleos essenciais de canela (A) e de tomilho (B) na severidade da lesão em goiabas 'Pedro Sato' inoculadas e armazenadas por dez dias a 21 ± 1 °C e 77 ± 1 % UR. Médias \pm erro padrão com letras iguais, em cada dia de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$) ($n=5$).

Estudos de controle da antracnose em banana obtiveram 100% de inibição do crescimento micelial, *in vitro*, nas concentrações de 25µL, 50µL e 100µL dos OEs de cravo-da-índia, alecrim-pimenta e eucalipto, respectivamente. No entanto, no experimento *in vivo*, sob as mesmas concentrações, o OE de alecrim-pimenta controlou apenas 30% da ação do patógeno, enquanto o OE de eucalipto 26% e o OE de cravo-da-índia provocaram escurecimento da casca dos frutos devido a uma possível ação fitotóxica nas concentrações testadas (Oliveira; Viana; Martins, 2016). Na presente pesquisa com goiabas cv. Pedro Sato, o escurecimento observado pelos autores nas cascas das bananas não foi observado nas goiabas vermelhas cv. Pedro Sato.

Foram encontrados resultados promissores da ação do OE de tomilho no controle de doenças fúngicas em abacates inoculados artificialmente com *C. gloeosporioides* (Marques, 2015; Sellamuthu et al., 2013). Em goiabas 'Pedro

Sato', os sintomas de podridões foram três vezes menores nos frutos com recobrimento à base de HPMC e de cera de abelha do que nos frutos de controle com retardo do amadurecimento (FORMIGA et al., 2019).

Em frutos de mamoeiro, estudos com OE para controle da antracnose tiveram os melhores resultados na redução do desenvolvimento das lesões nas concentrações de 30 μ L de capim-limão (25,0 mm), canela (27,0 mm) e anis (31,2 mm) enquanto a testemunha teve 77 mm de área da lesão (ANDRADE, W.P; VIEIRA, 2016).

Estudos sobre a incorporação de óleos essenciais à matriz polimérica de recobrimentos e filmes comestíveis, assim como nesta pesquisa, vêm sendo realizados também por alguns pesquisadores (Pedrotti et al., 2019; Lee et al., 2019) e indicam que essa associação pode melhorar suas propriedades de barreira ao vapor de água, além de promover atividade antimicrobiana e antioxidante (Coelho et al., 2017). Óleos essenciais, segundo Derbalah et al. (2012), têm ainda o benefício adicional de baixo risco ao meio ambiente, aos produtores e consumidores e não favorecem o desenvolvimento de resistência do patógeno.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO – Experimento III

6.1 Avaliações da qualidade de recobrimento à base de HPMC e cera de abelha a 20% (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) em goiabas 'Pedro Sato'

a) Taxa respiratória e produção de etileno

A taxa respiratória (TR) apresentou comportamento distinto entre as goiabas dos controles com água e químico em relação as que receberam os tratamentos com REC + OEC 1,0 mL L⁻¹ e REC + OEC 1,5 mL L⁻¹ de óleo essencial de canela.

Os frutos dos controles apresentaram comportamentos semelhantes entre si, com um aumento da TR a partir do 6º dia de avaliação. O controle com água alcançou valores de TR 106% maiores ao final de 10 dias. Esse aumento na

biossíntese dos frutos não recobertos é o fator responsável pelo início do amadurecimento em frutos climatéricos, com transição entre as fases de crescimento e senescência (Figura 5A).

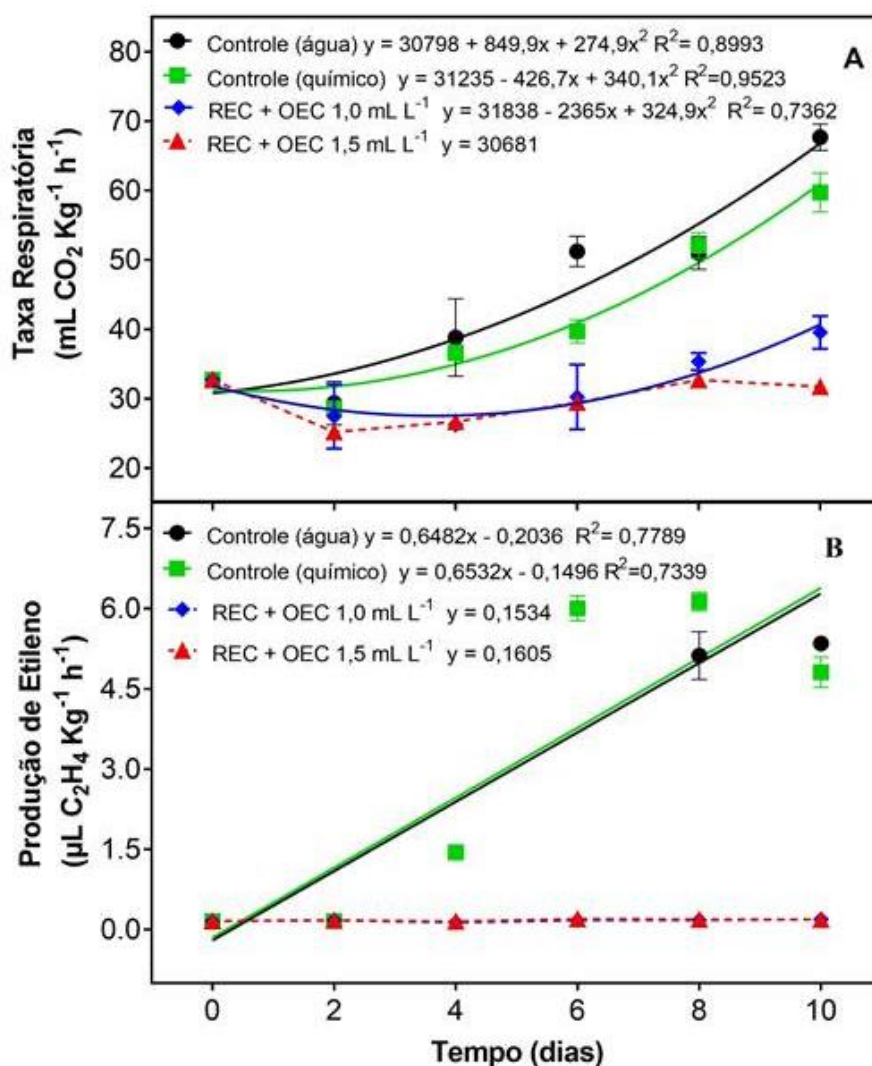


Figura 5. Evolução da taxa respiratória e da produção de etileno de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a 1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹, armazenadas a 21±1 °C e 77±1% UR. Químico = Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹

As goiabas tratadas com REC + OEC apresentaram a TR com valores menores, o que pode ser atribuído à ação do recobrimento em modificar a atmosfera nos frutos revestidos que, tendo menor pressão do O₂ e sendo este gás um fator limitante, reduzem a TR e consequentemente propiciam um aumento na sua vida pós-colheita (Ali et al., 2011). Comportamento respiratório esperado para as goiabas recobertas visto que a adição de materiais lipídicos como a cera de abelha e óleos, que possuem caráter hidrofóbico ao recobrimento com base de HMPC, de caráter hidrofílico, apresentam nos frutos

revestidos a formação de barreira semipermeável aos gases CO_2 e O_2 responsáveis pela respiração (SANTOS et al., 2018).

Imahori et al. (2013) corroboram com o resultado e justificam que a atmosfera modificada formada pela aplicação do recobrimento nas goiabas afeta a disponibilidade de O_2 e CO_2 no fruto e que quando esta troca gasosa não ocorre livremente com o ambiente externo, a tensão destes gases é alterada na atmosfera ao redor dos frutos, assim como seu metabolismo, interferindo na vida pós-colheita do vegetal.

Pesquisas realizadas por Vishwasrao; Ananthanarayan (2016) e Formiga et al. (2019) obtiveram resultados similares quando combinaram materiais hidrofóbicos aos recobrimentos usados em suas pesquisas. Quando analisaram o comportamento da TR de goiabas utilizando, respectivamente, recobrimentos à base de HPMC e óleo de palma e de HPMC e cera de abelha, obtiveram a extensão da vida útil dos frutos.

Frutos tratados com REC+ OEC não foi detectada síntese de etileno durante os 10 dias de armazenamento (Figura 5B), sendo observada apenas nas goiabas dos controles que atingiram o pico climatérico nos dias 6 e 8, respectivamente, havendo, neste período, as maiores sínteses de etileno nos frutos com $6 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

A detecção de etileno nas goiabas dos controles justifica a rápida maturação destes frutos e corroboram com os resultados da TR (Figura 5A), explicando a perda acelerada de firmeza (Figura 7A) e da coloração verde da casca (Figura 9A).

Este comportamento indica que a aplicação dos REC + OEC foi capaz de controlar a respiração dos frutos, reduzindo as trocas gasosas de O_2 e CO_2 (Santos et al., 2018), provavelmente em função da barreira semipermeável formada na sua superfície, que mantém suas características próximas às do dia de colheita por mais tempo que os não tratados, retardando seu processo natural de amadurecimento, corroborado por Maqbool et al. (2010) e Braga et al. (2017), os quais afirmam que o atraso na produção de etileno em bananas e mangas, respectivamente, pode ser associado ao atraso na senescência.

No caso de goiabas 'Pedro Sato' colhidas no estágio de maturidade fisiológica, (Formiga et al., 2019) observaram maior síntese de etileno nos frutos no 6º dia ($12,9 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ MF}$), representando 49% a mais de etileno em

relação ao 4º dia de armazenamento. Isto caracteriza o pico climatérico desse fruto e justifica a presença do etileno nos frutos-controle, explicando sua rápida maturação. Comparando-se com esta pesquisa, nos frutos dos controles, a produção de etileno no 4º dia de armazenamento foi de 1,5 μL de C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} , e no 6º dia houve a maior síntese de etileno nas goiabas com produção de 6 μL de C_2H_4 kg^{-1} h^{-1} , representando, em relação ao 4º dia de armazenamento, 400 % a mais de etileno.

O uso dos REC aliados ao OEC 1,0 mL L^{-1} e 1,5 mL L^{-1} podem ser considerados para retardar a taxa respiratória e a produção de etileno das goiabas 'Pedro Sato', elevando sua vida de prateleira e mantendo as características desejadas para o consumo.

A não utilização de tecnologia de controle pós-colheita poderia levar as goiabas rapidamente à senescência em poucos dias após a colheita e os seus tecidos suscetíveis ao ataque de micro-organismos como o *C. gloeosporioides*, agente causal da antracnose, principal doença de perdas pós-colheita em goiabas.

O grande impasse das pesquisas é conseguir reduzir a velocidade de amadurecimento dos frutos sem comprometer a qualidade e as propriedades bioquímicas. O uso de revestimentos biodegradáveis, considerados sustentáveis, tem conquistado grande importância entre os consumidores, sendo também uma opção viável na conservação pós-colheita de goiabas (AQUINO et al., 2015).

b) Acidez titulável e sólidos solúveis

O conteúdo de ácidos orgânicos nas goiabas apresentou diferença estatística ($P < 0,01$) entre os tratamentos. Houve tendência de aumento dos valores para todos os tratamentos até o 6º dia de armazenamento com consequente redução (Figura 6A).

Nos frutos dos controles, esse aumento de AT foi mais evidente, comportamento esperado, visto que os valores de ácidos orgânicos primeiramente se elevam para posterior decréscimo durante o processo de maturação dos frutos devido à oxidação desses ácidos no ciclo dos ácidos carboxílicos em decorrência da respiração, ratificando os resultados de TR e

produção de etileno encontrados nesta pesquisa que, no mesmo período, para os tratamentos controles, apresentaram elevação dos seus valores.

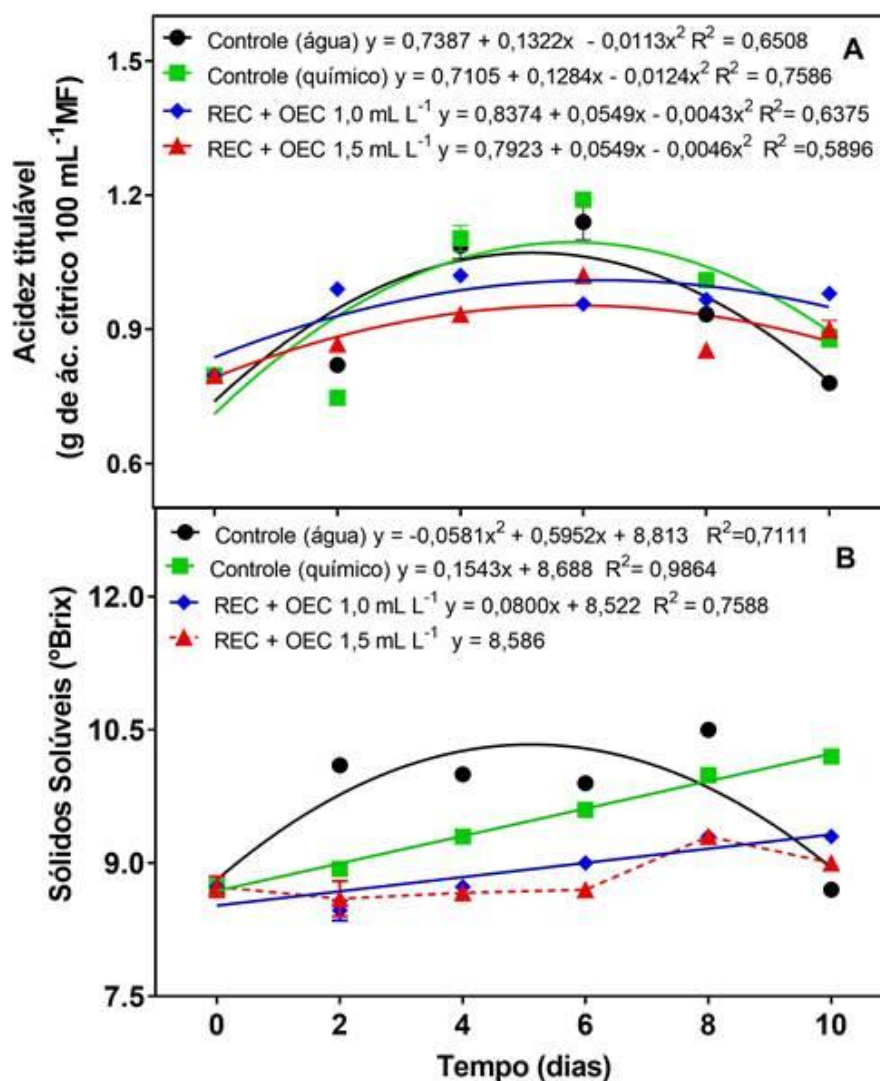


Figura 6. Evolução da acidez titulável (A) e dos sólidos solúveis (B) de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a 1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹, armazenadas a 21±1 °C e 77±1% UR. Químico = Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹. MF = massa fresca

Siqueira Júnior et al., (2012) afirmam ainda que processos de degradação que ocorrem na parede celular da goiaba durante o amadurecimento são responsáveis por este aumento na concentração de ácidos orgânicos no suco celular, elevando os valores de AT. Pereira et al. (2005) ratificam dizendo que essa elevação se justifica pelo acelerado metabolismo do fruto e liberação de

ácidos orgânicos a partir do ácido poligalacturônico por meio da ação da enzima poligalacturonase, que degrada a parede celular durante seu amadurecimento.

