



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II - AREIA – PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

VANDA MARIA DE AQUINO FIGUEIREDO

**REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS E PECTINAS CONTENDO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Lippia grata* NANOENCAPSULADO PARA QUALIDADE E
CONTROLE DE PODRIDÃO PEDUNCULAR EM MANGA ‘PALMER’**

AREIA

2020

VANDA MARIA DE AQUINO FIGUEIREDO

**REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS E PECTINAS CONTENDO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Lippia grata* NANOENCAPSULADO PARA QUALIDADE E
CONTROLE DE PODRIDÃO PEDUNCULAR EM MANGA ‘PALMER’**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento as exigências para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Dr^a Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

Coorientador: Dr. Douglas de Britto

AREIA

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F475r Figueiredo, Vanda Maria de Aquino.

Revestimentos de galactomananas e pectinas contendo óleo essencial de *Lippia grata* nanoencapsulado para a qualidade e controle de podridão peduncular em manga 'Palmer' / Vanda Maria de Aquino Figueiredo. - Areia, 2020.

98 f. : il.

Orientação: Maria Auxiliadora Coêlho de Lima.

Coorientação: Douglas de Britto.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Mangifera indica L. 2. Armazenamento. 3. Qualidade.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

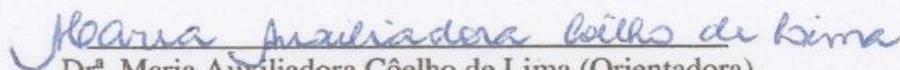
VANDA MARIA DE AQUINO FIGUEIREDO

REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS E PECTINAS CONTENDO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Lippia grata* NANOENCAPSULADO PARA A QUALIDADE E
CONTROLE DA PODRIDÃO PEDUNCULAR EM MANGA 'PALMER'

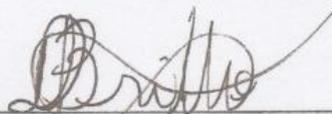
Trabalho de Dissertação apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em
Agronomia.

Aprovado em: 28/02/2020.

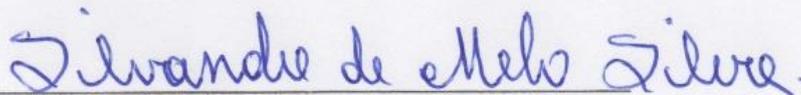
BANCA EXAMINADORA



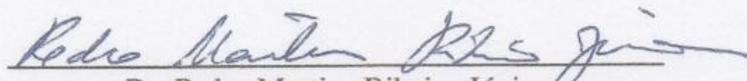
Dr^a. Maria Auxiliadora Côelho de Lima (Orientadora)
Embrapa Semiárido - PPGA/CCA/UFPB



Dr. Douglas de Britto (Coorientador)
Embrapa Semiárido



Prof^a. Dr^a. Silvanda de Melo Silva
Examinadora Interna - PPGA/CCA/UFPB



Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior
Examinador Externo - Embrapa Semiárido

À minha mãe Virleide Aquino pelo amor, carinho e incentivo incondicional durante toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e pelas diversas maravilhas realizadas por mim. Por ter me permitido vivenciar momentos de grandes alegrias, e nos momentos de dificuldades ter me proporcionado força e saúde para vencê-los. A Ti toda a Glória!

À minha mãe, Virleide, e à minha Tia, Vanda, que em meio a tantas dificuldades tiveram amor, coragem, persistência e sabedoria, permitindo sempre que eu seguisse em frente. Essa conquista também é de vocês. Amo vocês!

À minha orientadora, Dr^a Maria Auxiliadora Côelho de Lima, pela orientação com segurança, eficiência, dedicação e compreensão, além do acolhimento e exemplo profissional durante minha passagem pela EMBRAPA Semiárido.

Aos pesquisadores Dr. Douglas de Britto e Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior pela participação como examinadores deste trabalho além de todas as contribuições durante o processo de formação dessa pesquisa.

À professora Dr^a Silvanda de Melo Silva pela participação como examinadora deste trabalho, além de todo apoio e incentivo durante toda minha jornada acadêmica.

Às melhores companheiras de casa que a vida poderia me dar, Eleonora Santiago e Liziane Marques, pela amizade, apoio e encorajamento durante esse tempo de convívio. Vocês foram essenciais no meu processo de evolução.

À EMBRAPA Semiárido pelo acolhimento para realização dessa pesquisa, bem como a todos que a compõe, em especial à equipe do Laboratório Fisiologia Pós-Colheita pela contribuição durante o experimento e pelos momentos agradáveis de convivência, amizade e palavras de conforto, em especial aos amigos Antônio Augusto, Phetrus e Cristina por toda força na execução desse estudo.

À Universidade Federal da Paraíba pela formação acadêmica e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAGRO/UFPB/CCA) pela oportunidade de conquistar o título de Mestre em Agronomia, e à CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

Para amenizar a deterioração pós-colheita e prolongar a vida útil dos frutos, diversas tecnologias podem ser utilizadas, entre elas a aplicação de revestimentos comestíveis que modificam a atmosfera, promovendo mudanças nas trocas gasosas com o ambiente. O objetivo deste trabalho foi determinar o potencial de aplicação de revestimentos biodegradáveis a partir de galactomananas e pectinas em associação a óleo essencial de *Lippia grata* nanoencapsulado em mangas ‘Palmer’ produzidas no submédio do Vale do São Francisco. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE. O primeiro experimento consistiu na aplicação de revestimentos à base de pectinas e galactomananas associados ou não a óleo essencial (OE) nanoencapsulado de *L. grata*, tendo os frutos sido submetidos a inoculação de *L. theobromae*. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em fatorial 5 x 7 (revestimento x tempo de armazenamento). Os revestimentos utilizados foram: controle 1 (sem revestimento e sem inoculação), controle 2 (sem revestimento), pectinas, pectinas + óleo, galactomananas, galactomananas + óleo. Os frutos foram mantidos sob temperatura controlada ($23,2 \pm 2,1$ °C e $90 \pm 4\%$ UR) e avaliados por 14 dias. Apenas os frutos revestidos com as galactomananas se mantiveram em condições de serem avaliados até o 14º. dia, sinalizando ser a galactomanana mais adequada para o uso nestas condições. O segundo experimento contou com revestimentos em diferentes concentrações de galactomananas associados ao OE nanoencapsulado de *L. grata*, tendo todos os frutos sido inoculados com *L. theobromae*. O delineamento usado foi o inteiramente casualizado, em fatorial de 7 x 9 (revestimento x tempo de armazenamento). Foram testadas três concentrações de galactomananas (0,25; 0,5; 0,75%), associadas ou não ao OE, e os frutos mantidos sob temperatura controlada ($23,8 \pm 2,3$ °C e $90 \pm 5\%$ UR.). A concentração de 0,5% foi a que proporcionou melhor manutenção da qualidade da manga, tendo sido escolhida para o terceiro experimento, que contou com diferentes formas de incorporação do OE. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em fatorial 4 x 10 (revestimento x tempo de armazenamento). Os revestimentos utilizados foram: controle (sem revestimento), galactomanana, galactomanana + OE nanoencapsulado, galactomanana + OE em solução. Os frutos foram mantidos sob refrigeração ($11,8 \pm 1,2$ °C e $90 \pm 4\%$ UR) durante 15 dias e depois transferido para temperatura ambiente ($24,5 \pm 2,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR) por mais 10 dias. Estudo sobre o impacto dos revestimentos sob infecção de *L. theobromae* foi realizado separadamente com todos os revestimentos utilizados. Os revestimentos contendo OE, em ambas as formas, proporcionaram maior manutenção dos aspectos de qualidade, tendo mantido a coloração verde da casca por mais tempo, proporcionado retardo no aumento dos teores de sólidos solúveis, na redução da acidez e no teor de betacaroteno, alcançando teores de açúcares redutores superiores aos demais revestimentos.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L. Armazenamento. Qualidade.

ABSTRACT

To mitigate post-harvest deterioration and prolong the fruit's useful life, several technologies can be used, including the application of edible coatings that modify the atmosphere, promoting changes in gas exchange with the environment. The objective of this study was to determine the application potential biodegradable coatings from galactomannans and pectins in association with *Lippia grata* nano encapsulated essential oil in 'Palmer' mangoes produced in the sub-medium of São Francisco Valley. The experiments were carried out at the Post-Harvest Physiology Laboratory of Embrapa Semiárido, Petrolina-PE. The first experiment consisted of applying coatings based on pectins and galactomannans associated or not with *L. grata* nano encapsulated essential oil (EO), and the fruits were subjected to *L. theobromae* inoculation. The design used was completely randomized, in a factorial 5 x 7 (coating x storage time). The coatings used were: control 1 (without coating and inoculation), control 2 (without coating), pectins, pectins + EO, galactomannans, galactomannans + EO. Fruits were kept under controlled temperature (23.2 ± 2.1 ° C and $90 \pm 4\%$ RH) and evaluated for 14 days. Only the fruits coated with galactomannans remained in conditions to be evaluated until the 14th day, suggested as the most suitable galactomannan coating for use in these conditions. The second experiment featured coatings in different concentrations of galactomannans associated with the *L. grata* nano encapsulated OE, with all fruits inoculated with *L. theobromae*. The design used was completely randomized, in a factorial of 7 x 9 (coating x storage time). Three concentrations of galactomannans (0.25; 0.5; 0.75%) were tested, associated or not with EO, and the fruits kept under controlled temperature (23.8 ± 2.3 ° C and $90 \pm 5\%$ RH). The concentration of 0.5% was the one that provided the best maintenance of the mango quality, having been chosen for the third experiment, which had different forms of incorporation of the EO. The experimental design was completely randomized, in factorial 4 x 10 (coating x storage time). The coatings used were: control (without coating), galactomannan, galactomannan + nano encapsulated EO, galactomannan + EO in solution. The fruits were kept under refrigeration (11.8 ± 1.2 ° C and $90 \pm 4\%$ RH) for 15 days and then transferred to room temperature (24.5 ± 2.2 ° C and $90 \pm 5\%$ RH) for the following 10 days. A study on coatings applications under *L. theobromae* infection was carried out separately with all coatings used. Coatings containing EO, in both forms, provided greater maintenance of quality aspects, maintaining the green color of the skin for a longer time, providing a delay in increasing the levels of soluble solids, titratable acidity, and b-carotene content, reaching reducing sugars content higher than other coatings.