Menores variações na quantidade de ácidos orgânicos foram registradas nas goiabas revestidas com REC + OEC, indicando que o recobrimento retardou seu processo de amadurecimento, sem, no entanto, reduzir a quantidade desses ácidos de forma que pudessem comprometer atributos importantes e desejáveis como aromas e a conversão em açúcares nos frutos, melhorando sua palatabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por (Onias et al., 2018) em goiabas tratadas com recobrimento à base de fécula de mandioca que, independentemente da concentração, apresentaram menor acidez que os frutos-testemunha, durante o período de armazenamento.

O teor de sólidos solúveis (SS) das goiabas apresentou aumento nos seus teores até o 6º dia de avaliação (Figura 6B). No mesmo período, os frutos dos tratamentos com REC + OEC 1 mL L⁻¹ apresentaram aumento de 6,5% no teor de SS, e o controle com água uma elevação de 14% quando comparado ao dia inicial, demonstrando que os frutos recobertos tiveram um retardo na sua maturação no mesmo período quando comparado com os frutos do controle.

Esta elevação nos teores de SS das goiabas do controle com água alcançou seu pico no 8º dia de armazenamento, nível máximo de conversão de açúcares complexos em açúcares mais simples (Faasema et al., 2014) para posterior queda no 10º dia de avaliação. O controle químico apresentou a mesma tendência de aumento nos teores de SS, no entanto, seu ápice foi no 10º dia.

Estas são características naturais do processo de amadurecimento das frutas climatéricas, como a goiaba cv. Pedro Sato, onde ocorre aumento dos teores de SS até sua maturação completa, quando alcança o pico climatérico e respiratório. Resultados semelhantes foram encontrados por Cavalini (2008). Ao estudar a cultivar Pedro Sato, concluiu que a redução nos valores de SS após um pico está atrelada à fase final do amadurecimento e início da senescência dos frutos, pois é nesta fase que os açúcares e os ácidos orgânicos são consumidos.

c) Firmeza e perda acumulada de massa fresca

A firmeza das goiabas de todos os tratamentos apresentou decréscimo ao longo do período de avaliação (Figura 7A). Estes resultados são característicos de goiabas 'Pedro Sato', que apresentam perda de firmeza pouco tempo após a colheita, com vida útil curta, em torno de seis dias a 20 °C (MATTIUZ; DURIGAN, 2001).

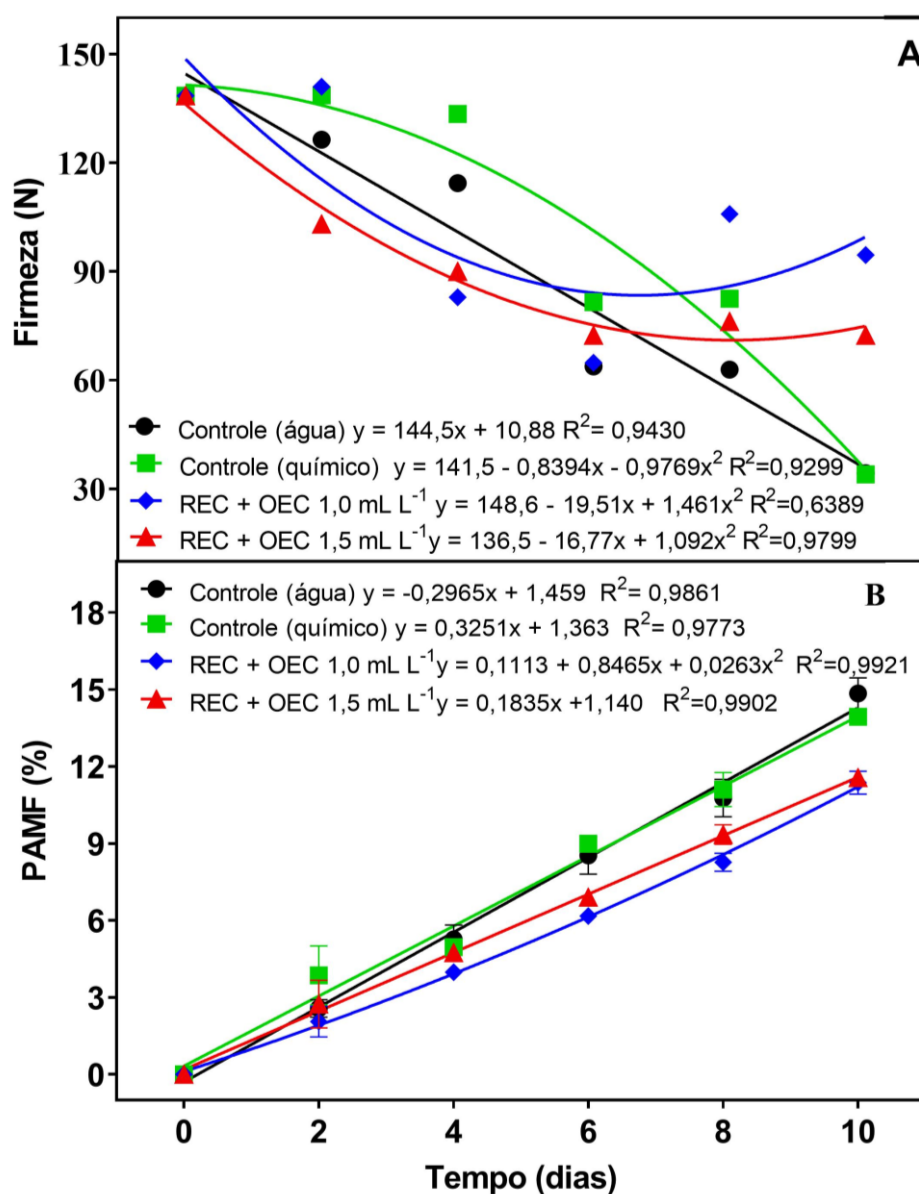


Figura 7. Evolução da firmeza (A) e perda acumulada de massa fresca - PAMF (B) de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a 1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹, armazenadas a 21±1 °C e 77±1% UR. Químico = Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹

Nesta pesquisa, a firmeza dos frutos sem recobrimento (controle com água e controle químico) variou de 138 N para 34 N, representando uma redução de 75% em relação ao primeiro dia de avaliação.

A perda de firmeza dos tecidos da goiaba dificulta seu manuseio e transporte, tornando-a mais susceptível a injúrias mecânicas, além de favorecer o estabelecimento de micro-organismos (Germano, 2016). Isso corrobora com os resultados de severidade da antracnose nos frutos sem recobrimento (Figura 2A), que os tornaram mais propensos ao avanço da doença que os frutos dos tratamentos com REC + OEC, nos quais verificou-se a aceleração da senescência.

Resultados semelhantes de perda de firmeza em goiabas foram encontrados por Santana (2015) e Teixeira et al. (2016) em condições de atmosfera controlada. Krishna; Rao (2014) e Formiga et al. (2019) em pesquisas com goiabas revestidas com quitosana e HPMC, respectivamente, associam os maiores valores de firmeza nos frutos recobertos pela redução da respiração e de outros processos do amadurecimento.

O REC + OEC 1,0 mL L⁻¹ foi o tratamento mais eficiente na manutenção da firmeza das goiabas 'Pedro Sato', apresentando valores médios (94 N) 64% maiores em relação aos frutos do controle químico (34 N) e controle com água (34 N) no último dia de avaliação (Figura 5B). Nos frutos do tratamento químico, esse valor é equivalente ao sexto dia de armazenamento (81 N), correspondendo ao ganho de quatro dias de manutenção da firmeza.

A firmeza é um atributo de qualidade de suma importância e está relacionada diretamente com a vida pós-colheita dos frutos e, consequentemente, com sua aceitação pelo consumidor. A diminuição nos valores de firmeza dos frutos está geralmente associada à ação de enzimas de parede celular durante o amadurecimento dos vegetais, principalmente de enzimas hidrolíticas como a poligalacturonase e pectinametilesterase (BOTELHO et al., 2016).

O tratamento com REC + OEC 1,5 mL L⁻¹ apresentou valores de firmeza intermediários, em média 76 N no último dia de avaliação, ficando abaixo do tratamento REC + OEC 1 mL L⁻¹, que apresentou valores médios de 94 N no mesmo período, demonstrando que a manutenção da firmeza não está diretamente relacionada ao aumento da concentração de OEC utilizado, mas

provavelmente às interações físico-químicas entre o recobrimento e a superfície do fruto (ASSIS; BRITTO, 2014).

O uso de recobrimentos comestíveis à base de HPMC + CA também foi estudado por (Navarro-Tarazaga; Massa; Pérez-Gago, 2011) em ameixas 'Angeleno' e (Formiga et al., 2019) em goiabas 'Pedro Sato', cujos melhores resultados para a manutenção da firmeza foi a formulação HPMC + CA 20%.

Houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os frutos-controle e aqueles tratados com REC + OEC quanto à perda acumulada de massa fresca (PAMF). Observa-se na Figura 5B que o aumento da concentração de OEC no recobrimento não reduziu na mesma proporção a PAMF das goiabas ao longo do armazenamento.

Os frutos-controle com água e controle químico não diferiram entre si e apresentaram as maiores médias de PAMF em relação aos frutos com recobrimento no último dia de avaliação (Figura 7B). Resultados semelhantes foram encontrados por Onias et al. (2018) e Forato et al. (2015), que observaram que o recobrimento retardou a perda de massa nos frutos. A cera, quando adicionada ao recobrimento, atua como um agente hidrofóbico, dificultando a saída do vapor de água, auxiliando assim na redução de PM pelo fruto (OLIVEIRA et al., 2018; JACOMINO et al., 2003).

No 8º dia de armazenamento, os frutos dos controles não diferiram significativamente entre si ($P > 0,05$), tendo uma PAMF 25% maior que o tratamento com REC + OEC 1,0 mL L⁻¹ e 16% maior que o tratamento com REC + OEC 1,5 mL L⁻¹. Essa diferença se manteve no 10º dia de armazenamento, com os controles tendo valores 22% maiores na PAMF que os tratamentos com REC + OEC, mantendo maior turgidez nos frutos recobertos, com ganho de dois dias na manutenção da massa fresca.

O aumento progressivo da PAMF nas goiabas dos controles ao longo dos dias de armazenamento pode ser atribuído à transpiração do fruto, devido à diferença de pressão do vapor de água entre a atmosfera e sua superfície. O REC + OEC aplicado nas goiabas formou na superfície do fruto uma película transparente e fina que cobriu parcialmente os estômatos com característica semipermeável às trocas gasosas, apresentando redução na perda de água para a atmosfera nos frutos recobertos, logo, com valores de PAMF menores.

d) Coloração da casca e da polpa

O uso de REC + OEC nas goiabas teve influência significativa sobre a análise colorimétrica da casca e da polpa dos frutos.

Os resultados da análise de cor indicam tendência de amadurecimento dos frutos do controle no decorrer do armazenamento a partir do 4º dia de armazenamento, apresentando diferença entre os frutos recobertos com REC + OEC e os frutos dos controles ($P \leq 0,05$) em relação à coloração tanto da casca quanto da polpa (Figura 8).

O valor de luminosidade (L^*) da casca das goiabas (Figura 9A) apresentou para os tratamentos dos controles valores crescentes a partir do 4º dia de armazenamento, indicativo de que a casca das goiabas sem recobrimento se tornou mais clara em função da mudança da coloração verde (mais escuro) - pela degradação dos pigmentos clorofílicos - para a amarela (mais clara), pela síntese dos pigmentos carotenoides (MATTIUZ; DURIGAN, 2001; SIQUEIRA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017).

Santana (2015) e Onias et al. (2018) afirmam em suas pesquisas com goiabas que os valores de L^* aumentam com o amadurecimento dos frutos, onde a cor verde-escuro é substituída por amarelo-claro, o que aumenta o brilho e a reflexão da luz sobre a casca com consequente aumento de L^* .

Neste sentido, podemos afirmar que os REC + OEC retardaram o amadurecimento das goiabas cv. Pedro Sato, pois os frutos recobertos apresentaram mínimas variações nos valores de L^* nas concentrações 1,0 mL L^{-1} (67,31) e 1,5 mL L^{-1} (68,17), mantendo a luminosidade da casca das goiabas mais próxima a do primeiro dia de avaliação (64,53). Formiga et al. (2019) encontraram resultados semelhantes em estudos com goiaba 'Pedro Sato' recobertas com HPMC e cera de abelha onde, no 6º dia de armazenamento, o L^* dos frutos-controle foi 16% superior aos frutos tratados.



Figura 8. Coloração da casca e da polpa de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$, armazenadas por dez dias a $21 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $77 \pm 1 \text{ \% UR}$. C água = controle com imersão em água; C químico = controle químico - imersão em Magnate 500 EC ($0,5 \text{ g L}^{-1}$).

A coloração da polpa dos frutos sem recobrimento confirma a tendência similar à da coloração da casca, que é de aceleração do amadurecimento dos frutos-controle durante o período avaliado. Apesar de não ocorrer ajuste para os dados de L^* da polpa dos frutos do controle químico (47,93), verifica-se que, no último dia de avaliação, as médias foram menores que as dos frutos recobertos 51,22 (REC+ OEC $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ OEC) e 48,48 (REC+ OEC $1,5 \text{ mL L}^{-1}$), indicando o

escurecimento da polpa das goiabas provocado pelo seu amadurecimento (Figura 9).