Keywords: *Mangifera indica* L. Storage. Quality.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2. GALACTOMANANAS E PECTINAS ASSOCIADAS A ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia grata* COMO REVESTIMENTOS PARA CONTROLE DE PODRIDÃO PEDUNCULAR EM MANGA

Figura 1. Perda de massa (A) e taxa respiratória (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada ($23.2 \pm 2,1$ °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.....49

Figura 2. Atributos de cor luminosidade (A), croma (B) e ângulo de cor (C) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.....51

Figura 3. Aspecto visual da evolução da coloração de casca de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.....53

Figura 4. Luminosidade (A) e ângulo Hue (B) da polpa de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.....54

Figura 5. Aspecto visual da evolução da coloração de polpa de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.....55

Figura 6. Teor de β -caroteno (A) e de polifenóis extraíveis totais (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas e galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE),

durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias..... 57

Figura 7. Firmeza da polpa de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* – OE (A) ou com revestimentos de galactomananas associadas ou não a OE comparadas ao controle (B), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 5\%$ UR) por até 10 ou 14 dias, respectivamente.....58

Figura 8. Teor de sólidos solúveis (A) e acidez titulável (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas e galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.....60

Figura 9. Valores da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas e galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias61

Figura 10. Coloração da casca, medidas por meio da luminosidade (A) e croma (B), de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos com diferentes concentrações de galactomananas (GMN) associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 5\%$ UR) por até 18 dias.....63

Figura 11. Ângulo Hue da casca (A) e atividade respiratória (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* sob efeito de revestimentos com diferentes concentrações de galactomananas (GMN) associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE) e do armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 5\%$ UR) por até 18 dias.....64

CAPÍTULO 2. INCORPORAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia grata* A REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS PARA INCREMENTO DA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘PALMER’

Figura 1. Perda de massa (A) e taxa respiratória (B) de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE), por meio de nanoencapsulamento ou dissolução, durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....	81
Figura 2. Firmeza da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....	82
Figura 3. Luminosidade (A), croma (B) e ângulo Hue (C) da casca de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE), por meio de nanoencapsulamento ou dissolução, durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....	83
Figura 4. Luminosidade (A), Croma (B) e ângulo Hue (C) da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE), por meio de nanoencapsulamento ou dissolução, durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....	85
Figura 5. Aspecto visual da casca e da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....	86
Figura 6. Teor de β -caroteno da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).	87
Figura 7. Teor de sólidos solúveis (A) e acidez titulável (B) de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de <i>Lippia grata</i> (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....	88

Figura 8. Teor de açúcares solúveis totais (A) e de açúcares redutores (B) de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....89

Figura 9. Teor de polifenóis extraíveis totais mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).....90

Figura 10. Severidade da incidência de podridão peduncular causada por *Lasiodiplodia theobromae* em mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação, durante o armazenamento em temperatura ambiente (A) ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR) e outro com refrigeração (B) (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por 15 dias, seguido de temperatura ambiente.....91

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2. GALACTOMANANAS E PECTINAS ASSOCIADAS A ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia grata* COMO REVESTIMENTOS PARA CONTROLE DE PODRIDÃO PEDUNCULAR EM MANGA

Tabela 1. Firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), coloração de polpa e teor de polifenóis extraíveis totais (PET) de mangas ‘Palmer’ no dia da colheita e aos 18 dias de armazenamento em temperatura controlada (23.8 ± 2.3 °C e $90 \pm 5\%$ UR), após inoculação com *Lasiodiplodia theobromae* e aplicação de revestimentos à base de galactomananas (GMN) associados ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE) a 500 ppm.....67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
OBJETIVOS	17
Objetivo geral	17
Objetivos específicos	17
REFERENCIAL TEÓRICO	18
1. MANGICULTURA	18
2. QUALIDADE E PERDAS PÓS-COLHEITA	18
2.1 Doenças pós-colheita	20
3. ARMAZENAMENTO REFRIGERADO	21
4. REVESTIMENTOS BIODEGRADÁVEIS	22
4.1 Fontes e efeitos	24
4.2 Galactomananas	25
4.3 Pectinas	26
5. ÓLEOS ESSENCIAIS	27
5.1 <i>Lippia grata</i> Schauer	28
5.2 Nanoencapsulamento de óleos essenciais	29
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2. GALACTOMANANAS E PECTINAS ASSOCIADAS A ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Lippia grata</i> COMO REVESTIMENTOS PARA CONTROLE DE PODRIDÃO PEDUNCULAR EM MANGA	41
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	68
CAPÍTULO 3. INCORPORAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Lippia grata</i> A REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS PARA INCREMENTO DA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘PALMER’	74
INTRODUÇÃO	76
MATERIAL E MÉTODOS	77
RESULTADOS	80

DISCUSSÃO	91
CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS	94

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

Segundo a FAOSTAT (2018), o Brasil é o sétimo maior produtor mundial de manga, estando esta fruta entre as de maior importância socioeconômica para o país, em especial para a região Nordeste, onde se localiza o Submédio do Vale do São Francisco, região responsável por cerca de 60% da produção nacional (IBGE, 2020).

Mesmo com todo prestígio, a manga ainda sofre de perdas acentuadas durante a sua cadeia de comercialização, fato que pode ser atribuído em partes ao seu metabolismo climatérico, sujeito a modificações bioquímicas com efeito direto na sua qualidade. No entanto, Machado et al. (2017) apontam como as principais causas de perda desse fruto a forma de transporte, o destino final, o estágio de maturação, acondicionamento e o manuseio excessivo por parte dos consumidores durante a tomada de decisão. Todos esses fatores acarretam em perdas, seja de caráter físico, fisiológico ou patológico, necessitando portanto da aplicação de tecnologias eficientes e suficientes para se manter os frutos de forma competitiva no mercado. Para isso, a aplicação de tecnologias de conservação é necessária, de modo a se respeitar o ambiente e o consumidor, oferecendo produtos de qualidade e seguros.

Entre as tecnologias mais difundidas e empregadas na conservação de frutos temos a temperatura, utilizada com sucesso pelos produtores que exportam mangas, e manejada por Assunção et al. (2018) como forma de reduzir a incidência de antracnose em mangas, sugerindo que para ‘Tommy atkins’, a temperatura ideal para o armazenamento, visando essa inibição, seria de 10 °C.

Outra tecnologia que vem sendo explorada por pesquisadores e que apresentam grande potencial para aplicação, são os revestimentos biodegradáveis obtidos a partir de materiais naturais e seguros ao ser humano, como ceras, proteínas e polissacarídeos, os quais retardam o metabolismo dos frutos e com isso os fatores responsáveis pelas transformações do amadurecimento (SOLANO-DOBLADO et al., 2018; SOUZA et al., 2019). Devido à alta versatilidade no aproveitamento de matérias-primas, a tecnologia ainda pode ter custos reduzidos caso se insira nas matrizes, produtos regionais de baixo custo, a exemplo das galactomananas extraídas a partir de sementes *Caesalpinia pulcherrima* e *Adenantha pavonina* (CERQUEIRA et al., 2009) e da pectina extraída do albedo de pomelos (MACHADO, 2020).

Esses revestimentos além de modificarem as trocas gasosas entre o fruto e o meio, ainda podem conter em sua formulação, componentes que agreguem outras propriedades aos

frutos, a exemplo dos óleos essenciais que por possuírem um caráter antimicrobiano desempenham papel de defesa no fruto. Esse tipo de associação costuma ser eficiente principalmente frente a infecções quiescentes, onde os sintomas só se desenvolvem posteriormente à infecção, durante o climatério, como é o caso da podridão peduncular, uma das principais doenças que atingem as mangueiras, causada por um complexo de fungos, entre eles *Lasiodyplodia theobromae*, (LINS et al., 2013).

L. theobromae teve seu crescimento interrompido durante testes *in vitro* com a aplicação de óleos essenciais de plantas da caatinga. Entre os óleos avaliados, o de *Lippia grata*, se mostrou de maior eficiência na redução do crescimento, tendo gerado inibição na ordem de 100% com doses de 250 ppm (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2019).

Nesse sentido, tem se buscado potencializar a produção, e exportação, de mangas no submédio do Vale do São Francisco, sendo necessária a aplicação e adaptação de tecnologias de conservação. Este trabalho, entendendo a realidade do local, e as necessidades do mercado, busca desenvolver tecnologias e agregar materiais próprios da caatinga e do meio que esta produção está inserida, afim de agregar valor aos produtos utilizados além de gerar valorização dos recursos naturais próprios.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAL

- Determinar o potencial de aplicação de revestimentos biodegradáveis a partir de galactomananas e pectinas em associação a óleo essencial de *Lippia grata* nanoencapsulado em mangas ‘Palmer’ produzidas no submédio do Vale do São Francisco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o potencial da aplicação pós-colheita de revestimentos biodegradáveis constituídos por galactomananas e pectinas em mangas ‘Palmer’;
- Determinar a concentração de galactomananas mais eficaz para a formação de revestimentos para aplicação em manga ‘Palmer’;
- Definir a melhor forma de incorporação de óleo essencial de *Lippia grata* a revestimentos à base de galactomananas;
- Caracterizar a influência da aplicação de revestimentos à base de galactomananas e pectinas nos atributos de qualidade e na incidência de podridão peduncular causada por *Lasiodiplodia theobromae*, em manga ‘Palmer’.

REFERENCIAL TEÓRICO

1. MANGICULTURA

Cultivada há mais de 4000 anos e tendo mais de 1000 variedades disponíveis no mundo, a mangueira (*Mangifera indica* L.) se tornou a espécie mais importante do gênero com produção comercial da fruta em regiões tropicais e subtropicais, apresentando boa aceitação entre os consumidores (ABBASI et al., 2015; DINESH et al., 2015; JAHURUL et al., 2015). No Brasil, que é o sétimo maior produtor, a manga é uma das principais fontes de receita das exportações de frutas frescas do país, tendo alcançado US\$ 177,3 milhões, na safra de 2018, sendo superada apenas pelos melões (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI E FRUTI, 2018; FAOSTAT, 2018). Em 2019, a área plantada era de 67,7 mil hectares, com produção de 1.414.338 toneladas de fruto, tendo as exportações do mesmo ano atingido cerca de 221.913 toneladas (AGROSTAT BRASIL, 2020; IBGE, 2020).

O nordeste do Brasil se destaca na produção de manga, estando Pernambuco como maior produtor, com 496.937 toneladas, seguido de Bahia (378.362 t) e São Paulo (202.328 t). O Submédio do Vale do São Francisco, região que compreende parte dos estados de Pernambuco e Bahia, é responsável pela maior parte da produção nacional (IBGE, 2020). Nessa região, as cultivares mais importantes são Palmer, Tommy Atkins, Haden, Keitt e Kent, voltadas para exportação, bem como Rosa e Espada, direcionadas aos diversos mercados consumidores nacionais (MOUCO, 2010). Nos últimos anos, a cultivar Palmer vem apresentado destaque maior devido à coloração e sabor da polpa, além da presença de pouca ou nenhuma fibra.

Os plantios de mangueira no Submédio do Vale do São Francisco representam uma das principais cadeias produtivas da fruticultura brasileira. A região se destaca pelo desenvolvimento de tecnologias eficientes, que, aliadas ao empreendedorismo privado, levou a região a altos níveis de produtividade e qualidade dos frutos, havendo planejamento para colheitas durante todo o ano. Essa característica viabilizou a entrada em diferentes mercados. Também, a região destaca-se pela expansão da área cultivada e pelos volumes de fruta exportados (MOUCO; SILVA, 2015).

2. QUALIDADE E PERDAS PÓS-COLHEITA

Em geral, a qualidade das frutas está relacionada a dois aspectos. O primeiro está relacionado às suas características bioquímicas inerentes, que fornecem cor, textura, sabor,

entre outras características importantes para a comercialização. O segundo relaciona-se à percepção do consumidor, que é um produto complexo de diversos atributos, sejam subjetivos e/ou objetivos (YAHIA et al., 2019). Esse aspecto torna a determinação da qualidade de um fruto variável, conforme a região em que é comercializado e de acordo com o grau de exigência de cada consumidor.

Os principais atributos de qualidade adotados para a manga são: físicos, como tamanho, massa, coloração e presença de fibras na polpa; e químicos, como teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares totais, vitamina C e aroma (SHI et al., 2015). Alguns são utilizados para determinar os padrões comerciais em diferentes mercados.

Por apresentar um grande número de cultivares, a manga apresenta variações significativas entre os padrões de qualidade, podendo estes serem acentuados por diferenças entre regiões, clima, solos e tratos culturais. Galli et al. (2008) avaliaram cultivares produzidas no Estado de São Paulo. Entre as 39 avaliadas, foram relatadas diferenças significativas entre os frutos, que apresentaram massa variando de 138,75 g ('Ubá') a 624 g ('Smith'), teor de sólidos solúveis de 12,5 °Brix ('Brasil') a 24,9 °Brix ('Smith').

Há autores, ainda, que associam a qualidade da manga à capacidade antioxidante e ao seu potencial funcional, já que este é um fruto que contém polifenóis (catequinas, quercetina, kaempferol, ramnetina, antocianinas, ácido tânico, mangiferina), carotenoides e ácidos orgânicos (ABBASI et al., 2017; MALDONADO-CELIS et al., 2019; RUMAINUM et al., 2018). Estes compostos enriquecem a capacidade funcional de frutas, tornando-se, portanto, importantes indicadores de qualidade.