Em goiabas, o ângulo Hue se enquadra de acordo com os estádios de maturação do fruto colhido: Estádio 1, variando de 117° a 120° , com cor da casca verde-escura; Estádio 2, com intervalo de 113° a 116° , com coloração verde-clara da casca; Estádio 3 com ângulo entre 112° e 108° , com a cor da casca verde-amarela e abaixo desses valores o fruto está com a cor da casca totalmente amarelada (Azzolini et al 2004). Na presente pesquisa, os frutos foram colhidos no estágio 2 de maturação com ângulo Hue médio de 114° .

Para os valores de ângulo Hue da casca (Figura 9B), nos frutos dos controles, houve redução a partir do 6º dia de armazenamento, de 114° para 89° (controle com água) e de 114° para 92° (controle químico), representando uma diminuição de 22% e 19%, respectivamente, indicando que a cor da casca mudou de verde para amarela em seis dias, ocasionado pelo amadurecimento dos frutos no período.

No mesmo período, os frutos com REC + OEC apresentaram a cor da casca verde-amarelada, com ângulo Hue em torno de 114° para os frutos com REC + OEC $1,0 \text{ mL L}^{-1}$, e 111° para os frutos tratados com REC + OEC $1,5 \text{ mL L}^{-1}$, demonstrando que os REC + OEC retardaram em ao menos 4 dias o amadurecimento dos frutos. Cavalini (2008) encontrou resultados semelhantes em goiabas cv. Pedro Sato, onde o ângulo Hue da casca variou de 116° para 86° durante o período avaliado.

Para o ângulo Hue da polpa, houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos. De acordo com o sistema CIE $L^* a^* b^*$, graficamente os valores de 0° são atribuídos à cor vermelha, 90° para a cor amarela, 180° para a cor verde e 270° para a cor azul (ABREU et al., 2012; FERREIRA; SPRICIGO, 2017).

Nos frutos dos controles químico e com água observou-se redução nos seus valores a partir do 6º dia de armazenamento, de 39° para 33° , indicando que a polpa desses frutos intensificou a cor vermelha em seis dias, como consequência do amadurecimento dos frutos neste período (Figura 9). Já nos frutos com REC + OEC, para o mesmo período, os valores de ângulo Hue tiveram um aumento de 13% em relação ao primeiro dia de armazenamento, mantendo a cor mais rosada da polpa até o final do período, demonstrando que

os recobrimentos de REC + OEC retardaram em ao menos quatro dias o amadurecimento dos frutos.

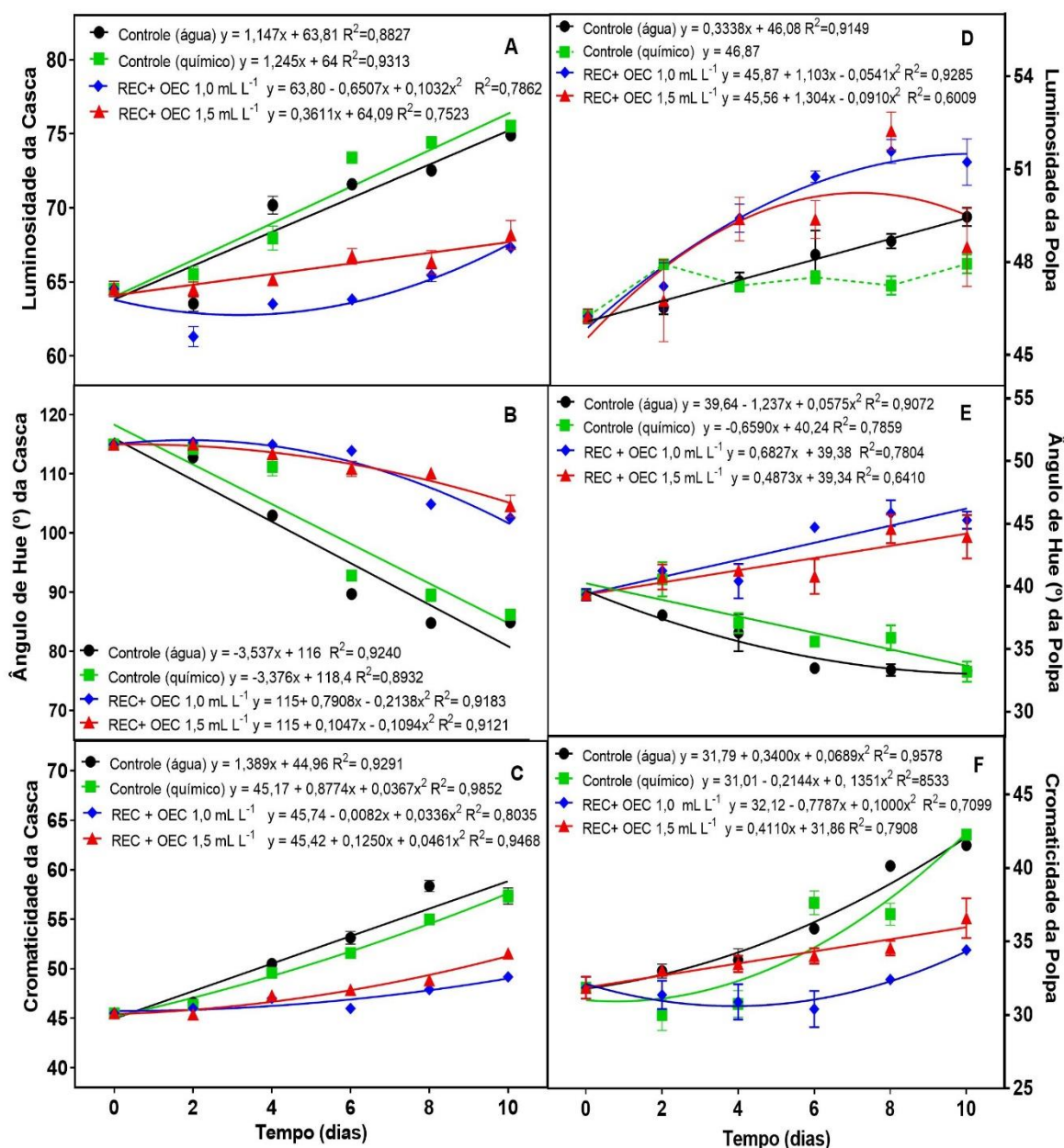


Figura 9. Evolução da coloração da casca (A, B e C) e da polpa (D, E e F) de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a 1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹, armazenadas a 21±1 °C e 77±1% UR. Químico = Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹

Os valores de cromaticidade da casca e da polpa das goiabas apresentaram comportamento similar no período avaliado (Figura 9CF).

As médias da cromaticidade da casca foram crescentes para o controle químico e com água, com valores variando de 45 para 57 no último dia de

avaliação. Já os frutos recobertos apresentaram variação menor, com médias menores ao final do período: 49 (REC+ OEC 1,0 mL L⁻¹) e 51 (REC+ OEC 1,5 mL L⁻¹).

A cromaticidade está ligada diretamente à concentração do elemento corante, sendo um atributo quantitativo da intensidade dessa coloração, onde valores maiores representam uma maior saturação das cores, logo, tornando-as mais brilhantes aos olhos humanos (Ferreira; Spricigo, 2017). O aumento da cromaticidade para a polpa da goiaba nos frutos dos tratamentos dos controles indica a mudança de cor rosa para vermelho intenso, possivelmente devido a maior biossíntese de licopeno (PINTO et al., 2010).

Os valores de cromaticidade da polpa apresentaram diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos. O controle químico apresentou a maior média ao final do período de armazenamento, indicando saturação da cor vermelha durante o período avaliado, variando de 31 (vermelho mais claro) no primeiro dia de avaliação para 42 (vermelho mais intenso) ao final da avaliação. Verificou-se que, no mesmo período, as goiabas recobertas com REC + OEC mantiveram uma constância nos valores.

Cavalini (2008) encontrou resultados semelhantes em goiabas cv. Pedro Sato onde os valores de cromaticidade encontrados apresentaram elevação durante o período de armazenamento, indicando que a polpa se tornou mais vermelha devido ao amadurecimento.

O aumento da cromaticidade nos frutos do controle com água e controle químico (Figura 9C e 9F) indicam a síntese de pigmentos carotenoides, com ênfase no licopeno, o que ocasiona a mudança na coloração da polpa, de rosada para vermelha, características do amadurecimento das goiabas.

Jacomino et al. (2003) em sua pesquisa com goiabas 'Pedro Sato' tratadas com emulsões a base de cera de carnaúba, encontrou valores de cromaticidade que variaram de 28 na colheita a 43 no 11º dia, corroborando com os resultados deste estudo, assim como a manutenção desses valores mais próximos aos do ponto de colheita, por 10 dias de avaliação, caracterizam extensão da vida útil de goiaba 'Pedro Sato', indicando a utilização de REC+OEC como alternativa viável.

A cor e a firmeza da polpa são atributos importantes na avaliação da qualidade de goiabas devido à rapidez com que as alterações bioquímicas

ocorrem durante o amadurecimento do fruto, mudando suas características (NORDEY et al., 2019).

Em goiabas 'Pedro Sato', a coloração da casca apresenta tendência a alterações de cor muito rapidamente na pós-colheita, principalmente em temperaturas próximas a 20 °C, mudando de verde-escuro para verde-claro e amarelo, em torno de quatro a seis dias, comprometendo a qualidade visual e influenciando na depreciação do fruto (Xisto et al., 2004). Isso torna a casca um atributo importante na determinação do estágio de maturação para a colheita e comercialização dessa fruta (VENCESLAU, 2013).

Nesta pesquisa, embora a mudança de coloração nos tratamentos também tenha ocorrido, estes se mostraram eficientes na manutenção desse atributo de qualidade, prolongando a vida útil do fruto com a manutenção da cor verde por mais tempo. Apesar de não ter influência direta nas condições sanitárias do produto, influencia na aparência do fruto e pode ser um fator que implique sua aceitação ou rejeição pelo consumidor (SANTOS et al., 2016).

Pode-se observar ainda que os parâmetros de avaliação da qualidade das goiabas recobertas com REC + OEC em ambas concentrações aplicadas (1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹) obtiveram menores acentuações nos valores de AT (Figura 6A), SS (Figura 6B), firmeza (Figura 7A), PAMF (Figura 7B) e coloração da casca e da polpa (Figura 9), podendo estar associados à adição do OEC, que pode ter ocasionado uma melhoria na capacidade filmogênica do recobrimento, além das propriedades antimicrobianas esperadas no controle da antracnose.

Resultados semelhantes foram encontrados por Choi et al. (2016) em ameixas ao trabalharem com recobrimentos onde o revestimento 2% de HPMC+OE Orégano mostrou-se muito eficaz na redução da taxa de respiração, na produção de etileno, na perda de peso total e na contagem total de células, além da menor mudança na cor da casca do fruto em comparação com as ameixas tratadas com outros revestimentos e as amostras-testemunhas. No entanto, em goiabas cv Pedro Sato com recobrimento à base de HPMC e OEC não foram encontrados estudos.

e) Clorofilas totais e carotenoides

Quanto ao teor de clorofilas totais (CT) (Figura 10A), os controles apresentaram uma redução linear na quantidade desses compostos ao longo do

armazenamento. Os tratamentos com REC + OEC exibiram maiores médias ao longo do período, sendo mais eficientes na conservação dos teores de clorofila no fruto, proporcionando a manutenção da cor esverdeada da casca das goiabas.

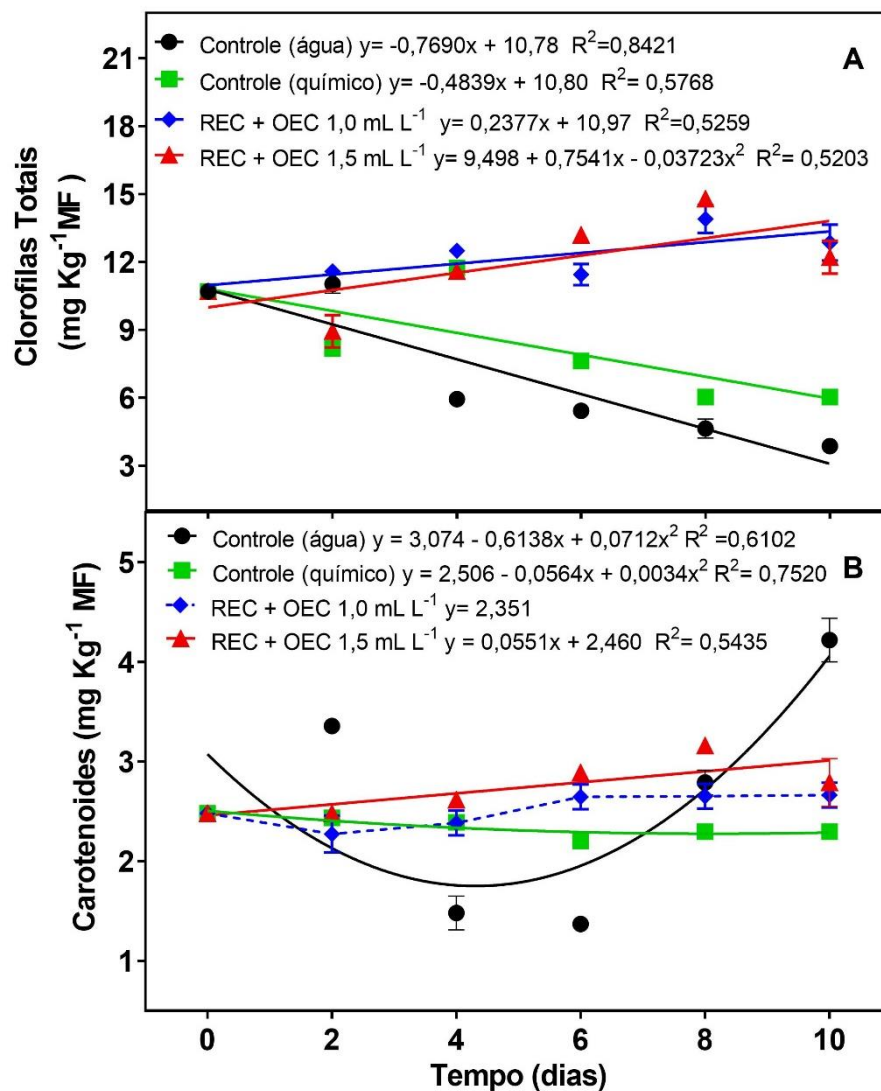


Figura 10. Evolução nos teores de clorofilas totais e carotenoides de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a 1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹, armazenadas a 21±1 °C e 77±1% UR. Químico = Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹. MF = massa fresca

No 10º dia de armazenamento, as goiabas revestidas com REC + OEC nas duas concentrações apresentaram valores médios de 12,53 mg de clorofilas kg⁻¹ MF (Figura 10A), enquanto a média para os frutos-controle com água e controle químico foram de apenas 3,87 e 6,03 mg de clorofilas kg⁻¹ MF, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Venceslau

(2013) em goiabas da cv. Paluma onde os teores de clorofilas totais apresentaram maiores valores no estágio I (fruto totalmente verde) e menores significativamente no estágio VII (amarelo com maturação avançada).

A mudança da cor verde para amarela na casca dos frutos do controle nos últimos dias de avaliação pode ser justificada pela perda do pigmento clorofila, que tem suas moléculas degradadas pela enzima clorofilase (Palharini et al., 2016) ligada ao processo de amadurecimento dos frutos. Formiga et al. (2019), trabalhando com goiabas 'Pedro Sato', observaram que as goiabas do controle foram as que mais perderam clorofilas durante o período de avaliação, apresentando no 6º dia apenas 9% dos valores de clorofila encontrados na caracterização inicial.

As goiabas com REC + OEC apresentaram retardo no amadurecimento, observado pela tendência de manutenção dos teores de clorofilas totais durante os dias de avaliação (Figura 10A), que pode ter ocorrido devido à formação da película protetora ao redor do fruto, o que limitou a difusão de água e a troca gasosa pelo processo de respiração, com menos formação de etileno e, conseqüentemente, manutenção da cor verde da casca por mais tempo.

Os resultados encontrados para os índices de coloração da casca do fruto (Figura 9) corroboram com os de clorofila total onde os tratamentos com recobrimento obtiveram melhores efeitos quando comparados aos frutos dos controles, que tiveram aumento da luminosidade e da cromaticidade (Figura 9A e 9C) e a diminuição do Hue (Figura 9B), o que indica a degradação de pigmentos clorofílicos e desenvolvimento e a síntese de pigmentos carotenoides.

Os pigmentos carotenoides são compostos antioxidantes considerados protetores naturais das clorofilas, capturando as espécies reativas de oxigênio (ERO's) que podem causar danos as suas moléculas (Fennema, 1996). No entanto, durante o processo natural de maturação dos vegetais, ocorre a quebra dessa proteção, deixando as clorofilas mais suscetíveis aos danos pelos radicais livres com sua conseqüente degradação, ocorrendo então a síntese de carotenoides, com mudança na coloração do vegetal, no caso da goiaba para tons amarelos na casca e, na polpa, a intensificação do tom rosado para vermelho.

Nas goiabas cv. Pedro Sato, com exceção do controle com água, que variou 70,16% ($4,22 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MF}$) em relação ao primeiro dia ($2,49 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MF}$),

todos os tratamentos apresentaram tendência de manutenção nos seus valores no decorrer dos 10 dias avaliados. Resultado semelhante foi encontrado por Coelho et al., 2017 que, ao utilizarem amido de mandioca associado ou não ao OE de cravo-da-índia como recobrimento em goiabas, reduziram a síntese de β -caroteno em relação ao tratamento-controle.

Venceslau (2013) em sua pesquisa com goiabas 'Paluma' afirma que o teor médio de carotenoides na casca dos frutos se elevou do estágio I ($41,04 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) para o estágio IV ($57,93 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), com um acréscimo de cerca de 36% deste conteúdo com o amadurecimento do fruto, estando este aumento gradativo associado à síntese dos carotenoides enquanto ocorre a degradação da clorofila.

Ressalta-se que, após o 6º dia de avaliação, houve uma redução no ângulo Hue da casca das goiabas 'Pedro Sato' do controle com água, assim como elevação nos valores de cromaticidade da polpa, antes do aumento no teor de carotenoides (Figura 10B), o que indica a degradação da clorofila como a principal alteração ocorrida na cor dos frutos.

f) Ácido ascórbico e atividade antioxidante

Nesta pesquisa, os teores de ácido ascórbico (AA) nas goiabas 'Pedro Sato' apresentaram os maiores valores entre o 4º e o 6º dia de armazenamento em todos os tratamentos, com destaque para o controle químico, com elevação de 29,37% comparado aos frutos da caracterização inicial ($116 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$). A partir do 6º dia de avaliação, houve redução nos teores de AA (Figura 11).

O AA é um ácido orgânico que, dentre outras funções, é antioxidante e atua como substrato na respiração mitocondrial, possuindo extrema importância para o metabolismo vegetal (GALLIE, 2013).

A goiaba vermelha se destaca entre os frutos por possuir elevados teores de vitamina C, alcançando níveis 6 a 7 vezes mais elevados que frutas cítricas (Abreu et al., 2012). Segundo Seymour et al. (1993), os teores de AA em goiabas podem variar de 80 a $372 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$; Chitarra; Chitarra (2005) afirmam ainda que esses valores podem alcançar até $400 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, sendo mais expressivos na casca e na parte mais externa da polpa, podendo sofrer influência direta das condições climáticas, temperatura, umidade do solo, condições de cultivo e variedade do fruto.

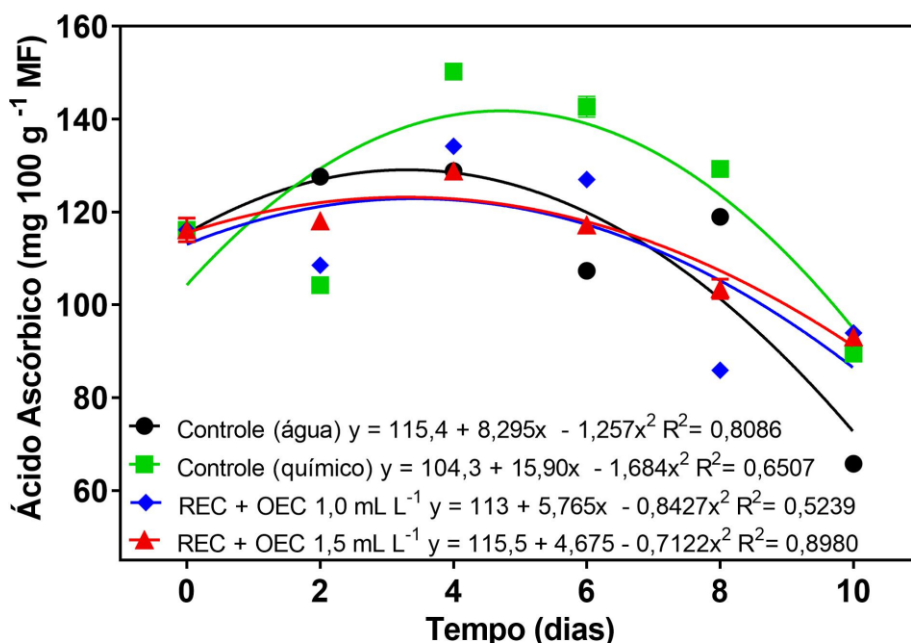


Figura 11. Evolução dos teores de ácido ascórbico de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$, armazenadas a $21 \pm 1^\circ \text{C}$ e $77 \pm 1\% \text{ UR}$. Químico = Magnate 500 EC a $0,5 \text{ g L}^{-1}$. MF = massa fresca

Para os frutos com REC + OEC, no 10º dia de armazenamento, em ambas as concentrações ($1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$) a média foi em torno de $93 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$, manutenção de mais de 80% do conteúdo de AA em relação ao primeiro dia de análise, enquanto o controle com água no mesmo período obteve $66 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$, apenas 57% do conteúdo de AA (Figura 11). Resultados semelhantes de AA foram encontrados em goiabas revestidas com fécula de mandioca, onde os frutos com revestimento apresentaram maiores teores de AA no período de armazenamento do que os teores dos frutos do controle (OLIVEIRA et al., 2017).

A elevação no teor de ácido ascórbico em goiabas ao longo do seu amadurecimento se deve ao incremento de metabólitos intermediários, precursores do AA, que desencadeiam o aumento do teor desse ácido nas fases iniciais pós-colheita com posterior redução na senescência (AZZOLINI et al., 2004; CERQUEIRA et al., 2009).

Ressalta-se então que a manutenção de teores de AA no fruto através da associação REC + OEC, com destaque para a concentração com $1,0 \text{ mL L}^{-1}$, favorece a qualidade nutricional da goiaba vermelha 'Pedro Sato' na pós-colheita.

A atividade antioxidante, determinada pelo método do sequestro do radical DPPH, apresentou tendência crescente ao longo do armazenamento, com diferença estatística ($P < 0,05$) entre as goiabas com e sem REC + OEC.

A partir do 6º dia, os frutos do controle com água apresentaram elevação considerável na sua atividade antioxidante (Figura 12).

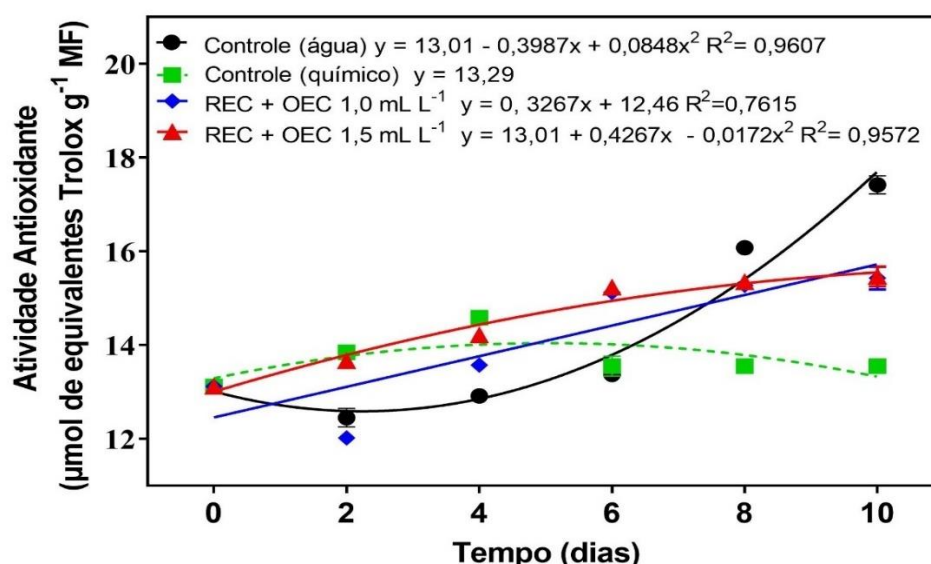


Figura 12. Evolução da atividade antioxidante expressa em μmol de Equivalentes Trolox/g de fruta fresca de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$, armazenadas a $21 \pm 1^\circ \text{C}$ e $77 \pm 1\% \text{ UR}$. Químico = Magnate 500 EC a $0,5 \text{ g L}^{-1}$. MF = massa fresca

Para o mesmo período, os frutos com REC + OEC apresentaram tendência de aumento da atividade antioxidante, no entanto com menores variações que o controle até o 10º dia, indicando atraso da maturação e sendo efetivos na manutenção da vida de prateleira do fruto. Esses resultados corroboram com os dados de coloração da casca e da polpa das goiabas (Figura 9) onde há manutenção dos valores de Hue dos tratamentos com recobrimento e conservação da cor verde da casca, como também pelos resultados do Croma e pela menor intensidade da cor vermelha nos frutos quando comparados aos dos controles.

Os recobrimentos associados ao óleo essencial de canela ($1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$) foram eficientes na manutenção dos compostos bioativos e na atividade antioxidante da goiaba cv. Pedro Sato até o último dia de avaliação,

possibilitando a proteção do tecido vegetal de espécies reativas de oxigênio (ERO's).

g) Conteúdo de H_2O_2 e enzimas antioxidantes

Nesta pesquisa, todos os tratamentos apresentaram tendência de decréscimo no conteúdo de H_2O_2 , chegando os controles a $2,23 \text{ mg H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ no 10º dia de armazenamento, não apresentando diferença entre si ($P > 0,05$) (Figura 13).

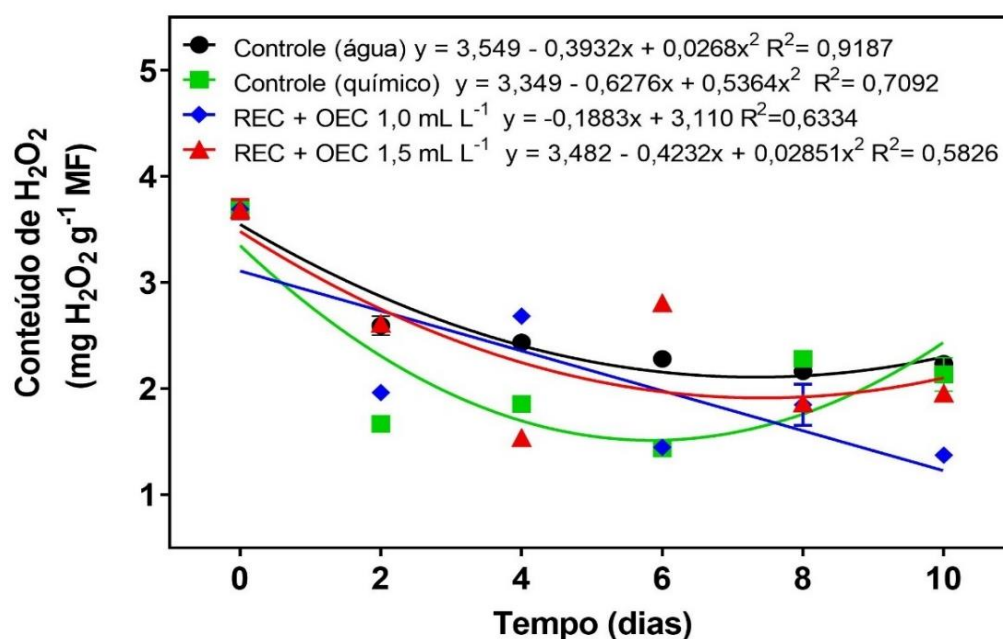


Figura 13. Evolução do conteúdo de H_2O_2 de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$, armazenadas a $21 \pm 1^\circ \text{C}$ e $77 \pm 1\% \text{ UR}$. Químico = Magnate 500 EC a $0,5 \text{ g L}^{-1}$. MF = massa fresca

As goiabas com recobrimento exibiram $1,95 \text{ mg H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ (OEC $1,5 \text{ mL L}^{-1}$) e $1,37 \text{ mg H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$ (OEC $1,0 \text{ mL L}^{-1}$) no mesmo período (Figura 13). Mesmo os valores de H_2O_2 não ultrapassando os obtidos no primeiro dia de avaliação, o que caracterizaria o estresse oxidativo dos frutos, nota-se que quanto maior o valor de ERO's produzido (observados nos controles), por conseguinte, mais o sistema de defesa do vegetal atuou para sua captura e neutralização.