Entre as cultivares de importância comercial, a 'Palmer' produzida no Submédio do Vale do São Francisco destaca-se no mercado devido aos seus atributos de qualidade. Além de ser uma cultivar com baixo teor de fibras, apresenta teores de sólidos solúveis em torno de 15,3 °Brix e acidez titulável de 0,15% de ácido cítrico, o que proporciona uma relação SS/AT de 98,54. Ainda, caracteriza-se por firmeza de polpa superior a 8 N (BATISTA et al., 2015). Este último é um atributo de extrema importância para a qualidade dos frutos, já que valores baixos estão diretamente relacionados a perdas.

As perdas geram redução do valor comercial dos frutos ou mesmo inviabilizam a comercialização dos produtos. Elas podem ser agrupadas em quantitativas, reduzindo a massa total do produto disponibilizada para consumo, ou qualitativas, podendo esta ser, inclusive, de ordem nutricional (MACHADO et al., 2017).

Em manga, essas perdas são acentuadas em razão do metabolismo climatérico, o que a torna altamente perecível e sujeita a modificações bioquímicas expressivas (ZERBINI et al., 2015). As causas das perdas podem ser: física, quando os frutos sofrem ação externa; fisiológicas, que acontecem geralmente em resposta a desequilíbrio nutricional, a condições ambientais adversas, à ausência de pré-resfriamento do produto ou mesmo à modificação na composição dos gases ao redor do fruto; e patológicas, decorrentes do ataque de microrganismos fitopatogênicos, como fungos e bactérias. A última é a causa mais séria de perdas na pós-colheita (CHOUDHURY; COSTA, 2004).

2.1 Doenças pós-colheita

O estabelecimento de doenças pós-colheita vem sendo favorecido, em parte, pela expansão da mangicultura e da exploração extensiva da cultura ao longo dos anos, com adoção frequente de práticas de indução floral e de alguns problemas de manejo fitossanitário (BATISTA et al., 2016). Para a indução da floração, algumas práticas de manejo são utilizadas como poda, nutrição, manejo de água e uso de reguladores vegetais. A copa das mangueiras naturalmente apresenta uma estrutura mais densa, necessitando de podas que promovam o arejamento a fim de desfazer microclimas favoráveis ao estabelecimento de patógenos. A realização deste tipo de poda contribui para diminuir a pressão do inóculo nos pomares. Algumas dessas práticas de manejo promovem estresse nas plantas que pode torná-las suscetível a patógenos. Além disso, em cada fase fenológica há potencial para problemas fitossanitários específicos que demandam ações importantes de controle, afim de minimizar futuras perdas da produção.

Em manga, a doença pós-colheita de maior importância nas regiões de produção mais úmidas é a antracnose, causada por *Colletotricum gloeosporioides*, seguida pela podridão peduncular, causada por um complexo de fungos (GALLI et al., 2012). A antracnose afeta todos os órgãos das plantas, causando mais prejuízos aos frutos, onde causa manchas escuras e irregulares na casca, que podem vir a coalescer, atingindo grandes áreas.

Os fitopatógenos causadores de doenças pós-colheita, principalmente na forma quiescente, geram perdas elevadas por desenvolverem os sintomas das doenças durante o transporte dos frutos, tornando-se aparente apenas no desembarque da mercadoria ao local de destino, em frutos que estavam aparentemente sadios no embarque, podendo causar sua rejeição (TERAO et al., 2013). Entre as doenças com infecção de natureza quiescente, tem-se a podridão peduncular, relacionada a diversos fungos, como *Hendersonula toruloidea*,

Lasiodiplodia theobromae, *Diplodia* sp., *Diplodia natalensis*, *Diaporthe citri*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Pestalotia mangiferae*, *Aspergillus flavus*, *Dothiorella ribis*, *Dothiorella dominicana*, *Penicillium cyclopium* e *Phomopsis mangiferae* (RIBEIRO, 2005).

A podridão peduncular causada por fungos do complexo de espécies da família Botryosphaeriaceae é comum em manga. Os fungos causadores são os de maior risco para produção e comercialização dos frutos. No Submédio do Vale do São Francisco, *Lasiodiplodia theobromae*, que suporta temperatura em torno de 35 °C, é o primeiro associado aos danos de podridão peduncular, sendo responsável por cerca de 48% das infecções causadas por agentes desse gênero (BATISTA et al., 2017; MARQUES et al., 2013).

O fungo, que penetra através do pedúnculo ou outros ferimentos, causa lesões escuras na base, com bordas bem definidas, que, posteriormente, podem vir a causar rachaduras no tecido lesionando, expondo, dessa forma, a polpa. Pode permanecer quiescente nos tecidos do fruto até que este atinja o climatério (LINS et al., 2013).

Costa et al. (2010), ao avaliarem a frequência de associação de fungos da família Botryosphaeriaceae em cultivares de manga, observaram que ‘Tommy Atkins’ é mais susceptível ao ataque de *L. theobromae* que outras, a exemplo da ‘Palmer’. A fim de superar susceptibilidades ao ataque de doenças, sejam elas em razão de fatores intrínsecos ou extrínsecos aos frutos, é necessário o investimento em tecnologias de baixo impacto ambiental e eficazes na redução da ocorrência e severidade dos agentes causais. No caso da manga, há elevada necessidade destas tecnologias uma vez que, atualmente, não há produtos registrados para o controle de doenças pós-colheita nessa fruta.

3. ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

A temperatura de armazenamento é o fator ambiental de maior importância quando se pretende reduzir as perdas pós-colheita. Regulando as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos nos frutos, a temperatura controla a senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O armazenamento refrigerado promove extensão da vida útil em diversos frutos, como banana, morango, laranja e manga, tendo cada um deles uma temperatura ideal para conservação, a fim de se evitar danos de natureza física (ANDRADE JÚNIOR et al., 2016; BARBOSA et al., 2019; CHAGAS et al., 2018; MIGUEL et al., 2013) e fisiológica. Para

manga, a temperatura ideal para o armazenamento para se evitar prejuízos está entre 10 e 13 °C (FILGUEIRAS, 2000).

O armazenamento sob temperaturas fora da faixa ideal pode desencadear uma série de prejuízos aos frutos. Quando muito reduzidas, as temperaturas podem causar danos aos frutos conhecidos como *chilling injury*, que se manifestam como sintomas que afetam diretamente a qualidade, como descoloração da casca e da polpa, irregularidade no amadurecimento, desenvolvimento de sabores estranhos e até mesmo o aumento na susceptibilidade ao ataque de patógenos (YAHIA et al., 2019). As baixas temperaturas influenciam a produção de alguns compostos voláteis, como monoterpenos, sesquiterpenos, hidrocarbonetos, ésteres e aldeídos, que são característicos da manga e têm sua síntese reduzida (NTSOANE et al., 2019).

Por outro lado, armazenamento sob temperaturas acima do limite ideal também são prejudiciais à qualidade do fruto, como relatado por Devanesan et al. (2011), que demonstrou que, sob altas temperaturas, mangas tendem a aumentar o seu processo respiratório de forma instável, o que leva à deterioração da qualidade em ritmo acelerado. Em frutos armazenados a 12 °C, as taxas respiratórias são mantidas mais baixas e estáveis que sob outras temperaturas. Os dados registrados por Costa et al. (2018) corroboram estas informações. Ao avaliar o efeito de atmosfera modificada no armazenamento de manga ‘Tommy Atkins’, os autores observaram que a refrigeração a 12 °C também proporcionou retardo na evolução da maturação independente da técnica utilizada.

Assunção et al. (2018), avaliando o efeito de temperaturas e embalagens na conservação da manga ‘Tommy Atkins’, observaram que o armazenamento sob 10 °C foi o mais eficiente no controle da antracnose, causada por *Colletotrichum* sp., sendo esta temperatura ideal para redução de perdas pós-colheita decorrentes de podridões. Embora o armazenamento a baixas temperaturas seja eficiente, a combinação desta com outras tecnologias é estratégia fundamental para o prolongamento da vida útil dos frutos.

4. REVESTIMENTOS BIODEGRADÁVEIS

Os revestimentos biodegradáveis vêm sendo explorados como estratégia alternativa aos produtos químicos para controlar a deterioração dos frutos e reduzir o índice de perdas (SOUZA et al., 2019). Consistem em soluções aplicadas diretamente no produto, em geral por imersão. Estas soluções contêm substâncias formadoras de uma matriz estrutural, a exemplo de carboidratos, proteínas, lipídios ou mesmo combinações entre eles e outros componentes

adicionais, que, após a secagem, formarão fina camada superficial que atuará na redução de alterações prejudiciais ao produto (YOUSUF et al., 2018).

Quando aplicados, os revestimentos passam a regular as trocas gasosas do fruto com o ambiente e a perda de vapor d'água, o que reduz a perda de massa, controlando também a perda de compostos voláteis responsáveis pelo 'flavor' do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Entre os efeitos associados ao uso de revestimentos em manga estão a redução da perda de massa e da firmeza dos frutos (COSTA et al., 2016); mudanças na coloração de casca e polpa, dadas pela redução da degradação da clorofila e do retardo na síntese de carotenóides (RODRIGUES, 2019); além de redução da síntese de etileno (ZAHEDI et al., 2019), principal hormônio responsável pelo amadurecimento dos frutos.

Entre as combinações que agregam benefícios aos revestimentos, temos a de polissacarídeos e óleos essenciais. Além da barreira física associada aos revestimentos, os óleos essenciais conferem aos frutos uma proteção microbiológica. Oliveira et al. (2020) constataram que a combinação entre quitosana e óleo essencial de hortelã influenciaram positivamente a qualidade de manga durante o armazenamento, proporcionando retardo na redução da firmeza da polpa e na perda de massa bem como manutenção dos níveis de acidez elevados, fato atribuído à reduzida degradação de ácidos orgânicos nos frutos revestidos. A ação do óleo resultou em efeito direto na acidez e na perda de massa, que foi intensificado com o aumento da proporção do óleo essencial na solução. Porém, neste estudo, não foi possível inferir quais resultados referiram-se à quitosana uma vez que não foi adotado tratamento com o revestimento isolado.

Azeredo et al. (2016) avaliaram a combinação da fécula de mandioca com óleo essencial de erva doce, em manga. Os autores observaram reduzida incidência de podridões e a manutenção da coloração da casca, havendo também redução da suculência da polpa e o aparecimento de manchas na casca. No mesmo estudo, quando combinada com quitosana, a fécula promoveu além do retardo da mudança da coloração, a conservação dos teores de sólidos solúveis e da acidez titulável. Esta resposta indica maior intenção de compra por parte do consumidor e superioridade dos atributos de sabor nos frutos sem revestimento. Portanto, para mangas 'Tommy Atkins', a combinação entre fécula e quitosana demonstrou ser mais eficiente na conservação da qualidade dos frutos que a sua associação com o óleo essencial de erva doce.

A eficiência dos revestimentos não está relacionada a um único ingrediente de sua formulação, sendo a interação dos materiais utilizados e do produto responsável pelo efeito e

características físicas apresentadas após a aplicação nos frutos. A avaliação dos ingredientes se faz necessária como forma de maximizar o efeito dos revestimentos em busca de fontes, aditivos e concentrações ótimas que sejam capazes de propiciar condições para a manutenção da qualidade, bem como proporcionar extensão da vida útil do fruto. Considerando que as diferenças de superfícies de casca tornam o efeito das aplicações específicos para cada fruto, não é possível, portanto, recomendar um revestimento que atenda a todas.

4.1 Fontes e efeitos

Entre as principais substâncias utilizadas na formação da matriz estrutural de revestimentos, o amido, a quitosana e a cera de carnaúba têm sido bastante estudados (BALDWIN et al., 2011). A quitosana é o polissacarídeo mais explorado para revestimentos, segundo SOUZA et al. (2019), sendo o produto comercial obtido de crustáceos mais utilizado que o de origem fúngica. Aplicada de forma isolada (JONGSRI et al., 2016; SANCHES et al., 2017) ou combinada com óleos essenciais ou outros polímeros (JONGSRI et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020), a quitosana tem se caracterizado como polímero adequado à formação de revestimentos para frutas, agregando aos produtos também uma proteção antimicrobiana.

Camatari et al. (2018) avaliaram a eficiência de revestimentos à base de quitosana e formulações combinadas com amido de mandioca. Em seus estudos, observaram que o uso apenas da quitosana resultou em bom desempenho na formação de barreira contra O₂, tendo reduzido a taxa de degradação da clorofila, que é um processo oxidativo. No entanto, impediu o amarelecimento da casca dos frutos, o que foi percebido pelos consumidores como fator indesejável de aparência. A combinação entre quitosana e amido trouxe os resultados mais satisfatórios, com redução da taxa respiratória e prolongamento da vida útil dos frutos em 3 dias, além de efeito antimicrobiano em relação a bolores, leveduras e coliformes. Todo e qualquer revestimento aplicado a frutas e hortaliças deve retardar o amadurecimento de forma a permitir que este aconteça de forma mais lenta, mas sem prejuízos aos aspectos específicos e essenciais do produto, como cor, sabor, aroma e textura.

O amido também é usualmente utilizado na formação de revestimentos por proporcionar boas propriedades mecânicas, além de possuir baixo custo, ser de boa disponibilidade e ser biodegradável. No entanto, pode ter suas propriedades alteradas em função de mudanças na umidade do ambiente, devido ao seu caráter hidrofílico (NAYIK et al., 2015). O amido mais comum é o extraído de raízes e tubérculos, como a mandioca, o

inhame e a batata doce. Porém, outras alternativas vêm sendo estudadas, como o amido de sementes de jaca e de amêndoas de manga (RODRIGUES, 2019).

Avaliando a eficiência de películas formuladas com amido de mandioca e amido de milho, Rocha et al. (2020) concluíram que, apesar de ambas as fontes se mostrarem eficientes no prolongamento da vida útil das goiabas recobertas, o primeiro seria mais indicado para o uso. A conclusão considerou a facilidade de manuseio de preparo da solução, a maior viscosidade e translucidez, além do menor custo de produção do amido de mandioca em relação ao de milho.

A cera de carnaúba, utilizada desde 1950 como revestimento em frutos, é extraída de uma palmeira brasileira e apresenta bons resultados para conservação de frutos. No entanto, apresenta aparência fosca quando aplicada, necessitando da adição de parafina e polietileno, o que inviabiliza a ingestão, gerando, portanto, algumas restrições quanto à aceitação (ASSIS et al., 2009; BLUM et al., 2008). Pereira et al. (2014), ao aplicar a cera em laranjas ‘Valência delta’, constataram uma redução significativa da perda de massa junto a uma intensificação do brilho e manutenção das propriedades físico-químicas dos frutos no período do armazenamento.

Outras fontes também vêm sendo exploradas quanto ao seu potencial de uso em revestimentos comestíveis de frutos com valor comercial, como a goma arábica (ETEMADIPOOR et al., 2019), galactomananas (ARAGÃO, 2018), pectinas (MAFTOONAZAD; RAMASWAMY, 2019; RODRIGUEZ-GARCIA et al., 2016), entre outros. Em mangas, o uso de goma arábica prolongou a vida útil dos frutos em 5 dias, tendo mantido também a qualidade físico-química (DAYSI et al., 2020). Medeiros et al. (2012), avaliando revestimentos de quitosana e pectina, relataram resultados positivos na conservação da manga ‘Tommy Atkins’, tendo mantido a qualidade físico-química dos frutos, além de conservado sua aparência durante os 45 dias de armazenamento. Este efeito foi atribuído pelos autores à baixa permeabilidade a oxigênio da pectina, relatando que a sua inserção foi importante para a redução do fluxo de gases. Em mangas, os relatos sobre a aplicação de galactomananas são escassos, porém Lima (2015) apontou o fato de que galactomananas teriam efeito fungistático sobre *Colletotricum* sp., sinalizando a necessidade de novos estudos que confirmassem esse potencial.

4.2 Galactomananas

As galactomananas são polissacarídeos ramificados de ocorrência natural que consistem em uma cadeia principal de manose com cadeias laterais de galactose, sendo de ampla distribuição nas sementes das plantas da família *Fabaceae* (MUSCHIN; YOSHIDA, 2012). Bastante difundida, são utilizadas comumente como agente estabilizante e emulsificante nas indústrias de alimentos, cosméticos, têxtil, farmacêutica e biomédica, dado às suas propriedades físico-químicas, que, em soluções, possuem alta viscosidade mesmo quando em baixas concentrações (CERQUEIRA et al., 2011a; SOUZA FILHO et al., 2013).

Lima et al. (2010) relataram redução de cerca de 28% no consumo de O₂ e 11% na produção de CO₂ em mangas revestidas com combinação de galactomananas de *Adenantha pavonina* combinadas com colágeno. Em maçãs, utilizando a galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima*, esta redução foi de cerca de 50% dos valores obtidos em relação às maçãs não recobertas. Evidenciou-se que a inserção de galactomananas nessas matrizes é ferramenta importante para prolongar a vida útil destes frutos. Avaliando maçãs minimamente processadas com filme à base de galactomananas de *C. pulcherrima*, Santos (2012) observaram redução da taxa respiratória e baixos índices de escurecimento e variação de cor das fatias em relação àquelas que não foram recobertas.

Estas galactomananas ainda são as mais utilizadas em estudos, sendo as fontes latino-americanas pouco exploradas pelas pesquisas, apesar da rica biodiversidade local (CERQUEIRA et al., 2011b). Por exemplo, Cruz (2014) explorou a combinação de galactomanana obtida a partir de sementes de algaroba (*Prosopis juliflora*) com gelatina de pescado para a formação de filmes e atribuiu à galactomanana a melhoria das propriedades mecânicas.

De maneira geral, galactomananas vêm se caracterizando como material adequado para uso em filmes e revestimentos, sendo necessários estudos quanto a fontes e formas de aplicação. A viabilidade de aplicação comercial também precisa ser considerada, tendo em vista variações nas respostas entre frutos, disponibilidade da matéria-prima para extração da galactomanana, uniformidade de distribuição do filme na superfície, entre outros.

4.3 Pectinas

As pectinas são polissacarídeos ácidos que possuem a capacidade de produzir géis ou soluções altamente viscosas quando colocadas em solução aquosa, sendo componente estrutural da parede celular de diversos órgãos de plantas (SEYFRIED et al., 2016). Apresentam boa biodegradabilidade, biocompatibilidade e não possuem toxicidade, o que as

tornam biomaterial com potencial para aplicações em diversos setores, entre eles o de alimentos (NOREEN et al., 2017).

Em função destes aspectos, a pectina vem se caracterizando como material adequado para aplicação em revestimentos, tanto para frutos minimamente processados como para frutos íntegros. Abebe et al. (2017), ao avaliar o efeito de revestimentos na qualidade de tomates, consideraram a pectina como material ideal para estender a vida útil dos frutos em sete dias, em comparação aos não revestidos.

Filmes à base de pectinas necessitam da adição de um componente importante, o plastificante, utilizado para conferir flexibilidade ao passo que diminui a coesão e a rigidez do material (ESPITIA et al., 2014). Silva et al. (2018) evidenciaram a importância desse ingrediente num revestimento combinado de pectina e alginato para mangas minimamente processadas, em que a adição do plastificante gerou formulações mais fluidas, com maior aderência às fatias e mais fácil de manusear.

A estrutura das pectinas muda conforme a origem do material e isto afeta profundamente as propriedades dos géis. Portanto, durante a formulação dos géis, o conteúdo monossacarídico, as ramificações e a disposição espacial dos blocos de reticulação da pectina utilizada devem ser considerados (MUNARIN et al., 2012). A adição de pectina em filmes à base de proteínas de ervilha amarga diminuiu a permeabilidade a gases. A resposta evidencia possível compactação da estrutura do filme com a adição da pectina, causada provavelmente pela reticulação dos polímeros (PORTA et al., 2016).

5. ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais são composto voláteis de baixa massa molecular produzidos pelo metabolismo secundário, constituídos principalmente de terpenos provenientes da rota do ácido mevalônico (MAIA et al., 2015). Esses óleos podem apresentar atividade antifúngica, inseticidas e bactericidas, sendo, portanto, alternativas simples e seguras, tanto para o ambiente como para quem manipula, para o combate a doenças de plantas (PEREIRA et al., 2018).

Diversos estudos vêm demonstrando o potencial antimicrobiano dos óleos essenciais contra diversos microrganismos, sugerindo que podem vir a ser alternativa ao uso de moléculas sintéticas. Tico et al. (2019) avaliaram a ação de óleos essenciais no controle *in vitro* de *Fusarium* sp., oriundo da cana de açúcar, e demonstraram que os óleos essenciais de campim limão, erva doce e manjerição foram tão eficientes quanto o fungicida Tiabendazol

no controle *in vitro* da doença. Avaliando o efeito sobre bactérias, Araújo e Tebaldi (2019) observaram que os óleos essenciais de cravo da Índia e erva cidreira inibiam o crescimento de *Xanthomonas* spp. *in vitro*, além de reduzirem também a severidade da mancha bacteriana no tomateiro, demonstrando que sua aplicação possui potencial para o manejo da doença. O óleo essencial de cravo também se mostrou efetivo na inibição de bactérias contaminantes de alimentos (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*), podendo seu efeito ser potencializado com a associação ao óleo essencial de orégano (POMBO et al., 2018)

A adição de óleos essenciais a revestimentos se dá como alternativa para o aumento da atividade antimicrobiana destes, visando a manutenção da qualidade e a segurança destes produtos (ROJAS-GRAU et al., 2009). Nos revestimentos, os óleos essenciais passam a ser continuamente liberados na superfície do fruto, mantendo concentrações adequadas destes compostos por mais tempo, o que acarreta em prolongamento da vida útil dos frutos (SOUZA et al., 2019).

Revestimentos combinados com óleos essenciais de diversas espécies têm sido explorados em frutos de importância econômica. Em manga, há estudos com o uso de quitosana e óleo essencial de hortelã (OLIVEIRA et al., 2020), fécula de mandioca e óleos essenciais de orégano e erva doce (AZERÊDO et al., 2016), bem como quitosana com alginato combinados com óleo essencial de canela (YIN et al., 2019). Estudos também foram realizados com maçãs minimamente processadas revestidas com alginato de sódio e óleo essencial de capim limão (SALVIA-TRUJILLO et al., 2015) e com goiabas sob revestimentos de quitosana, amido de mandioca e óleo essencial de alecrim do mato (AQUINO et al., 2015).

5.1 *Lippia grata* Schauer

Popularmente conhecida como alecrim-do-mato, da chapada, de tabuleiro ou de vaqueiro, a *Lippia grata* Schauer é uma espécie endêmica do Brasil, com ocorrência especial na Caatinga, campo rupestre e Cerrado, estando presente em todos os estados do nordeste do país, com exceção de Alagoas (SOUZA; KILL, 2018). Graças a estudos sobre sua atividade farmacológica, a *L. grata* é hoje uma das espécies de maior importância do seu gênero, tendo o seu óleo essencial apresentado atividade antimicrobiana, inseticida, acaricida, anti-inflamatória, entre outras (SANTOS et al., 2016).