O conteúdo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é uma resposta de defesa do vegetal a situações de estresses bióticos e abióticos, e quando presente em elevadas concentrações podem reagir com moléculas biológicas causando

danos irreversíveis às células vegetais tais como injúrias e disfunção celular (BARROS, 2017).

Em baixos níveis de ERO's, as células vegetais são rapidamente detoxificadas por esses processos que podem ser enzimáticos (superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalases, entre outras enzimas) e não enzimáticos (vitaminas, minerais, compostos fenólicos e carotenoides) (Davar et al., 2013). Esses processos ocorrem nos cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos (Dinakar et al., 2012) e o desequilíbrio entre a formação e a remoção de ERO's é o que define o estresse oxidativo (CARVALHO et al., 2016).

A superóxido dismutase (SOD) é a primeira enzima de reposta ao estresse oxidativo na célula vegetal e converte o radical superóxido (O_2^-) produzido a partir da transferência de elétrons para o oxigênio molecular (O_2) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (Dinakar et al., 2012; Germano, 2016). As ERO's formadas pela ação da SOD são decompostas pela Catalase (CAT) e pela Glutathione Redutase com produção de água e oxigênio (BARROS, 2017).

A atividade da SOD apresentou decréscimo a partir do 6º dia de armazenamento nos frutos dos controles com água e químico, chegando à redução de 61,04% e 56,02%, respectivamente, no último dia de armazenamento (Figura 14A).

O declínio na atividade da SOD permite que o fruto entre em senescência devido ao acúmulo do radical (O_2^-) (Mondal et al., 2009), o que corrobora com os obtidos nos compostos bioativos do fruto (clorofilas totais, carotenoides, ácido ascórbico) (Figuras 10 e 11), onde se observou a senescência das goiabas sem recobrimento no mesmo período.

Os resultados obtidos nesta pesquisa para goiabas 'Pedro Sato' mostram que os tratamentos com REC + OEC ofereceram maior proteção ao tecido do fruto, pois apresentaram valores da atividade da SOD mais elevados até o fim do período de armazenamento em ambas as concentrações do óleo essencial, indicando que os frutos recobertos mantiveram sua defesa antioxidante até o último dia de armazenamento, consequentemente, ocasionando menor acúmulo de ERO's.

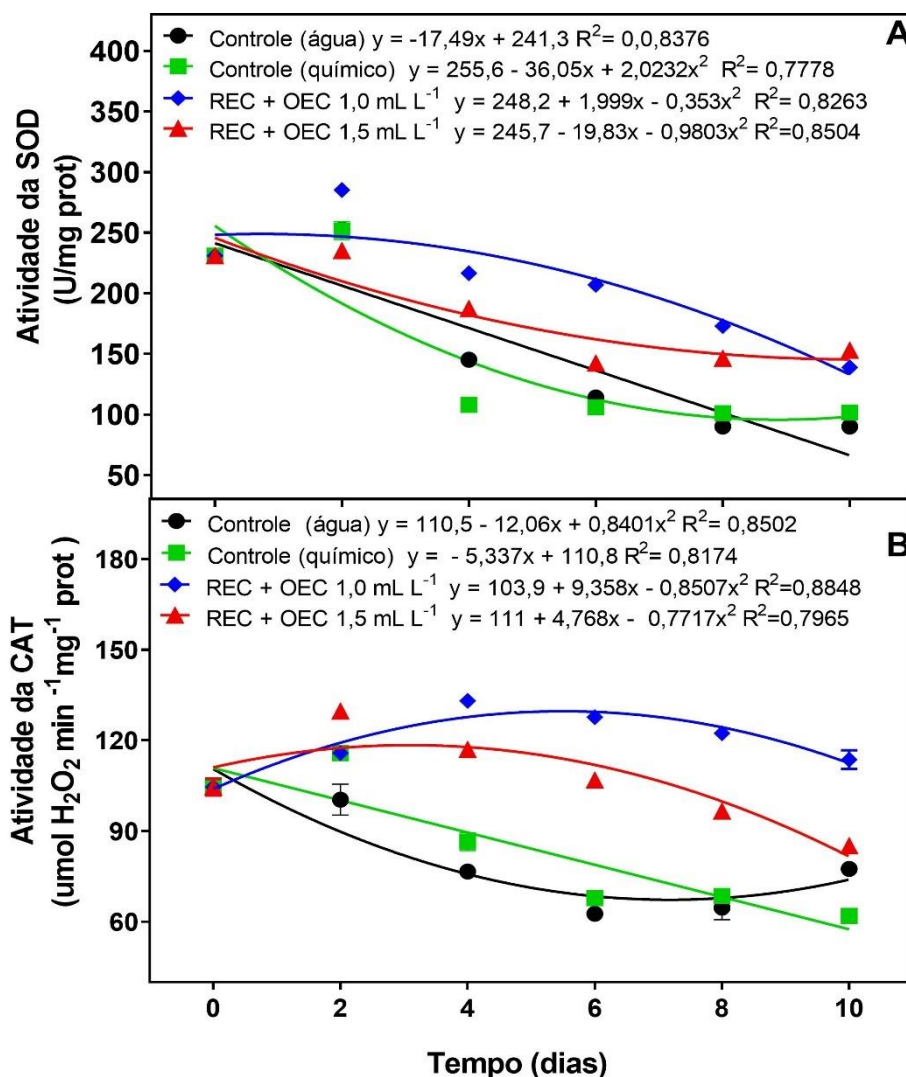


Figura 14. Evolução da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a 1,0 mL L⁻¹ e 1,5 mL L⁻¹, armazenadas a 21±1 °C e 77±1% UR. Químico = Magnate 500 EC a 0,5 g L⁻¹

A atividade da CAT apresentou decréscimos para os controles com água e químico com redução de 40% e 35%, respectivamente, em seus valores a partir do 6º dia de avaliação em relação ao 1º dia, enquanto no mesmo período as goiabas recobertas mantiveram atividade da CAT com valores crescentes (Figura 14B).

No último dia de avaliação, o tratamento REC + OEC 1,0 mL L⁻¹ apresentou a maior atividade da CAT, com crescimento de 8,69% em relação ao 1º dia de avaliação, inibindo a produção de O₂⁻ nos frutos tratados.

As enzimas antioxidantes CAT e SOD apresentaram valores maiores nos tratamentos com REC + OEC do que nos frutos dos controles, o que indica que o recobrimento comestível aplicado e a consequente modificação da sua atmosfera não causaram estresse oxidativo nas goiabas, sendo capazes de manter o balanço entre a geração e a eliminação de ERO's.

Segundo Germano (2016), maiores atividades das enzimas antioxidantes podem eliminar o O_2^- e H_2O_2 do tecido do fruto, o que é benéfico para adiar sua senescência, indicando que a aplicação do OEC induziu a atividade dessas enzimas relacionadas à defesa dos vegetais, corroborando com os estudos realizados por Marques (2015) em sua pesquisa com abacates.

A atividade POD teve aumento nos seus valores a partir do 6º dia de armazenamento para as goiabas dos controles químico e com água e, no fim do 10º dia de armazenamento, alcançaram valores 135% e 164%, respectivamente, maiores na atividade desta enzima (Figura 15A).

As POD são enzimas que têm a elevação da sua atividade associada a um marcador bioquímico de estresses resultantes de fatores bióticos e abióticos nos vegetais. Estas enzimas são encontradas na parede celular e nos vacúolos, utilizam o H_2O_2 como oxidante e compostos de natureza fenólica como doadores de elétrons e eliminam os ERO's formados pela ação da SOD (LOCATO et al., 2010).

Nos frutos com REC+ OEC $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ registrou-se decréscimo de 24% na atividade da POD ao final do armazenamento, indicando que esse tratamento foi eficiente no controle do amadurecimento das goiabas. Isto porque a maior atividade da enzima (frutos dos controles) é um indicativo de aceleração do amadurecimento e/ou senescência dos frutos, estando associados a deteriorações oxidativas que aumentam após a colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

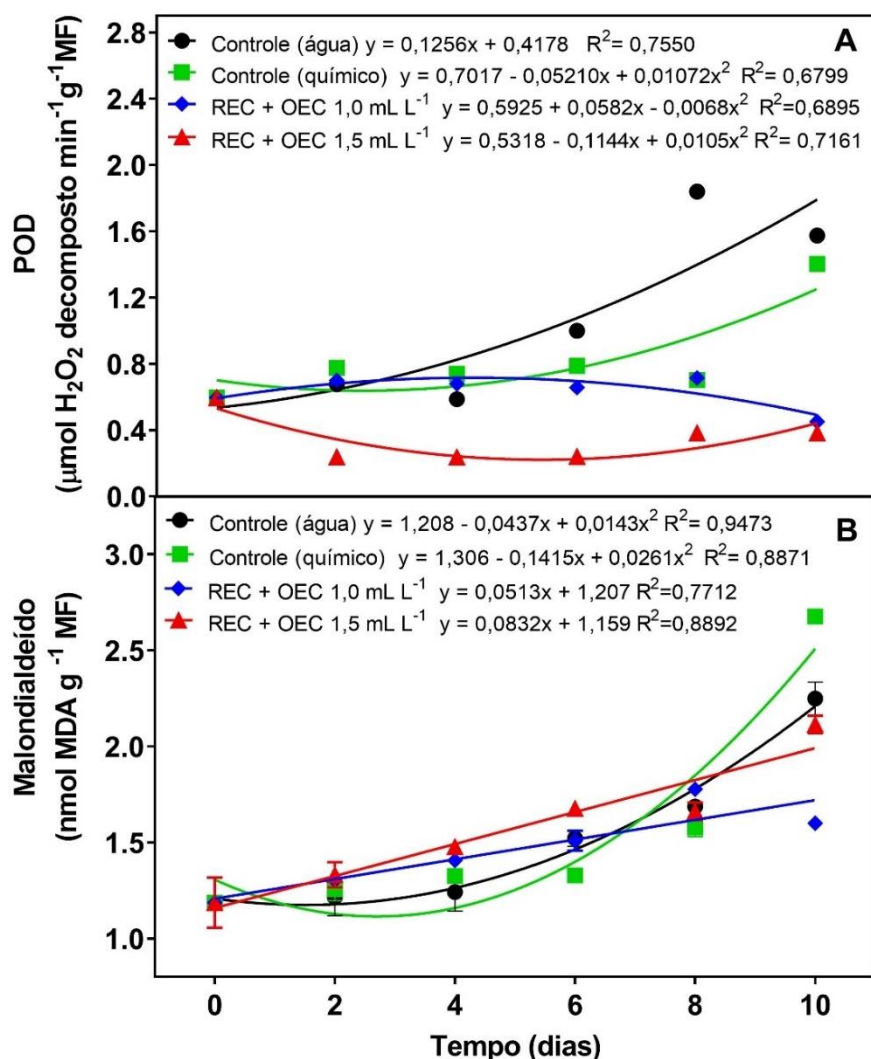


Figura 15. Evolução da enzima Peroxidase (POD) e do conteúdo de Malondialdeído de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas com recobrimento comestível (REC) associado a óleo essencial de canela (OEC) a $1,0 \text{ mL L}^{-1}$ e $1,5 \text{ mL L}^{-1}$, armazenadas a $21 \pm 1^\circ \text{C}$ e $77 \pm 1\% \text{ UR}$. Químico = Magnate 500 EC a $0,5 \text{ g L}^{-1}$. MF = massa fresca

A ação da POD pode ocasionar mudança na cor, variações de aroma, alterações no teor de vitaminas e até modificações na textura dos frutos (Zanatta et al., 2006). Isso foi comprovado em trabalhos realizados por Vishwasrao; Ananthanarayan (2016) em goiabas, e Sousa et al., 2021 em mangas, onde a elevação da atividade da POD foi associada ao amadurecimento do fruto. Em ambos os estudos se usou recobrimento à base de HPMC.

Na indústria de alimentos, o controle da atividade da POD é importante, uma vez que essas enzimas são responsáveis pelo escurecimento enzimático durante o processamento e armazenamento de frutos, gerando perdas econômicas (LUÍZ et al., 2007).

O malondialdeído (MDA) é um indicador da peroxidação lipídica, e alterações em seus teores indicam a aceleração do climatério e consequente avanço no estágio de maturação dos frutos, com a perda da integridade das suas membranas biológicas, podendo causar danos graves como a redução da fluidez e perda de seletividade (GERMANO, 2016).

O MDA apresentou elevação nos seus teores ao longo do armazenamento em todos os tratamentos, embora de forma mais acentuada nas goiabas dos controles, com destaque para o químico, que alcançou valores 125% maiores que os tratamentos no último dia de avaliação (Figura 15B).

Resultados semelhantes foram observados em goiabas 'Paluma' revestidas com galactomanana e cera de carnaúba (Germano, 2016) e em goiabas revestidas com quitosana (Hong et al., 2012). Ambos descrevem um menor valor no conteúdo de MDA para as goiabas revestidas do que em amostras não tratadas, apresentando menor índice de peroxidação de lipídeos, efeito que os autores atribuem à barreira semipermeável ao oxigênio criada pelos recobrimentos.

Os resultados da pesquisa sugerem que os REC associados a óleo essencial de canela contribuíram para a redução do estresse oxidativo, com resultados melhores para o tratamento com 1,0 mL L⁻¹, com teor de MDA 38% menor que o controle químico nesse mesmo período de avaliação.

Alimentos ricos em antioxidantes naturais têm despertado o interesse crescente da população, com destaque às frutas, pois são alimentos disponíveis nos mercados e feiras, além da facilidade no consumo. Dentre os quais, a goiaba vermelha, que é considerada nutracêutica, pois além da nutrição ao corpo sua ingestão está associada à redução da mortalidade e morbidade - causada por doenças crônicas - por apresentarem elevados teores de ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos (Freire et al., 2013), sendo um constante fornecimento importante para manutenção da saúde (HAIDA et al., 2015).

7. CONCLUSÃO

Nas avaliações *in vitro*, a concentração mínima para inibição de 100% do crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides* foi de 0,25 mL L⁻¹ para o óleo essencial de canela e 0,20 mL L⁻¹ para o óleo essencial de tomilho.

A inibição de 100% da germinação conidial foi obtida com a concentração mínima de 0,25 mL L⁻¹ e 0,05 mL L⁻¹ para óleos essenciais de canela e tomilho, respectivamente.

A incorporação dos óleos essenciais ao REC não reduziu significativamente a incidência dos sintomas da antracnose nos frutos inoculados dos tratamentos *in vivo*.