Souza et al. (2017), ao caracterizar o óleo essencial de *L. grata* cultivada no Submédio do Vale do São Francisco, relatou que cerca de 87% dos componentes do óleo eram

monoterpenos, sendo o carvacrol o principal componente ($76,8 \pm 0,32\%$), seguido pelo timol ($6,98 \pm 0,36\%$) e ρ -cimeno ($2,55 \pm 0,1\%$). A eficiência antimicrobiana do óleo de *L. grata* pode ser atribuída ao carvacrol, já que estudos recentes indicam que este monoterpene aromático possui uma pronunciada atividade antibacteriana (ZHANG et al., 2018).

O óleo de *L. grata* apresentou pronunciado efeito tóxico contra *Alternaria alternata* e *Lasiodiplodia theobromae*, importantes patógenos de doenças pós-colheita de mangas (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2019). Em comparação ao óleo de *Lippia shaueriana*, outra importante espécie do gênero, *L. grata* promoveu maior inibição do crescimento micelial destes patógenos, indicando assim o seu potencial no combate a esses patógenos pós-colheita.

Aquino et al. (2015) investigaram a adição de óleo essencial de *L. grata* a revestimentos de quitosana e amido de mandioca para aplicação em goiabas. Os revestimentos apresentaram bom desempenho, retardando o amadurecimento e reduzindo o escurecimento, resultando em melhora na aparência dos frutos em comparação àqueles revestidos sem a presença do óleo essencial. Nos testes in vitro, os revestimentos com o óleo essencial também foram mais eficazes na inibição do crescimento de bactérias gram-positivas e gram-negativas. Resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo et al. (2014), ao avaliar a adição do mesmo óleo essencial em revestimentos à base de amido de mandioca e quitosana, em morangos. Os autores relataram a manutenção da qualidade microbiológica dos morangos revestidos, durante o armazenamento, tendo os revestimentos com óleo essencial maior efeito sobre as bactérias gram-positivas.

5.2 Nanoencapsulamento de óleos essenciais

Óleos essenciais são instáveis e susceptíveis à degradação na presença de oxigênio, luz e temperatura, sendo o encapsulamento em sistemas coloidais uma alternativa para preservá-los por tempo maior e sob condições ambientais mais desfavoráveis (SHERRY et al., 2013). O encapsulamento é feito com base em carreadores, que são estruturas que permitem melhorar a biodisponibilidade de muitos compostos bioativos, sendo divididos em duas classes: as formulações poliméricas de nanoparticulados, que promovem melhora significativa da atividade antimicrobiana do óleo essencial; e os transportadores lipídicos, incluindo os lipossomas, nanopartículas lipídicas sólidas, partículas lipídicas nanoestruturadas e nano e microemulsões (BILIA et al., 2014).

Diversos estudos vêm demonstrando o potencial da quitosana como carreador de óleos essenciais, como descrito por Jamil et al. (2016). Os autores estudaram a eficácia

antimicrobiana do óleo essencial de cardamomo encapsulado em nanopartículas à base de quitosana. Por sua vez, Hosseini et al. (2013) caracterizaram nanopartículas de quitosana como carreadoras para óleo essencial de orégano.

O nanoencapsulamento representa uma estratégia promissora para superar as limitações dos óleos essenciais, aumentando a estabilidade química na presença de ar, luz, umidade e altas temperaturas. Além disso, os nanocarreadores garantem manuseio mais prático e seguro do composto (BILIA et al., 2014). A aplicação em revestimentos para frutos é alternativa viável para potencializar a ação destes na conservação dos produtos. Para frutos com metabolismo acelerado e susceptíveis ao ataque de patógenos, a exemplo da manga, o óleo nanoencapsulado inserido em matrizes de revestimentos, pode ter sua ação antimicrobiana por tempo prolongado durante o período de armazenamento, promovendo assim a extensão da sua vida útil.

REFERENCIAS

ABBASI, A. M.; GUO, X.; FU, X.; ZHOU, L.; CHEN, Y.; ZHU, Y.; YAN, H. LIU, R. H. Comparative assessment of phenolic content and in vitro antioxidant capacity in the pulp and peel of mango cultivars. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 16, n. 6, p. 13507-13527, 2015.

ABBASI, A. M.; LIU, F.; GUO, X.; FU, X.; LI, T.; LIU, R. H. Phytochemical composition, cellular antioxidant capacity and antiproliferative activity in mango (*Mangifera indica* L.) pulp and peel. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 3, p. 817-826, 2017.

ABEBE, Z.; TOLA, Y. B.; MOHAMMED, A. Effects of edible coating materials and stages of maturity at harvest on storage life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 8, p. 550-565, 2017.

AGROSTAT. Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>> Acesso em: 29 de maio de 2020.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; GUIMARÃES, A. G.; AZEVEDO, A. M.; PINTO, N. A.; FERREIRA, M. A. Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 405-411, 2016.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI E FRUTI 2019. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 96 p.

ARAGÃO, M. F. C. **Revestimento à base de galactomanano de sementes de jucá (*Libidibia ferrea*) adicionado de micropartículas de ácido ascórbico e sua aplicação em melão minimamente processado**. Fortaleza – CE, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. 2018, Tese (Doutorado em Biotecnologia).

ARAÚJO, V. C.; TEBALDI, N. D. Intervalo de aplicação de óleos essenciais no controle da mancha bacteriana do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 2, p. 210-212, 2019

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D.; FORATO, L. A. O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 23 p.

ASSUNÇÃO, M. C.; AMARAL, A. G. G.; LINS, F. J. A. Efeito da temperatura e de embalagens sobre a antracnose em frutos de manga cv. Tommy Atkins. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 35-42, 2018.

AQUINO, A.B.; BLANK, A.F.; DE AQUINO SANTANA, L. C. L. 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**, v. 171, p. 108-116, 2015.

AZERÊDO, L. P. M.; SILVA, S. D. M.; LIMA, M. A. C.; DANTAS, R. L.; PEREIRA, W. E. Quality of ‘Tommy Atkins’ mango from integrated production coated with cassava starch associated with essential oils and chitosan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 1, p. 141-150, 2016.

AZEVEDO, A. N.; BUARQUE, P. R.; CRUZ, E. M. O.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; NUNES, M. L.; AQUINO SANTANA, L. C. L. Response surface methodology for optimization of edible chitosan coating formulations incorporating essential oil against several foodborne pathogenic bacteria. **Food Control**, v. 43, p. 1-9, 2014.

BALDWIN, E. A.; HAGENMAIER, R.; BAI, J. (Ed.). **Edible coatings and films to improve food quality**. CRC Press, 415 p, 2011.

BARBOSA, L. F. S.; ALVES, A. L.; SOUSA, K. D. S. M.; FIGUEIREDO NETO, A.; CAVALCANTE, Í. H. L.; VIEIRA, J. F. Qualidade pós-colheita de banana ‘Pacovan’ sob diferentes condições de armazenamento. **Magistra**, v. 30, p. 28-36, 2019.

BATISTA, D. C.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; BARBOSA, M.; ANDRADE, J. N.; TERAQ, D. Doenças da mangueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 290, p. 82-91, 2016.

BATISTA, D. C.; TERAQ, D.; TAVARES, S. D. H.; BARBOSA, M. Importância, sintomatologia, epidemiologia e manejo da podridão-peduncular e morte-descendente na cultura da mangueira. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. 6 p. (Embrapa Semiárido. Circular Técnica, 118).

BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C. D.; TRINDADE, D. C. G. D.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley¹. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.

BILIA, A. R.; GUCCIONE, C.; ISACCHI, B.; RIGHESCHI, C.; FIRENZUOLI, F.; BERGONZI, M. C. Essential oils loaded in nanosystems: a developing strategy for a successful therapeutic approach. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 1, 2014. 14 p.

BLUM, J.; HOFFMANN, F. B.; AYUB, R. A.; JUNG, D. L.; MALGARIM, M. B. Uso de cera na conservação pós-colheita do caqui cv. Giombo. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 30, n. 3, p. 830-833. 2008.

CAMATARI, F. O. D. S.; SANTANA, L. C. L. D. A.; CARNELOSSI, M. A. G.; ALEXANDRE, A. P. S.; NUNES, M. L.; GOULART, M. O. F.; SILVA, M. A. A. P. D. Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) ‘Tommy Atkins’ fruits. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 86-95, 2018.

CERQUEIRA, M. A.; BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; MARTINS, J. T.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 22, n. 12, p. 662-671, 2011a.

CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W.; SIMÕES, J.; TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, M. R. M.; COIMBRA, M. A.; VICENTE, A. A. Structural and thermal characterization of

galactomannans from non-conventional sources. **Carbohydrate polymers**, v. 83, n. 1, p. 179-185, 2011b.

CHAGAS, T. L. K.; SORIANI, R.; LEITE, C. A. M.; BARBOSA, C. A. C.; SANTOS, E. D. Avaliação de conservação da laranja pêra em pós-colheita sob condições em ambiente e refrigeração. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 95-102, 2018.

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

CHOUDHURY, M. M.; DA COSTA, T. S. Perdas na cadeia de comercialização da manga. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. 41 p.

COSTA, J. D. S.; FIGUEIREDO NETO, A.; ALMEIDA, F. A. C.; COSTA, M. S. Conservation of 'Tommy Atkins' mangoes stored under passive modified atmosphere. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 117-125, 2018.

COSTA, V. S. O.; MICHEREFF, S. J.; MARTINS, R. B.; GAVA, C. A. T.; MIZUBUTI, E. S. G.; CÂMARA, M. P. S. Species of Botryosphaeriaceae associated on mango in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 127, n. 4, p. 509-519, 2010.

COSTA, M. S.; COSTA, J. D.S.; FIGUEIREDO NETO, A.; QUIRINO, K. R.; ARAÚJO, A. J. B.; ALMEIDA, F. A. C. Physical quality of 'Palmer' mango coated with cassava starch. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 513-519.

CRUZ, M.R. **Filmes de gelatina e galactomanana incorporados com nanocelulose de fibra de algaroba (*Prosopis juliflora*)**. Fortaleza-CE, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, 2014, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química).

DAISY, L. L.; NDUKO, J. M.; JOSEPH, W. M.; RICHARD, S. M. Effect of edible gum Arabic coating on the shelf life and quality of mangoes (*Mangifera indica*) during storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 79-85, 2020.

DEVANESAN, J.; KARUPPIAH, A.; ABIRAMI, C. Effect of storage temperatures, O₂ concentrations and variety on respiration of mangoes. **Journal of Agrobiology**, v. 28, n. 2, p. 119-128, 2011.

DINESH, M. R.; RAVISHANKAR, K. V.; NISCHITA, P.; SANDYA, B. S.; PADMAKAR, B.; GANESHAN, S.; CHITHIRAICHELVAN, R.; SHARMA, T. V. R. S. Exploration,

characterization and phylogenetic studies in wild *Mangifera indica* relatives. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 13, p. 2151, 2015.

ESPITIA, P. J. P.; DU, W. X.; JESÚS AVENA-BUSTILLOS, R.; SOARES, N. D. F. F.; MCHUGH, T. H. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties- A review. **Food hydrocolloids**, v. 35, p. 287-296, 2014.

ETEMADIPOOR, R.; RAMEZANIAN, A.; DASTJERDI, A. M.; SHAMILI, M. The potential of gum arabic enriched with cinnamon essential oil for improving the qualitative characteristics and storability of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 251, p. 101-107, 2019.

FAOSTAT, 2018. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 23 de Janeiro. 2020

FILGUEIRAS, H. A. C. **Manga. Pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 40 p. (Frutas do Brasil, 2).

GALLI, J.; MICHELOTTO, M.; SILVEIRA, L. C.; MARTINS, A. L. Qualidade de mangas cultivadas no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 791-797, 2008.

GALLI, J. A.; FISCHER, I. H.; PALHARINI, M. C. D. A. Doenças pré e pós-colheita em variedades de manga cultivadas em sistema orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 734-743, 2012.

HOSSEINI, S. F.; ZANDI, M.; REZAEI, M.; FARAHMANDGHAVI, F. Two-step method for encapsulation of oregano essential oil in chitosan nanoparticles: preparation, characterization and in vitro release study. **Carbohydrate polymers**, v. 95, n. 1, p. 50-56, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 23 Fevereiro 2020.

JAHURUL, M. H. A.; ZAIDUL, I. S. M.; GHAFUOR, K; AL-JUHAIMI. F. Y.; NYAM, K. L.; NORULAINI, N. A. N.; SALENA, F.; OMAR, A. M. Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. **Food chemistry**, v. 183, p. 173-180, 2015.

JAMIL, B.; ABBASI, R.; ABBASI, S.; IMRAN, M.; KHAN, S. U.; IHSAN, A.; BOKHARI, H. Encapsulation of cardamom essential oil in chitosan nano-composites: in-vitro efficacy on antibiotic-resistant bacterial pathogens and cytotoxicity studies. **Frontiers in microbiology**, v. 7, p. 1580, 2016.

JONGSRI, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; ROJSITTHISAK, P.; SERAYPHEAP, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. **LWT-Food Science and Technology**, v. 73, p. 28-36, 2016.

JONGSRI, P.; ROJSITTHISAK, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; SERAYPHEAP, K. Influence of chitosan coating combined with spermidine on anthracnose disease and qualities of 'Nam Dok Mai' mango after harvest. **Scientia Horticulturae**, v. 224, p. 180-187, 2017.

LIMA, Á. M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W.; SANTOS, E. C. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits—Influence on fruits gas transfer rate. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 1, p. 101-109, 2010.

LIMA, C. P. C. **Avaliação do potencial da galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* sulfatada no controle da antracnose de mangas**. Fortaleza – CE, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2015, Dissertação (Mestrado em Química).

LINS, S. R. D. O.; MELO, A. P. D.; OLIVEIRA, S. M. A. D. Podridão peduncular em manga: patogenicidade, agressividade e caracterização de isolados pela análise isoenzimática. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 4, p. 263-270, 2013.

MACHADO, W. R. B.; CARVALHO, R. M.; FIGUEIREDO NETO, A. Avaliação das perdas de manga no mercado varejista do Vale do São Francisco. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 75-90, 2017.

MAFTOONAZAD, N.; RAMASWAMY, H. S. Application and evaluation of a pectin-based edible coating process for quality change kinetics and shelf-life extension of lime fruit (*Citrus aurantifolium*). **Coatings**, v. 9, n. 5, p. 285, 2019.

MAIA, T. F.; DONATO, A.; FRAGA, M. E. Atividade antifúngica de óleos essenciais de plantas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 105-116, 2015

MALDONADO-CELIS, M. E.; YAHIA, E. M.; BEDOYA, R.; LANDÁZURI, P.; LOANGO, N.; AGUILLÓN, J.; OSPINA, J. C. G. Chemical composition of mango (*Mangifera indica*

L.) fruit: nutritional and phytochemical compounds. **Frontiers in plant science**, v. 10, 2019. 21 p.

MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; MORAIS, M. A.; BARBOSA, M. A. G.; SOUZA, B. O.; MICHEREFF, S. J.; CÂMARA, M. P. Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. **Fungal Diversity**, v. 61, n. 1, p. 181-193, 2013.

MEDEIROS, B. G. S.; PINHEIRO, A. C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; VICENTE, A. A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectin and chitosan – Evolution of its gas barrier properties and application on ‘Tommy Atkins’ mangoes. **Journal of Food Engineering**, v. 110, p. 457-464, 2012.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; BARBOSA, J. C.; MORGADO, C. M. A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 398-408, 2013.

MOUCO, M. A. C. **Cultivo da mangueira**. 2. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015 (Sistemas de Produção, 2).

MOUCO, M. A. C.; SILVA, D. J. **Mangicultura: produção de qualidade ganha mercados no Brasil e no exterior**. Cadernos do Semiárido: Riquezas e Oportunidades, Recife, n. 4, p. 20-23, 2015.

MUNARIN, F.; TANZI, M. C.; PETRINI, P. Advances in biomedical applications of pectin gels. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 51, n. 4, p. 681-689, 2012.

MUSCHIN, T.; YOSHIDA, T. Structural analysis of galactomannans by NMR spectroscopy. **Carbohydrate polymers**, v. 87, n. 3, p. 1893-1898, 2012.

NAYIK, G. A.; MAJID, I.; KUMAR, V. Developments in edible films and coatings for the extension of shelf life of fresh fruits. **American Journal of Nutrition and Food Science**. v. 2, n. 1, p. 16-20. 2015.

NOREEN, A.; AKRAM, J.; RASUL, I.; MANSHA, A.; YAQOOB, N.; IQBAL, R.; ZIA, K. M. Pectins functionalized biomaterials; a new viable approach for biomedical applications: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 101, p. 254-272, 2017.

NTSOANE, M. L.; ZUDE-SASSE, M.; MAHAJAN, P.; SIVAKUMAR, D. Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. **Scientia horticulturae**, v. 249, p. 77-85, 2019

OLIVEIRA, K. Á. R.; CONCEIÇÃO, M. L.; OLIVEIRA, S. P. A.; LIMA, M. D. S.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, M. S.; SOUZA, E. L. Postharvest quality improvements in mango cultivar Tommy Atkins by chitosan coating with *Mentha piperita* L. essential oil. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 95, n. 2, p. 260-272, 2020.

PEREIRA, G. S.; MACHADO, F. L. D.; COSTA, J. M. C. Aplicação de recobrimento prolonga a qualidade pós-colheita de laranja ‘Valência Delta’ durante armazenamento ambiente. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 520-527, 2014.

PEREIRA, M. N.; CONCEIÇÃO, R. B.; CRUZ, J. C. S.; ANDRADE, M. C. N. Efeito de óleos essenciais sobre o fungo *Thielaviopsis paradoxa*. **Ambiência**, v. 14, n. 3, p. 513-521, 2018.

POMBO, J. C. P.; RIBEIRO, E. R.; LIMA PINTO, R.; SILVA, B. J. M. Efeito antimicrobiano e sinérgico de óleos essenciais sobre bactérias contaminantes de alimentos. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 2, p. 108-117, 2018.

PORTA, R.; DI PIERRO, P.; SABBAH, M.; REGALADO-GONZALES, C.; MARINIELLO, L.; KADIVAR, M.; ARABESTANI, A. Blend films of pectin and bitter vetch (*Vicia ervilia*) proteins: Properties and effect of transglutaminase. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 36, p. 245-251, 2016.

RIBEIRO, I. J. A. Doenças da mangueira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.) Manual de fitopatologia. v. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005.

RIBEIRO JUNIOR, P. M.; GRANJA, M. M. G.; SOUZA, A. V. Óleos essenciais de plantas da Caatinga contra patógenos pós-colheita de mangas. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019, Juazeiro, BA/Petrolina, PE. Fruticultura de precisão: desafios e oportunidades-anais. Petrolina: Embrapa Semiárido: UNIVASF: SBF, 2019.

ROCHA, A. M.; COSTA, S. C.; LIMA, T. D. S.; SILVA, A. F.; BARÃO, C. E.; PIMENTEL, T. C.; MARCOLINO, V. A. Aplicação do biopolímero de amido de cassava e amido de milho na conservação pós-colheita de guava/Application of cassava starch and corn starch biopolymer in guava postharvest conservation. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 6658-6680, 2020.

RODRIGUES, A. A. M. **Revestimentos e filmes biodegradáveis de diferentes fontes amiláceas: caracterização e aplicação pós-colheita em manga**. Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Fev. 2019, Tese (Doutorado em Agronomia).

RODRIGUEZ-GARCIA, I.; CRUZ-VALENZUELA, M. R.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; MOCTEZUMA, E.; GUTIERREZ-PACHECO, M. M.; AYALA-ZAVALA, J. F. Oregano (*Lippia graveolens*) essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 11, p. 3772-3778, 2016.

ROJAS-GRAU, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coating to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science & Technology**. v. 20, p. 438 – 447. 2009.

RUMAINUM, I. M.; WORARAD, K.; SRILAONG, V.; YAMANE, K. Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars. **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, n. 2, p. 208-214, 2018.

SALVIA-TRUJILLO, L., ROJAS-GRAU, M. A., SOLIVA-FORTUNY, R., MARTÍN-BELLOSO, O. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 105, p. 8 – 16. 2015.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; SANTOS, E. X.; TRIPOLONI, F. M.; CORDEIRO, C. A. M. Preservação da qualidade pós-colheita de carambola com solução filmogênica de quitosana. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 2, p. 98-111, 2017.

SANTOS, E. C. M. **Filmes biodegradáveis de galactomanana: Uso na conservação de frutos**. Fortaleza-CE, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2012, Tese (Doutorado em Bioquímica).

SANTOS, C. P.; PINTO, J. A. O.; SANTOS, C. A.; CRUZ, E. M. O., ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M.; BLANK, A. F. Harvest time and geographical origin affect the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. **Industrial Crops and Products**, v. 79, p. 205-210, 2016.

SEYFRIED, M.; SOLDERA-SILVA, A.; BOVO, F.; STEVAN-HANCKE, F. R.; MAURER, J. B. B.; ZAWADZKI-BAGGIO, S. F. Pectinas de plantas medicinais: características

estruturais e atividades imunomoduladoras. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 201-214, 2016.

SILVA, F. A.; FINKLER, L.; FINKLER, C. L. L. Effect of edible coatings based on alginate/pectin on quality preservation of minimally processed ‘Espada’ mangoes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 12, p. 5055-5063, 2018.

SHERRY, M.; CHARCOSSET, C.; FESSI, H.; GREIGE-GERGES, H. Essential oils encapsulated in liposomes: a review. **Journal of Liposome Research**, v. 23, n. 4, p. 268-275, 2013.

SHI, S.; XIAOWEI, M.; XU, W.; ZHOU, Y.; WU, H.; WANG, S. Evaluation of 28 mango genotypes for physicochemical characters, antioxidant capacity, and mineral content. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 88, n. 1, 2015.

SOUZA, A. V.; KIILL, L. H. P. **Como produzir mudas de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer Verbenaceae)**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. 4 p. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 133).

SOUZA, A. V. V.; SANTOS, U. S.; CORRÊA, R. M.; SOUZA, D. D.; OLIVEIRA, F. J. V. Essential oil content and chemical composition of *Lippia gracilis* schauer cultivated in the Sub-meddle São Francisco Valley. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, n. 4, p. 983-994, 2017.

SOUZA, E. L.; LUNDGREN, G. A.; OLIVEIRA, K. Á.; BERGER, L. R.; MAGNANI, M. An Analysis of the published literature on the effects of edible coatings formed by polysaccharides and essential oils on postharvest microbial control and overall quality of fruit. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 6, p. 1947-1967, 2019.

SOUZA FILHO, M.; NASCIMENTO, R. M.; CAVALCANTE, F. L.; ROSA, M. D. F.; MORAIS, J. P. S.; FEITOSA, J. D. A.; ALEXANDRE, L. **Extração e caracterização de galactomanana de vagens de Algaroba (*Prosopis juliflora*)**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 7 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 209).

TICO, B. M.; DA SILVA, H. F.; SILVA, E. C.; SILVA, G. R.; NASCIMENTO, L. C. Óleos essenciais no controle do *Fusarium* sp. da cana de açúcar in vitro. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, 2019.

TERAO, D.; BATISTA, D. C.; BARBOSA, M. **Doenças em pós-colheita de manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 8 p. il. (Embrapa Semiárido. Circular técnica, 105).

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LOPEZ, A. (Ed.). **Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. Woodhead Publishing, 2019. Número de páginas?