A severidade da antracnose apresentou redução de dez vezes pelo uso dos óleos essenciais de canela e tomilho quando comparado ao uso de fungicidas.

O REC + OEC nas concentrações de 1,0 e 1,5 mL L⁻¹ apresenta benefícios na conservação pós-colheita e na qualidade da goiaba vermelha 'Pedro Sato'.

Controla o amadurecimento; mantém a cor da casca e da polpa, assim como a firmeza, os sólidos solúveis, a acidez titulável, o ácido ascórbico e a atividade antioxidante.

Reduz o estresse oxidativo e a perda de massa nos frutos, possibilitando um ganho de pelo menos 4 dias na sua vida comercial.

8. RECOMENDAÇÃO DA AUTORA

O tratamento com REC + OEC 1,0 mL L⁻¹ é o mais indicado para possíveis aplicações comerciais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-ALLA, M. A.; HAGGAG, W. M. Use of some plant essential oils as post-harvest botanical fungicides in the management of anthracnose disease of Mango fruits (*Mangifera indica* L.) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz). **International Journal of Agriculture and Forestry**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 1–6, 2013. DOI: 10.5923/j.ijaf.20130301.01.

ABREU, José Renato De; SANTOS, Custódio Donizete Dos; ABREU, Celeste Maria Patto De; PINHEIRO, Ana Carla Marques; CORRÊA, Angelita Duarte. Ripening pattern of guava cv. Pedro Sato Padrão de amadurecimento de goiaba cv. Pedro Sato. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 344–350, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000052>.

AGRIANUAL (2019) Goiaba In: AGRIANUAL (24 ed.) Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, p. 285–288.

AGUIAR, G. P. et al. Antimicrobial activity of selected essential oils against cariogenic bacteria. **Natural Product Research**, [S. l.], v. 27, n. 18, p. 1668–1672, 2013. DOI: 10.1080/14786419.2012.751595.

ALENCAR, Renato Dantas; LEITE, Grazianny Andrade; MENDONÇA, Vander; DE LIMA, Franciezer Vicente; PEREIRA, Gustavo Alves; DE FARIAS, Wagner Cesar. Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita de goiaba “Paluma” no semiárido potiguar. **Comunicata Scientiae**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 139–148, 2016. DOI: 10.14295/CS.v7i1.1332.

ALI, Asgar; MUHAMMAD, Mahmud Tengku Muda; SIJAM, Kamaruzaman; SIDDIQUI, Yasmeen. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 124, n. 2, p. 620–626, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.085.

ANDRADE, W.P; VIEIRA, G. H. C. Efeito dos óleos essenciais sobre a antracnose. **Rev. Bras. Pl. Med.**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 367–372, 2016.

AQUINO, Alana Bezerra De; BLANK, Arie Fitzgerald; SANTANA, Luciana Cristina Lins De Aquino. Impact of edible chitosan-cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 171, p. 108–116, 2015. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.08.077.

ARANA-SÁNCHEZ, A.; ESTARRÓN-ESPINOSA, M.; OBLEDO-VÁZQUEZ, E. N.; PADILLA-CAMBEROS, E.; SILVA-VÁZQUEZ, R.; LUGO-CERVANTES, Eugenia. Antimicrobial and antioxidant activities of Mexican oregano essential oils (*Lippia graveolens* H. B. K.) with different composition when microencapsulated in β -cyclodextrin. **Letters in Applied Microbiology**, [S. l.], v. 50, n. 6, p. 585–590, 2010. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2010.02837.x.

ARREBOLA, Eva; SIVAKUMAR, Dharini; BACIGALUPO, Romina; KORSTEN, Lise. Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest diseases. **Crop Protection**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 369–377, 2010. DOI: 10.1016/j.cropro.2009.08.001.

ASSIS, Odilio Benedito Garrido; BRITTO, Douglas De. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 87–97, 2014. DOI: 10.1590/bjft.2014.019.

AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Angelo Pedro; BRON, Ilana Urbano; KLUGE, Ricardo Alfredo; SCHIAVINATO, Marlene Aparecida. Ripening of “Pedro Sato” guava: study on its climateric or non-climateric nature. **Brazilian Journal Plant Physiol.**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 299–306, 2005.

AZZOLINI, Marisa; JACOMINO, Angelo Pedro; SPOTO, Marta Helena Fillete. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas “Pedro Sato”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 29–31, 2004. DOI: 10.1590/s0100-29452004000100009.

BARRETO, Tainá A.; ANDRADE, Sonalle C. A.; MACIEL, Janeeyre F.; ARCANJO, Narciza M. O.; MADRUGA, Marta S.; MEIRELES, Bruno; CORDEIRO, Ângela M. T.; SOUZA, Evandro L.; MAGNANI, Marciane. A chitosan coating containing essential oil from *Origanum vulgare* L. to control postharvest mold infections and keep the quality of cherry tomato fruit. **Frontiers in Microbiology**, [S. l.], v. 7, n. NOV, 2016. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01724.

BARROS, Talita de Farias Sousa. QUALIDADE, POTENCIAL FUNCIONAL E PERFIL BIOQUÍMICO DE PORÇÕES DE INFRUTESCÊNCIAS DO ABACAXIZEIRO ‘PÉROLA’, ‘VITÓRIA’ E ‘IMPERIAL’. **Universidade Federal da Paraíba Areia, Centro de Ciências Agrárias**, [S. l.], p. 127, 2017.

BASSETTO, Eliane; JACOMINO, Angelo Pedro; PINHEIRO, Ana Luiza. Conservation of “Pedro Sato” guavas under treatment with 1-methylcyclopropene. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, [S. l.], v. 40, n. 5, p. 433–440, 2005. DOI: 10.1590/S0100-204X2005000500002.

BOTELHO, Lucimara Nazaré Silva; ROCHA, Denise Alvarenga; BRAGA, Mariana Aparecida; SILVA, Aline; DE ABREU, Celeste Maria Patto. Quality of guava cv. ‘Pedro Sato’ treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 209, p. 214–220, 2016. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.06.012.

BRACKMANN, Auri; ANESE, Rogério de Oliveira; BOTH, Vanderlei; THEWES, Fabio Rodrigo; FRONZA, Diniz. Atmosfera controlada para o armazenamento de goiaba cultivar “Paluma”. **Revista Ceres**, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 151–156, 2012. DOI: 10.1590/S0034-737X2012000200001.

BRADFORD, Marion M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. **Analytical Biochemistry**, [S. l.], v. 72, n. 5, p. 248–254, 1976. DOI: 10.1016/j.cj.2017.04.003.

BRAGA, Lícia Amazonas Calandrini; RODRIGUES, Moacir Jean; FILHO, Men de Sá Moreira de Souza; AZEREDO, Henriette Monteiro Cordeiro De; SILVA, Ebenézer de Oliveira; OLIVEIRA, Ana Vitória De; RIBEIRO, Hálisson Lucas. Uso de Revestimento de Polissacarídeos de Algas Marinhas e Cera de Carnaúba na Conservação Pós-colheita de Mangas. *In: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.*, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.

BURT, Sara. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022.

CAGRI, ARZU; USTUNOL, ZEYNEP; RYSER, ELLIOT T. Antimicrobial edible films and coatings. **Journal of Food Protection**, [S. l.], v. 67, n. 4, p. 833–848, 2004. DOI: 10.1201/9781315373713.

CARVALHO, Roberta Lopes; CABRAL, Marília Freitas; GERMANO, Thais Andrade; DE CARVALHO, Winne Moita; BRASIL, Isabella Montenegro; GALLÃO, Maria Izabel; MOURA, Carlos Farley Herbster; LOPES, Monica Maria Almeida; DE MIRANDA, Maria Raquel Alcântara. Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 113, p. 29–39, 2016. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.11.004.

CAVALINI, Flavia Cristina. Fisiologia do amadurecimento , senescência e comportamento respiratório de goiabas ‘ Kumagai ’ e ‘ Pedro Sato ’. **Universidade de São Paulo**, [S. l.], p. 90, 2008.

CERQUEIRA, Thales Sandoval. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz ” Recobrimentos comestíveis em goiabas cv . ‘ Kumagai ’ Thales Sandoval Cerqueira Piracicaba. [S. l.], p. 70, 2007.

CERQUEIRA, Thales Sandoval; JACOMINO, Angelo Pedro; SASAKI, Fabiana Fumi; ALLEONI, Ana Cláudia Carraro. Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. **Bragantia**, [S. l.], v. 70, n. 1, p. 216–221, 2011. DOI: 10.1590/S0006-87052011000100028.

CERQUEIRA, Thales Sandoval; JACOMINO, Angelo Pedro; SASAKI, Fabiana Fumi; AMORIM, Lilian. Controle do amadurecimento de goiabas “Kumagai” tratadas com 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 687–692, 2009. DOI: 10.1590/s0100-29452009000300010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras- UFLA, 2005. p.785.

CHOI, Woo Suk; SINGH, Suman; LEE, Youn Suk. Characterization of edible film containing essential oils in hydroxypropyl methylcellulose and its effect on quality attributes of “Formosa” plum (*Prunus salicina* L.). **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 70, p. 213–222, 2016. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.02.036.

CIA, P.; BRON, IU; VALENTINI, SR de Toledo; PIO, R. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita da amora-preta. **Bioscience**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 111–16, 2007.

CNA. Capítulo 10: Fruticultura. In: Balanço 2016. Perspectivas 2017. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. 203 p.

COELHO, Caroline Corrêa de Souza; FONSECA, Marcos José de Oliveira; SOARES, Antonio Gomes; CAMPOS, Rodrigo Da Silveira; FREITAS-SILVA, Otniel. Aplicação De Revestimento Filmogênico À Base De Amido De Mandioca E De Óleo De Cravo-Da-Índia Na Conservação Pós-Colheita De Goiaba ‘Pedro Sato’. **Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng**, [S. l.], v. 25, n. 6, p. 479–490, 2017. DOI: 10.13083/reveng.v25i6.723.

DAVAR, Robab; DARVISHZADEH, Reza; MAJD, Ahmad. Changes in antioxidant systems in sunflower partial resistant and susceptible lines as affected by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Biologia (Poland)**, [S. l.], v. 68, n. 5, p. 821–829, 2013. DOI: 10.2478/s11756-013-0235-x.

DERBALAH, Aly Soliman; DEWIR, Yaser Hassan; EL-SAYED, Abd El Naser Badawy. Antifungal activity of some plant extracts against sugar beet damping-off caused by *Sclerotium rolfsii*. **Annals of Microbiology**, [S. l.], v. 62, n. 3, p. 1021–1029, 2012. DOI: 10.1007/s13213-011-0342-2.

DINAKAR, Challabathula; DJILIANOV, Dimitar; BARTELS, Dorothea. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: Energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, [S. l.], v. 182, n. 1, p. 29–41, 2012. DOI: 10.1016/j.plantsci.2011.01.018.

DOS PASSOS BRAGA, Selma; LUNDGREN, Giovanna Alencar; MACEDO, Samara Alves; TAVARES, Josean Fechine; DOS SANTOS VIEIRA, Willie Anderson; CÂMARA, Marcos Paz Saraiva; DE SOUZA, Evandro Leite. Application of coatings formed by chitosan and Mentha essential oils to control anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. brevisporum* in papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 139, p. 631–639, 2019. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.010.

FAASEMA, J.; ALAKALI, J. S.; ABU, J. O. Effects of storage temperature on 1-methylcyclopropene-treated mango (*Mangifera indica*) fruit varieties. **Journal of Food Processing and Preservation**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 289–295, 2014. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2012.00775.x.

FAGUNDES, Cristiane; PALOU, Lluís; MONTEIRO, Alcilene R.; PÉREZ-GAGO, María B. Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, 2014. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.01.006.

FAGUNDES, Cristiane; PÉREZ-GAGO, María B.; MONTEIRO, Alcilene R.; PALOU, Lluís. Antifungal activity of food additives in vitro and as ingredients of hydroxypropyl methylcellulose-lipid edible coatings against *Botrytis cinerea* and *Alternaria alternata* on cherry tomato fruit. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 166, n. 3, p. 391–398, 2013. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.08.001.

FALGUERA, Víctor; QUINTERO, Juan Pablo; JIMÉNEZ, Alberto; MUÑOZ, José Aldemar; IBARZ, Albert. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science and Technology**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 292–303, 2011. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.02.004.

FAO. Major Tropical Fruits. [S. l.], p. 24, 2020. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/CA2895EN.pdf.

FDA- Food and Drug Administration. Generally recognized as safe (GRAS). **Silver Spring**. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>. Acesso em: 5 dezembro de 2020.

FERREIRA, M. D., SPRICIGO, P. C. Colorimetria – princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M.D. Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2017. Cap. 1, p. 209-220.

FISCHER, Ivan Herman; DE ARRUDA PALHARINI, Maria Cecília; DOS SANTOS, Ana Paula; JÚNIOR, Antônio Fernandes Nogueira; PARISI, Marise Cagnin Martins. Incidência de pinta preta e características físico-químicas de goiabas submetidas a tratamentos pós-colheita. **Comunicata Scientiae**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 383–393, 2016. DOI: 10.14295/CS.v7i3.1178.

FONSECA, Marcos José de Oliveira; SOARES, Antonio Gomes Soares; BARBOZA, Henriqueta Talita Guimarães Barboza; CARVALHO, Marcela Aline Guimarães; NEVES JÚNIOR, Augusto César Vieira. USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL DA GOIABA 'PEDRO SATO'. **Engenharia na agricultura**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 101–110, 2016.

FORATO, Lucimara A.; DE BRITTO, Douglas; DE RIZZO, Jackeline S.; GASTALDI, Taís A.; ASSIS, Odílio B. G. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. **Food Packaging and Shelf Life**, [S. l.], v. 5, p. 68–74, 2015. DOI: 10.1016/j.fpsl.2015.06.001.

FORMIGA, Anderson S.; PINSETTA, José S.; PEREIRA, Emmanuel M.; CORDEIRO, Isabela N. F.; MATTIUZ, Ben Hur. Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava 'Pedro Sato'. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 290, n. December 2018, p. 144–151, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.03.142.

FRÁGUAS, Rodrigo Martins. TRATAMENTO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS PEDRO SATO COM QUITOSANAS. **Universidade Federal de Lavras**, [S. l.], v. 1, p. 88, 2016.