YIN, C.; HUANG, C.; WANG, J.; LIU, Y.; LU, P.; HUANG, L. Effect of chitosan-and alginate-based coatings enriched with cinnamon essential oil microcapsules to improve the postharvest quality of mangoes. **Materials**, v. 12, n. 13, p. 2039, 2019.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K.; Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **Lwt**, v. 89, p. 198-209, 2018.

ZAHEDI, S. M.; HOSSEINI, M. S.; KARIMI, M.; EBRAHIMZADEH, A. Effects of postharvest polyamine application and edible coating on maintaining quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra during cold storage. **Food Science e Nutrition**, v. 7, p. 433-441 2019.

ZERBINI, P.E.; VANOLI, M.; RIZZOLO, A.; GRASSI, M.; PIMENTEL, R.M.A.; SPINELLI, L.; TORRICELLI, A. Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 58-65, 2015.

ZHANG, D.; GAN, R. Y.; GE, Y. Y.; YANG, Q. Q.; GE, J.; LI, H. B.; Corke, H. Research progress on the antibacterial mechanisms of carvacrol: a mini review. **Bioactive Compounds in Health and Disease**, v. 1, n. 6, p. 71-81, 2018.

CAPÍTULO II:

**GALACTOMANANAS E PECTINAS ASSOCIADAS A ÓLEO ESSENCIAL DE
Lippia grata COMO REVESTIMENTOS PARA CONTROLE DE PODRIDÃO
PEDUNCULAR EM MANGA**

Obs: Scientia Agricola (A1)

Galactomananas e pectinas associadas a óleo essencial como revestimentos para controle de podridão em manga

RESUMO

O uso de revestimentos biodegradáveis na conservação de frutos tem sido estimulado devido aos efeitos positivos no prolongamento da vida útil e à versatilidade destas matérias-primas. As galactomananas (GMNs) e as pectinas (PECs) extraídas de espécies vegetais adaptadas ao bioma Caatinga podem compor matrizes e agregar efeitos a partir da associação a outros componentes, como óleos essenciais de ação antifúngica. Este estudo teve como objetivo identificar revestimentos biodegradáveis à base de GMNs e PECs associadas a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE) que preservem a qualidade de manga ‘Palmer’ bem como controlem podridões pós-colheita causadas por *Lasiodiplodia theobromae*. Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro para definir a melhor fonte entre PECs e GMNs. O segundo visou determinar a concentração mais adequada para a formulação do revestimento (0,25; 0,5 ou 0,75 %) associado ao OE. Os revestimentos foram aplicados por imersão, em mangas ‘Palmer’ inoculadas com *L. theobromae*, causador de podridão peduncular, e, após a secagem, foram armazenadas sob temperatura controlada. As GMNs foram a fonte mais adequada à composição dos revestimentos. O revestimento GMN a 0,5%, com e sem OE, permitiu a manutenção da qualidade, expressa por atraso na evolução da cor, na respiração, no amaciamento e no acúmulo de sólidos solúveis. Além disso, apresentou ação fungistática sobre *L. theobromae*.

Keywords: *Mangifera indica* L., armazenamento, atmosfera modificada, *Lasiodiplodia theobromae*.

ABSTRACT

The use of biodegradable coatings in fruit preservation has been stimulated due to the positive effects on extending the useful life and the versatility of these raw materials. Galactomannans (GMNs) and pectins (PECs) extracted from plant species adapted to the Caatinga biome can

compose matrices and add effects from the association with other components, such as essential oils with antifungal action. This study aimed to identify biodegradable coatings based on GMNs and PECs associated with *Lippia grata* (OE) nano encapsulated essential oil that preserves the quality of 'Palmer' mango as well as control postharvest rot caused by *Lasiodiplodia theobromae*. Two experiments were carried out, the first being to define the best source between PECs and GMNs. The second aimed to determine the most suitable concentration for the coating formulation (0.25; 0.5 or 0.75%) associated with OE. The coatings were applied by immersion, in 'Palmer' mangoes inoculated with *L. theobromae*, which causes peduncular rot, and, after drying, were stored under controlled temperature. GMNs were the most adequate source for the composition of the coatings. The 0.5% GMN coating, with and without OE, allowed the quality to be maintained, expressed by delayed color evolution, breathing, softening, and the accumulation of soluble solids. Also, it presented fungistatic action on *L. theobromae*.

Keywords: *Mangifera indica* L., storage, modified atmosphere, *Lasiodiplodia theobromae*.

INTRODUÇÃO

Os revestimentos biodegradáveis têm sido amplamente estudados para a manutenção da qualidade de frutas devido à eficiência e versatilidade de matérias-primas (Galus, 2019; Solano-Doblado et al., 2018). A busca por novos materiais para compô-los inclui o reaproveitamento de itens subutilizados ou desvalorizados economicamente.

O uso de polissacarídeos de origem vegetal nas matrizes desses produtos é bem documentado, com destaque para o amido proveniente de raízes, como a mandioca, e de tubérculos (Azeredo et al., 2016; Camatari et al., 2018). Porém, outras fontes vêm sendo apontadas como promissoras, como galactomananas (GMNs), polissacarídeos extraídos de sementes (Lima et al., 2010), e pectinas (PECs), que têm sido testadas em revestimento de

frutas minimamente processadas (Silva et al., 2018).

Uma alternativa ao uso de agentes químicos, pode ser a adição de óleos essenciais nessas formulações devido o potencial antimicrobiano que apresentam. Aquino et al. (2015) relataram a eficiência do uso de óleo essencial de *Lippia grata* em revestimentos à base de amido de mandioca e quitosana para a manutenção da qualidade microbiológica de goiaba, proporcionando ganho na vida útil e na aparência dos frutos. No entanto, para que o OE apresente o efeito esperado são necessárias técnicas de estabilização, dada sua imiscibilidade e volatilidade. Uma das alternativas é através da técnica de nanoencapsulamento (Balim et al., 2019; Pinto et al., 2016).

Em frutos climatéricos, como a manga, tecnologias para reduzir o metabolismo, que também os torna mais susceptíveis a patógenos, precisam ser adotadas. Entre os patógenos, os de infecção quiescente requerem maior atenção por se manifestarem após o climatério, como é o caso da podridão peduncular. Nos pomares de mangueira do Submédio do Vale do São Francisco, *Lasiodiplodia theobromae* é o patógeno mais associado a esses danos, respondendo por cerca de 48% das infecções causadas por agentes desse gênero (Batista et al., 2017; Marques et al., 2013).

O objetivo deste estudo foi identificar revestimentos biodegradáveis à base de galactomananas e pectinas, associadas ao óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* que preservem a qualidade de manga ‘Palmer’ bem como controlem podridões pós-colheita causadas por *L. theobromae*.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material de estudo

Mangas ‘Palmer’ oriundas de empresa exportadora, no município de Petrolina-PE, foram colhidas no estágio de maturação 2, caracterizado por coloração de fundo verde claro.

Os frutos foram lavados e sanitizados em solução clorada, a 200 ppm por 5 minutos.

As fontes de revestimentos estudadas foram galactomananas (GMNs) e pectinas (PECs). As GMNs foram obtidas a partir de sementes de algaroba (*Prosopis juliflora*), conforme descrito por Rodrigues et al. (2016). As PECs foram extraídas de frutos de maracujá-do-mato (*Passiflora cincinnata*), conforme descrito por Pinheiro (2008). O óleo essencial de *Lippia grata* (OE) foi extraído das folhas da planta, segundo metodologia descrita por Souza et al. (2017).

Para a inoculação, o isolado de *L. theobromae* isolado de frutos de mangas com sintomas de podridão peduncular, pertencente a coleção do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Semiárido, foi cultivado em meio BDA (batata-dextrose-ágar) e incubado a 25° C, em fotoperíodo de 12 horas, por cinco dias.

Inoculação dos frutos

Para a inoculação, realizou-se ferimento em dois locais do fruto, próximo ao pedúnculo e ao ápice, com um conjunto de três agulhas entomológicas esterilizadas, com 1 mm de comprimento cada. Sobre cada ferimento, foi depositado um disco de micélio de 0.5 cm de diâmetro retirado da borda da colônia. O micélio foi fixado com o auxílio de fita adesiva transparente de 12 mm de largura. Após 16 horas de inoculação, a fita com o micélio foi retirada para a aplicação dos revestimentos.

Preparo e aplicação dos revestimentos

Em dois experimentos, foram testadas combinações de GMNs e PECs, associadas ou não a OE nanoencapsulado, a 500 ppm. As soluções também continham cera de carnaúba (a 0.5%, no experimento I, e a 0.3%, no experimento II) e Tween 80 a 0.1%.

Descrição dos tratamentos

No experimento I, comparou-se a aplicação de revestimentos à base de GMNs e PECs, ambos a 0.5%. No experimento II, foram avaliadas concentrações da fonte de melhor

desempenho do estudo anterior.

Os revestimentos foram aplicados por imersão dos frutos. Antes da aplicação, em ambos os experimentos, os frutos foram inoculados com *L. theobromae*. Após a secagem dos revestimentos, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão paletizáveis e mantidos em temperatura controlada.

No experimento I, foram testados seis revestimentos: controle (sem revestimento), controle (sem revestimento) inoculado, PEC, PEC + OE, GMN e GMN + OE. Os frutos foram mantidos a temperatura de 23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR, e avaliados aos 0, 3, 6, 8, 10, 12 e 14 dias.

No experimento II, foram estudados: controle (sem revestimento), GMN a 0.25%, GMN a 0.25% + OE, GMN a 0.5%, GMN a 0.5% + OE, GMN a 0.75% e GMN a 0.75% + OE, mantidos a temperatura 23.8 ± 2.1 °C e $90 \pm 5\%$ UR, em avaliações aos 0, 3, 6, 8, 10, 12, 14, 16 e 18 dias.

Avaliações e análise estatística

Os frutos do experimento I foram analisados quanto a: perda de massa, a partir da pesagem dos frutos em balança semi-analítica no dia da colheita e em cada data de avaliação; taxa respiratória, a partir de medição, em analisador de gases Witt PA 7.0, dos níveis de oxigênio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂) emitidos pelos frutos mantidos por dez minutos em recipiente hermeticamente fechado; cor de casca e de polpa, avaliando-se os atributos L* (luminosidade), C* (croma) e °Hue (ângulo hue), em colorímetro Minolta CR 400, com leitura na região verde da casca e na região mediana da polpa; teores de clorofilas a e b e de β-caroteno ($\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) por espectrofotometria, conforme metodologia de Nagata e Yamashita (1992); firmeza da polpa, em texturômetro eletrônico Extralab TAXT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), com ponteira de 6 mm de diâmetro, em leituras realizadas nos dois lados e na região mediana; teor de sólidos solúveis (SS), por meio de leitura em

refratômetro digital (AOAC, 2012); acidez titulável (AT), utilizando-se titulador automático modelo Titrino plus-Metrohm e solução de NaOH a 0,1 M (IAL, 2005); teor de polifenóis extraíveis totais (PET, $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), por extração em metanol a 50% e acetona a 70% e medições por espectrofotometria, como descrito por Larrauri et al. (1997); e severidade da doença, medida por meio de escala diagramática proposta por Brodrick (1978), aplicando-se, em seguida, a fórmula da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), segundo Campbell e Madden (1990).

Neste experimento, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, de quatro frutos por repetição. Os frutos dos tratamentos que se mantiveram em condições de serem avaliados até o final do armazenamento tiveram seus dados analisados em função dos revestimentos (controle; controle inoculado; GMN; GMN + OE) e do tempo, em arranjo fatorial 4 x 8. Os frutos dos demais tratamentos (PEC e PEC + OE) foram analisados separadamente e apenas em função do tempo de armazenamento até o 8º e 10º dias, respectivamente.