FRANCISCO, Camila Botin; PELLÁ, Michelly G.; SILVA, Otavio Augusto; RAIMUNDO, Keila Fernanda; CAETANO, Josiane; LINDE, Giani Andrea; COLAUTO, Nelson B.; DRAGUNSKI, Douglas C. Shelf-life of guavas coated with biodegradable starch and cellulose-based films. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 152, p. 272–279, 2020. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.02.249.

FREIRE, Juliana Mesquita; DE ABREU, Celeste Maria Patto; ROCHA, Denise Alvarenga; CORRÊA, Angelita Duarte; MARQUES, Natália Rodrigues. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciencia Rural**, [S. l.], v. 43, n. 12, p. 2291–2296, 2013. DOI: 10.1590/S0103-84782013005000132.

GALLIE, Daniel R. I-Ascorbic Acid: A Multifunctional Molecule Supporting Plant Growth and Development. **Scientifica**, [S. l.], v. 2013, p. 24, 2013.

GERMANO, Thais Andrade. EFEITOS DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL À BASE DE GALACTOMANANA E CERA DE CARNAÚBA NA QUALIDADE E METABOLISMO ANTIOXIDANTE DE GOIABAS. **Programa de Pós-Graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Ceará**, [S. l.], v. 1, p. 1–85, 2016.

GILL, K. S.; DHALIWAL, H. S.; MAHAJAN, B. V. C.; PALIYATH, G.; BOORA, R. S. Enhancing postharvest shelf life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda by pre-harvest application of hexanal containing aqueous formulation. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 112, p. 224–232, 2015. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.09.010.

GOMES, Rommel dos Santos Siqueira; DEMARTELAERE, Andréa Celina Ferreira; DO NASCIMENTO, Luciana Cordeiro; MACIEL, Wendel Oliveira; WANDERLEY, Danilo Bruno Néri da Silva. Bioatividade de indutores de resistência no manejo da antracnose da goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Summa Phytopathologica**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 149–154, 2016. DOI: 10.1590/0100-5405/2103.

GRATÃO, Priscila L.; MONTEIRO, Carolina C.; CARVALHO, Rogério F.; TEZOTTO, Tiago; PIOTTO, Fernando A.; PERES, Lázaro E. P.; AZEVEDO, Ricardo A. Biochemical dissection of diageotropica and Never ripe tomato mutants to Cd-stressful conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, [S. l.], v. 56, p. 79–96, 2012. DOI: 10.1016/j.plaphy.2012.04.009.

GRIGIO, Maria Luiza; NEVES, Leandro Camargo; TOSIN, Jéssica Milanez; NASCIMENTO, Cássia Rejane; CHAGAS, Edvan Alves; VIEITES, Rogério Lopes. Efeito da modificação atmosférica em goiabas var. Paluma na redução de danos mecânicos em pós-colheita. **Revista Agro@mbiente On-line**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 57–65, 2011.

GUENTHER, Ernest. The Essential Oils. 1. ed. New York., 2007. p. 452.

GUERRA, Ingrid Conceição Dantas; DE OLIVEIRA, Priscila Dinah Lima; DE SOUZA PONTES, Aline Lima; LÚCIO, Ana Sílvia Suassuna Carneiro; TAVARES, Josean Fechine; BARBOSA-FILHO, José Maria; MADRUGA, Marta Suely; DE SOUZA, Evandro Leite. Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 214, p. 168–178, 2015. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.08.009.

GUIMARÃES, João Emmanuel Ribeiro. PRODUTOS NATURAIS NO CONTROLE DA ANTRACNOSE E NA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DE MANGAS ‘ PALMER ’ PRODUTOS NATURAIS NO CONTROLE DA ANTRACNOSE E NA QUALIDADE PÓS- COLHEITA DE MANGAS ‘ PALMER ’ João Emmanuel Ribeiro Guimarães. [S. l.], 2016.

HAIDA, Kimiyo S.; HAAS, Jucelaine; MELLO, Sonia A. De; HAIDA, Karissa S.; ABRÃO, Ricardo Marcelo; SAHD, Raphael. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Guava (*Psidium guajava* L.) Fresh and Frozen . **Revista Fitos**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 37–44, 2015. DOI: 10.5935/2446-4775.20150004.

HEATH, Robert L.; PACKER, Lester. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [S. l.], v. 125, n. 1, p. 189–198, 1968. DOI: 10.1016/0003-9861(68)90654-1.

HONG, Keqian; XIE, Jianghui; ZHANG, Lubin; SUN, Dequan; GONG, Deqiang. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 144, p. 172–178, 2012. DOI: 10.1016/j.scienta.2012.07.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.002>.

HU, Meijiao; YANG, Dongping; HUBER, Donald J.; JIANG, Yueming; LI, Min; GAO, Zhaoyin; ZHANG, Zhengke. Reduction of postharvest anthracnose and enhancement of disease resistance in ripening mango fruit by nitric oxide treatment. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 97, p. 115–122, 2014. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.06.013.

IDRIS, Fekiya Mohammed; IBRAHIM, Ali Mohammed; FORSIDO, Sirawdink Fikreyesus. Essential Oils to Control Colletotrichum musae in vitro and in vivo on Banana Fruits. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 291–302, 2015. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2015.15.3.12551. Disponível em: [http://www.idosi.org/aejaes/jaes15\(3\)15/2.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes15(3)15/2.pdf).

IEA. Instituto de economia agrícola. Governo do estado de São Paulo, 2019. **Estatísticas da Produção Paulista**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1.

IEA. Instituto de economia agrícola. Governo do estado de São Paulo, 2021. **Estatísticas da Produção Paulista**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1.

IMAHORI, Yoshihiro; YAMAMOTO, Kohei; TANAKA, Hiroshi; BAI, Jinhe. Residual effects of low oxygen storage of mature green fruit on ripening processes and ester biosynthesis during ripening in bananas. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 77, p. 19–27, 2013. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.11.004.

JACOMINO, Angelo Pedro; MARTÍNEZ OJEDA, Ramón; KLUGE, Ricardo Alfredo; SCARPARE FILHO, João Alexio. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 401–405, 2003. DOI: 10.1590/s0100-29452003000300010.

KANERIA, Mital; CHANDA, Sumitra. Phytochemical and pharmacognostic evaluation of leaves of Psidium guajava L. (Myrtaceae). **Pharmacognosy Journal**, [S. l.], v. 3, n. 23, p. 41–45, 2011. DOI: 10.5530/pj.2011.23.6.

KAR, Manoranjan; MISHRA, Dinabandhu. Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase Activities during Rice Leaf Senescence. **Plant Physiology**, [S. l.], v. 57, n. 2, p. 315–319, 1976. DOI: 10.1104/pp.57.2.315.

KIST, Benno Bernardo; ET., Al. Anuário da Fruticultura Brasileira. [s.l.: s.n.]. Disponível em: http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wpcontent/uploads/2018/04/FRUTICULTURA_2018_dupla.pdf.

KOUASSI, Kouadio Hugues Sosthène; BAJJI, Mohammed; JIJAKLI, Haïssam. The control of postharvest blue and green molds of citrus in relation with essential oil-wax formulations, adherence and viscosity. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 73, p. 122–128, 2012. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.06.008.

KRISHNA, K. Rama; RAO, D. V. Sudhakar. Rama Krishna K, Sudhakar Rao DV. Effect of chitosan coating on the physiochemical characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) fruits during storage at room temperature. **Indian Journal of Science and Technology**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 554–558, 2014.

LEE, Jae Yeol; GARCIA, Coralía V.; SHIN, Gye Hwa; KIM, Jun Tae. Antibacterial and antioxidant properties of hydroxypropyl methylcellulose-based active composite films incorporating oregano essential oil nanoemulsions. **LWT- Food Science and Technology**, [S. l.], v. 106, p. 164–171, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.02.061.

LI, Shuzhi; ZHOU, Jingyang; WANG, Yanan; TENG, Anguo; ZHANG, Kai; WU, Zinan; CHENG, Shan; WANG, Wenhong. Physicochemical and Antimicrobial Properties of Hydroxypropyl Methylcellulose-Cinnamon Essential Oil Emulsion: Effects of Micro-and Nanodroplets. **International Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 15, n. 9, 2019. DOI: 10.1515/ijfe-2018-0416.

LICHTENTHALER, Hartmut K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. **Methods in Enzymology**, [S. l.], v. 148, n. C, p. 350–382, 1987. DOI: 10.1016/0076-6879(87)48036-1.

LUÍZ, Rúbia Caroline; HIRATA, Talita Akemi Medeiros; CLEMENTE, Edmar. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1766–1773, 2007. DOI: 10.1590/s1413-70542007000600025.

LIU, Te Chun; LIU, Yu Chang; CHEN, Kuo En; CHAO, Chen Wei; WU, Chun Ta. The nonclimacteric guava cultivar “Jen-Ju Bar” is defective in system 2 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase activity. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 67, p. 10–18, 2012. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.01.007.

LIMA OLIVEIRA, Priscila Dinah; OLIVEIRA, Kataryne Árabe Rimá; VIEIRA, Willie Anderson dos Santos; CÂMARA, Marcos Paz Saraiva; SOUZA, Evandro Leite de. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], 266, p. 87–94. (2018) DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.018

LUVIELMO, Márcia; LAMAS, Susana. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 8–15, 2012. DOI: 10.4013/ete.2012.81.02.

MACHADO, Roberta Manhães Alves; DIAS, Vicente Mussi; SOUZA, Claudio Luiz Melo De; SILVA, Luciana Belarmino Da; FREIRE, Maria das Graças Machado. AVALIAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE O CRESCIMENTO IN VITRO DO FUNGO *Colletotrichum gloeosporioides*. **Biológicas & Saúde**, [S. l.], v. 3, n. 8, p. 64–75, 2013. DOI: 10.25242/8868382013147.

MAQBOOL, Mehdi; ALI, Asgar; ALDERSON, Peter G. Effect of cinnamon oil on incidence of anthracnose disease and postharvest quality of bananas during storage. **International Journal of Agriculture and Biology**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 516–520, 2010.

MAQBOOL, Mehdi; ALI, Asgar; ALDERSON, Peter G.; MOHAMED, Mahmud Tengku Muda; SIDDIQUI, Yasmeen; ZAHID, Noosheen. Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 62, n. 1, p. 71–76, 2011. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.04.002.

MARJANLU, A. A.; MOSTOFI, Y.; SHOEIBI, Sh; MAGHOUMI, M. Effect of Basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on gray mold control and postharvest quality of strawberry (cv. Selva). **Journal of Medicinal Plants**, [S. l.], v. 8, n. 29, p. 1511–1518, 2009.

MARQUES, Kelly. QUITOSANA E ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE ANTRACNOSE E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE ABACATES. 2015. [S. l.], 2015.

MATTIUZ, Ben-Hur; DURIGAN, José Fernando. Efeito De Injúrias Mecânicas No Processo Respiratório E Nos Parâmetros Químicos De Goiabas “Paluma” E “Pedro Sato”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 282–287, 2001. DOI: 10.1590/s0100-29452001000200016.

MERCIER, J.; BAKA, M.; REDDY, B.; CORCUFF, R.; ARUL, J. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: Induced resistance and germicidal effects. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, [S. l.], v. 126, n. 1, p. 128–133, 2001. DOI: 10.21273/jashs.126.1.128.

MINOLTA, K. Precise color communication: color control from perception to instrumentation. Tokyo: Konica Minolta Sensing, 2007.

MOGHIMI, Roya; ALIAHMADI, Atousa; RAFATI, Hasan. Antibacterial hydroxypropyl methyl cellulose edible films containing nanoemulsions of *Thymus daenensis* essential oil for food packaging. **Carbohydrate Polymers**, [S. l.], v. 175, p. 241–248, 2017. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.07.086.

MONDAL, Koushik; MALHOTRA, Sarla P.; JAIN, Veena; SINGH, Randhir. Oxidative stress and antioxidant systems in Guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 327–334, 2009. DOI: 10.1007/s12298-009-0037-3.

NAVARRO-TARAZAGA, María Llanos; MASSA, Alberto; PÉREZ-GAGO, María Bernardita. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). **LWT - Food Science and Technology**, [S. l.], v. 44, n. 10, p. 2328–2334, 2011. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.03.011.

NEVES, L.C. (Org.). Manual Pós-Colheita da fruticultura brasileira. Londrina: EDUEL, 2009. 494 p.

NORDEY, Thibault; DAVRIEUX, Fabrice; LÉCHAUDÉL, Mathieu. Predictions of fruit shelf life and quality after ripening: Are quality traits measured at harvest reliable indicators? **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 153, n. February, p. 52–60, 2019. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2019.03.011.

NOZAKI, Marcia; DETONI, Alessandra Maria; DONADEL, Fernando. In natura In natura. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 63–69, 2014. DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2015.15.3.12551.

NUNES, Ana Cláudia D.; NETO, Acácio Figueiredo; NASCIMENTO, Ismara K. S.; OLIVEIRA, Flávio J. V. De; MESQUITA, Roberta Verônica Carvalho. Armazenamento de mamão ‘formosa’ revestido à base de fécula de mandioca TT - Stored papaya ‘formosa’ coated with cassava starch base. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 40, n. 1, p. 254–263, 2017.

OLIVEIRA, Erivanda Silva De; VIANA, Francisco Marto Pinto; MARTINS, Marlon Vagner Valentim. Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da Banana. **Summa Phytopathologica**, [S. l.], v. 42, n. 4, p. 340–350, 2016. DOI: 10.1590/0100-5405/2000.

OLIVEIRA, Luana Muniz De; RODRIGUES, Marília Hortência Batista Silva; BOMFIM, Marinês Pereira; SOUSA, Valéria Fernandes de Oliveira; TRIGUEIRO, Rodolfo Wagner de Paiva; MELO, Edinete Nunes De. Uso de coberturas comestíveis a base de fécula de mandioca associado à refrigeração na qualidade pós-colheita de goiaba paluma. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 540, 2017. DOI: 10.18378/rvads.v12i3.4849.

OLIVEIRA, Priscila Dinah Lima; DE OLIVEIRA, Kataryne Árabe Rimá; VIEIRA, Willie Anderson dos Santos; CÂMARA, Marcos Paz Saraiva; DE SOUZA, Evandro Leite. Control of anthracnose caused by Colletotrichum species in guava, mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and Cymbopogon citratus (D.C. ex Nees) Stapf. essential oil. **International Journal of Food Microbiology**, [S. l.], v. 266, n. November 2017, p. 87–94, 2018. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.018.

ONIAS, Elny A.; TEODOSIO, Albert E. M. M.; BOMFIM, Marinês P.; ROCHA, Railene H. C.; LIMA, José F. De; MEDEIROS, Maria L. S. De. Revestimento biodegradável à base de Spirulina platensis na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 41, n. 3, p. 849–860, 2018. DOI: 10.19084/rca17201.

OSHIRO, Ayd; DRESCH, Daiane; SCALON, Silvana. Preservação de goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas sob atmosfera modificada em refrigeração. **Revista de Ciências Agrárias**, [S. l.], n. October, 2012.

OSORIO, Fernando A.; MOLINA, Paulina; MATIACEVICH, Silvia; ENRIONE, Javier; SKURTYS, Olivier. Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings. **Procedia Food Science**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 287–293, 2011. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.045.

PALHARINI, Maria Cecília de Aruda; FISCHER, Ivan Herman; ALVES, Aghata Regina de Oliveira Ferreira; FILETI, Mirian de Souza; NOGUEIRA JÚNIOR, Antônio Fernandes. Qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’ em função de tratamentos alternativos em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 129–140, 2016. DOI: 10.1590/0100-2945-248/14.

PEDROTTI, Carine; SILVA RIBEIRO, Rute Terezinha Da; SCHWAMBACH, Joséli. Control of postharvest fungal rots in grapes through the use of *Baccharis trimera* and *Baccharis dracunculifolia* essential oils. **Crop Protection**, [S. l.], v. 125, n. August, p. 1–7, 2019. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.104912.

PEREIRA, Márcio Eduardo Canto; SILVA, Aurivan Santana Da; BISPO, Aline Simões da Rocha; SANTOS, Djalma Barbosa Dos; SANTOS, Silvia Barbosa Dos; SANTOS, Vânia Jesus Dos. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciênc. agrotec.**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 1116–1119, 2006. DOI: 10.1080/00369229508732825.

PEREZ-GAGO, M. B.; ROJAS, C.; RIO, M. A. DEL. Effect of lipid type and amount of edible hydroxypropyl methylcellulose-lipid composite coatings used to protect postharvest quality of mandarins cv. Fortune.pdf. **Journal of Food Science**, [S. l.], v. 67, n. 8, p. 2903–2910, 2002.

PÉREZ-GAGO, Miría B.; KROCHTA, John M. Emulsion and bi-layer edible films. In: **Innovations in Food Packaging**. [s.l.: s.n.]. p. 384–402. DOI: 10.1016/B978-012311632-1/50054-1.

PINTO, Patrícia Maria; JACOMINO, Angelo Pedro; CAVALINI, Flavia Cristina; CUNHA, Luis Carlos; INOUE, Keila Naomi. Estádios de maturação de goiabas “Kumagai” e “Pedro sato” para o processamento mínimo. **Ciencia Rural**, [S. l.], v. 40, n. 1, 2010. DOI: 10.1590/s0103-84782009005000244.

PICCININ, E.; PASCHOLATI, S.F.; DI PIERO, R.M. Doenças da Goiabeira (*Pisidium guajava* L.). In: Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamim Filho, A.; Camargo, L.E.A. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, v. 2, p. 401-405, 2005.

REIS, Kelen Cristina Dos; AZEVEDO, Ligia Ferreira De; SIQUEIRA, Heloisa Helena De; FERRUA, Fabiana Queiroz. Avaliação físico-química de goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 781–785, 2007. DOI: 10.1590/s1413-70542007000300026.

RODRIGUES, Delane C.; CACERES, Carlos Alberto; RIBEIRO, Hálisson L.; DE ABREU, Rosa F. A.; CUNHA, Arcelina P.; AZEREDO, Henriette M. C. Influence of cassava starch and carnauba wax on physical properties of cashew tree gum-based films. **Food Hydrocolloids**, [S. l.], v. 38, p. 147–151, 2014. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2013.12.010.

ROZWALKA, Luciane Cristina; ZAKSEVSKAS DA COSTA LIMA, Maria Lúcia Rosa; DE MIO, Louise Larissa May; NAKASHIMA, Tomoe. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciencia Rural**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 301–307, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008000200001.

RUSSO, Mariateresa; GALLETTI, Guido C.; BOCCHINI, Paola; CARNACINI, Alberta. Essential Oil Chemical Composition of Wild Populations of Italian Oregano Spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart): A Preliminary Evaluation of Their Use in Chemotaxonomy by Cluster Analysis. 1. Inflorescences. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 46, n. 9, p. 3741–3746, 1998. DOI: 10.1021/jf980087w.

RYAN, John J.; DUPONT, Jo Anne. Identification and Analysis of the Major Acids from Fruit Juices and Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 45–49, 1973. DOI: 10.1021/jf60185a018.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, Laura; CHIRALT, Amparo; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, Chelo; CHÁFER, Maite. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropylmethylcellulose and chitosan. **Journal of Food Engineering**, [S. l.], v. 105, n. 2, p. 246–253, 2011. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.02.028.

SANTANA, Diederson Bortolini. RESPIRAÇÃO MITOCONDRIAL E MUDANÇAS FÍSICAS E QUÍMICAS NA PÓS-COLHEITA DE GOIABAS ' PALUMA ' E ' CORTIBEL '. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, [S. l.], p. 99, 2015.

SANTOS, Erica Heloise Freitas; NETO, Acácio Figueiredo; DONZELI, Vanessa Polon. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal of Food Technology**, [S. l.], v. 19, 2016. DOI: 10.1590/1981-6723.8915.

SANTOS, Nereide Serafim dos Timóteo; ATHAYDE AGUIAR, Ana Júlia Alves; DE OLIVEIRA, Carlos Eduardo Vasconcelos; VERÍSSIMO DE SALES, Camila; DE MELO E SILVA, Silvanda; SOUSA DA SILVA, Rosana; STAMFORD, Thayza Christina Montenegro; DE SOUZA, Evandro Leite. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.). **Food Microbiology**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 345–353, 2012. DOI: 10.1016/j.fm.2012.07.014.

SANTOS, Talita M.; SOUZA FILHO, Men de Sá M.; SILVA, Ebenézer de O.; SILVEIRA, Márcia R. S. d.; MIRANDA, Maria Raquel A. d.; LOPES, Mônica M. A.; AZEREDO, Henriette M. C. Enhancing storage stability of guava with tannic acid-crosslinked zein coatings. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 257, p. 252–258, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.021.

SELLAMUTHU, Periyar Selvam; SIVAKUMAR, Dharini; SOUNDY, Puffy; KORSTEN, Lise. Essential oil vapours suppress the development of anthracnose and enhance defence related and antioxidant enzyme activities in avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 81, p. 66–72, 2013. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.02.007.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. Biochemistry of fruit ripening. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

SHAO, S.; ZHOU, T.; TSAO, R. **Antimicrobials from Plants - Food Preservation and Shelf-Life Extension**. Second Edi ed. [s.l.] : Elsevier B.V., 2011. v. 4 DOI: 10.1016/B978-0-08-088504-9.00321-4.

SHARMA, Neeta; TRIPATHI, Abhishek. Fungitoxicity of the essential oil of Citrus sinensis on post-harvest pathogens. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [S. l.], v. 22, n. 6, p. 587–593, 2006. DOI: 10.1007/s11274-005-9075-3.

SINGH, S. P.; PAL, R. K. Controlled atmosphere storage of guava (Psidium guajava L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 296–306, 2008. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.08.009.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O. et al. (orgs.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. PortoAlegre/Florianópolis: Ed. Universidade/UFRGS/Ed. Da UFSC. p. 387-415, 1999.

SIQUEIRA, Ana Maria de Abreu; SANTOS, Sandra Maria Lopes Dos; LIMA, Beatriz de Sousa e; AFONSO, Marcos Rodrigues Amorim; COSTA, José Maria Correia Da. Vida útil pós-colheita de goiaba cv. “Paluma” submetida ao resfriamento rápido por ar forçado. **Revista Ciência Agronômica**, [S. l.], v. 45, n. 1, p. 45–51, 2014. DOI: 10.1590/s1806-66902014000100006.

SIQUEIRA JÚNIOR, César Luis; FREIRE, Maria das Graças Machado; MOREIRA, Antônio Sérgio Nascimento; MACEDO, Maria Ligia Rodrigues. Control of papaya fruits anthracnose by essential oil of ricinus communis. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 75–80, 2012. DOI: 10.1590/S1516-89132012000100009.

SOARES, Ana R.; LOURENÇO, Silvia A.; AMORIM, Lilian. Infection of guava by Colletotrichum gloeosporioides and Colletotrichum acutatum under different temperatures and wetting periods. **Tropical Plant Pathology**, [S. l.], v. 33, n. 4, p. 265–272, 2008. DOI: 10.1590/S1982-56762008000400002.

SOTHORNVIT, Rungsinee. Effect of hydroxypropyl methylcellulose and lipid on mechanical properties and water vapor permeability of coated paper. **Food Research International**, [S. l.], v. 42, n. 2, p. 307–311, 2009. DOI: 10.1016/j.foodres.2008.12.003.

SOUSA, Fagner F.; PINSETTA JUNIOR, José S.; OLIVEIRA, Karollayne T. E. F.; RODRIGUES, Ellen C. N.; ANDRADE, Josiele P.; MATTIUZ, Ben Hur. Conservation of ‘Palmer’ mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 346, n. September 2020, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128925.

STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. (ed.). Manejo ecológico de doenças de plantas. Florianópolis : UFSC, Centro de Ciencias Agrarias, 2004. 294p.

STEFANAKIS, Michalis K.; TOULOUPAKIS, Eleftherios; ANASTASOPOULOS, Elias; GHANOTAKIS, Dimitrios; KATERINOPOULOS, Haralambos E.; MAKRIDIS, Pavlos. Antibacterial activity of essential oils from plants of the genus *Origanum*. **Food Control**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 539–546, 2013. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.05.024.

SUSSEL, Angelo Aparecido Barbosa. **Manejo de Doenças Fúngicas em Goiaba e Maracujá**. [s.l.: s.n.]. v. 1º edição Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br>.

TEIXEIRA, Gustavo H. A.; CUNHA JÚNIOR, Luis Carlos; FERRAUDO, Antonio S.; DURIGAN, José F. Quality of guava (*Psidium guajava* L. cv. Pedro Sato) fruit stored in low-O₂ controlled atmospheres is negatively affected by increasing levels of CO₂. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 111, p. 62–68, 2016. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2015.07.022.

TRAN, Dinh T.; VERLINDEN, Bert E.; HERTOOG, Maarten; NICOLAÏ, Bart M. Monitoring of extremely low oxygen control atmosphere storage of “Greenstar” apples using chlorophyll fluorescence. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 184, p. 18–22, 2015. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.11.014.

TURHAN, K. N. Is edible coating an alternative to MAP for fresh and minimally processed fruits? **Acta Horticulturae**, [S. l.], v. 876, n. October 2010, p. 299–306, 2010. DOI: 10.17660/actahortic.2010.876.40.

TRINDADE, D. C. G. da; LIMA, M. A. C. de; SILVA, A. L. da; ASSIS, J. S. de; SÁ, N. M. de S.; COSTA, R. de S.; SANTOS, P. de S. Armazenamento refrigerado de goiaba Paluma submetida a atmosfera modificada e aplicação pós-colheita de 1-MCP. In: CONGRESSO BRASILEIRO E FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBF: Governo do Estado: Epagri, 2004.

VAN DE BRAAK, S.A.A.J.; LEIJTEN, G.C.J.J. Essential Oils and Oleoresins: A Survey in the Netherlands and other Major Markets in the European Union. **CBI, Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries**. Rotterdam. 1999. p. 116.

VASCONCELOS, Antônia Maiami de Melo; SILVA, Mônica Ferreira Da; JALES, Katiane Arrais; BARCELOS, Samuel Carneiro De; AGUIAR, Alan Lopes De; FILHO, Francisco Pinto. Estudo pós-colheita de goiabas 'paluma' (*Psidium guajava* L.) revestidas com películas biodegradáveis com e sem associação de óleo essencial. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. 1–25, 2020.

VENCESLAU, Wélida Cristina Dantas. MATURAÇÃO, CONSERVAÇÃO E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM GOIABAS 'PALUMA'. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013. Pombal. 151 fls.

VILA, Mariana Texeira Rodrigues; LIMA, Luiz Carlos de Oliveira; VILAS BOAS, Eduardo Valério de Barros; DOLL HOJO, Ellen Toews; RODRIGUES, Luiz José; PAULA, Nélio Ranieli Ferreira De. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 31, n. 5, p. 1435–1442, 2007. DOI: 10.1590/s1413-70542007000500025.

VILLADIEGO, Durango; MANUELA, Alba; SOARES, Ferreira; FÁTIMA, Nilda De; ANDRADE, De; JOSÉ, Nélio; MINIM, Rodrigues; PAULA, Valéria. Filmes E Revestimentos Comestíveis Na Conservação De Produtos Alimentícios. **Revista Ceres**, [S. l.], v. 52, n. 300, 2005.

VISHWASRAO, Chandrahas; ANANTHANARAYAN, Laxmi. Postharvest shelf-life extension of pink guavas (*Psidium guajava* L.) using HPMC-based edible surface coatings. **Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 53, n. 4, p. 1966–1974, 2016. DOI: 10.1007/s13197-015-2164-x.

XING, Yage; LI, Xihong; XU, Qinglian; YUN, Juan; LU, Yaqing; TANG, Yao. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Food Chemistry**, [S. l.], v. 124, n. 4, p. 1443–1450, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.105.

XISTO, Andréa Luiza Ramos Pereira; ABREU, Celeste Maria Patto De; CORRÊA, Angelita Duarte; SANTOS, Custódio Donizete Dos. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 113–118, 2004. DOI: 10.1590/s1413-70542004000100015.

ZANATTA, C. L.; ZOTARELLI, M. F.; CLEMENTE, E. PEROXIDASE (POD) E POLIFENOLOXIDASE (PPO) EM POLPA DE GOIABA (*Psidium guajava* R.). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 705–708, 2006.

ZARITZKY, Noemí. Edible Coatings to Improve Food Quality and Safety. **Food Engineering Series**, [S. l.], p. 631–659, 2011. DOI: 10.1007/978-1-4419-7475-4_27.

ZENEBON, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004.

ZHAO, Yanyun. Edible coatings for extending shelf-life of fresh produce during postharvest-storage. [s.l.] : Elsevier, 2018. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22262-2.

ZHENG, Min; SHI, Jingying; SHI, Jian; WANG, Qingguo; LI, Yanhua. Antimicrobial effects of volatiles produced by two antagonistic *Bacillus* strains on the anthracnose pathogen in postharvest mangos. **Biological Control**, [S. l.], v. 65, n. 2, p. 200–206, 2013. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2013.02.004.