Os dados foram avaliados quanto à normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. As variáveis cujos dados tiveram distribuição normal foram submetidas à análise de variância pelo teste F ($p < 0.05$). No experimento I, para o fator tempo e para a interação com os revestimentos, foi aplicada análise de regressão polinomial até o segundo grau, para os tratamentos PEC, ou até o terceiro grau, para os demais, considerando coeficientes de determinação (R^2) superiores a 70% e a significância dos parâmetros de regressão pelo teste t. Para o efeito isolado do revestimento, foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0.05$), quando o teste F foi significativo ($p < 0.05$). Os dados que não apresentaram distribuição normal foram apresentados por suas médias e desvios-padrões.

No experimento II, análises destrutivas do teor de SS, AT, cor de polpa, firmeza de polpa e teor de PET foram realizadas no dia da colheita, para 16 frutos representativos do lote

colhido, e no último dia de armazenamento, quando as mangas estavam maduras. Durante o período, foram realizadas avaliações não destrutivas de: perda de massa, taxa respiratória, cor da casca e severidade da doença, conforme métodos já descritos.

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, em fatorial 7 x 9 (revestimento x tempo de armazenamento), com quatro repetições de quatro frutos cada. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0.05$). O fator tempo foi estudado para as variáveis medidas ao longo do armazenamento, cujo efeito isolado ou em interação com revestimento, foi analisado por regressão polinomial até o terceiro grau, considerando $R^2 > 70\%$ e significância dos parâmetros de regressão pelo teste t. O efeito do fator revestimento foi avaliado pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I

L. theobromae é um patógeno de estabelecimento e crescimento rápidos, o que, aliado à forma de inoculação adotada promoveu condições ideais para a infecção e reduziu a vida útil dos frutos em alguns tratamentos. O tempo máximo de armazenamento foi de 14 dias, tendo os revestimentos com as combinações de PEC resultado em vida útil reduzida dos frutos, devido à alta severidade da doença.

A perda de massa foi mais lenta nos frutos revestidos com GMNs (Figura 1A), sendo inferior a 8%, o que é aceitável segundo Hussain et al. (2010). Os autores apontaram que valores superiores a 10% são prejudiciais à qualidade, tornando a superfície dos frutos propensa a defeitos que comprometem sua aceitação. Observou-se murcha nos frutos do controle com e sem inoculação, a partir do 8º dia, enquanto nos revestidos com as combinações de GMNs, sinais iniciais ocorreram a partir do 12º dia.

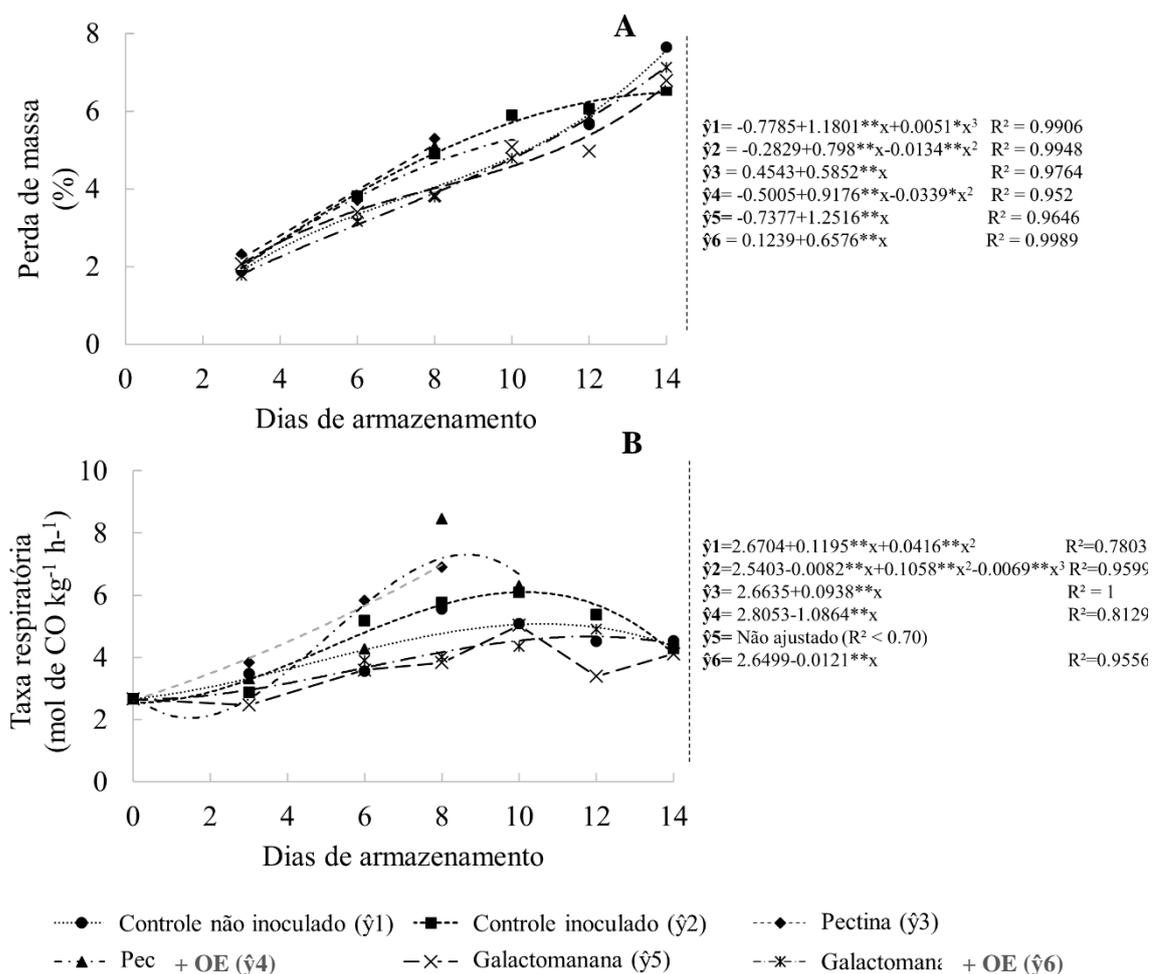


Figura 1. Perda de massa (A) e taxa respiratória (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada ($23.2 \pm 2,1$ °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

Considerando os tratamentos com GMNs, é possível que a presença do OE tenha afetado a estrutura do revestimento, limitando sua propriedade de redução da perda de água. Esta associação resultou em maior perda de massa dos frutos. Ao contrário dessa resposta, Hashemi e Khaneghah (2017), avaliando a inserção de óleo essencial de orégano em filmes de goma de manjeriço, observaram que o aumento das concentrações do óleo na matriz reduziu a permeabilidade ao vapor de água. A adição de óleo essencial na matriz de revestimentos à base de polissacarídeos supera deficiências na solubilidade de água e permeabilidade ao vapor de água decorrentes da natureza do material (Souza et al., 2019). No presente estudo, cogita-se que uma interação entre os componentes do revestimento e os compostos da casca do fruto tenha promovido a resposta.

Para a taxa respiratória, foram observados incrementos desde o início do armazenamento (Figura 1B). Os frutos não revestidos apresentaram pico respiratório entre o 8º e 10º dia de armazenamento. Nos frutos revestidos com PEC + OE, o pico ocorreu ao 8º dia, sinalizando que não houve eficiência no controle das trocas gasosas. Os frutos revestidos com PEC e GMN + OE não exibiram pico respiratório. No primeiro caso, a resposta pode ser atribuída ao curto tempo de avaliação, enquanto, no segundo, pode-se deduzir que o pico ocorreria em tempo posterior ao avaliado. A possibilidade de pico tardio sugere eficiência do revestimento em retardar o amadurecimento.

Camatari et al. (2018) relataram que a redução das taxas respiratórias em frutos revestidos indica a formação de uma barreira que reduz a concentração de O₂ em seu entorno. Com a conseqüente redução da atividade respiratória, o metabolismo se torna mais lento, permitindo uma extensão da vida útil.

A luminosidade da casca nos frutos revestidos diminuiu durante o armazenamento (Figura 2A). Essa diminuição evidencia um retardo na evolução da coloração de casca. Por sua vez, indica atraso na maturação dos frutos (Jongsri et al., 2016).

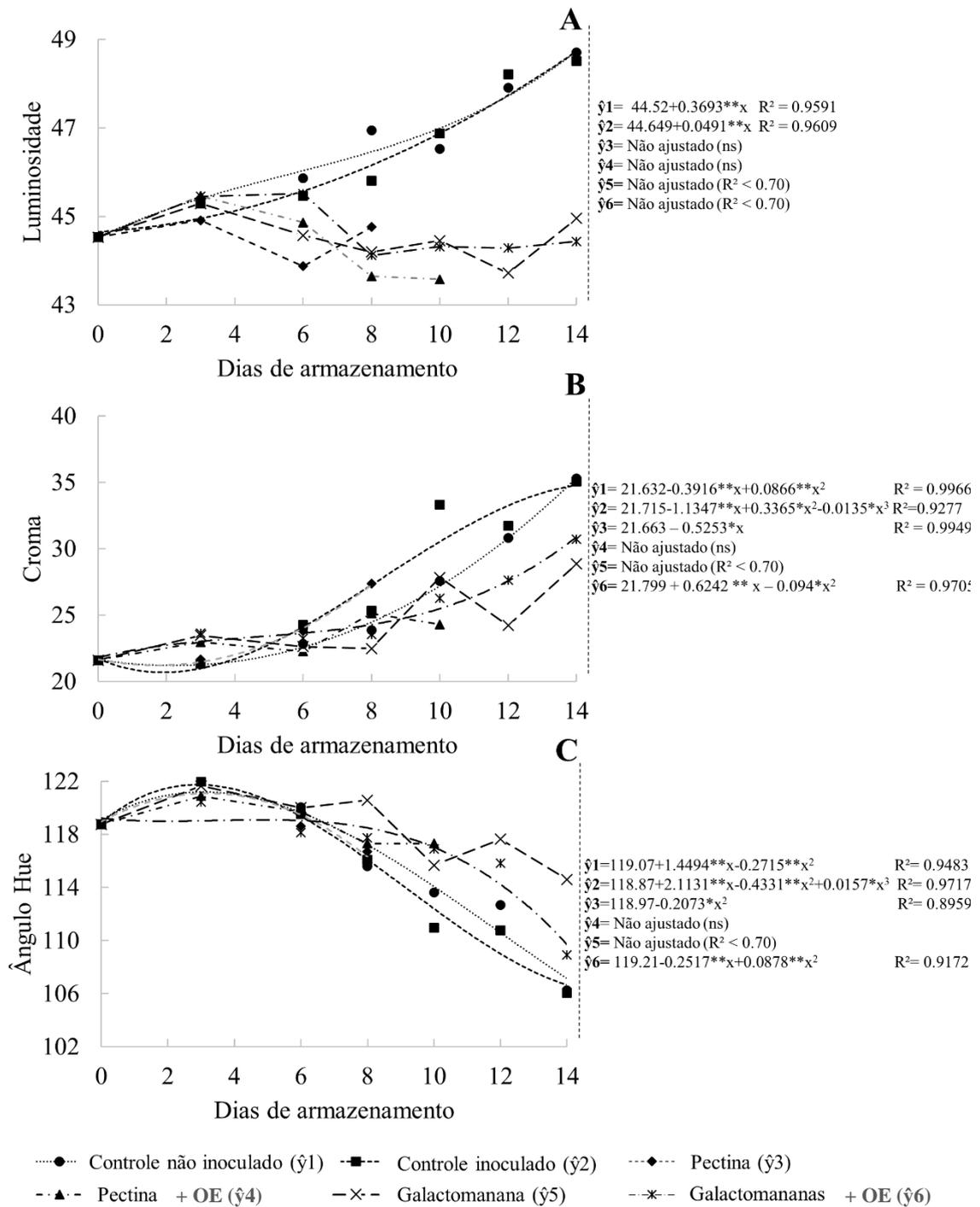


Figura 2. Atributos de cor luminosidade (A), croma (B) e ângulo de cor (C) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

Em mangas ‘Tommy Atkins’, Azeredo et al. (2016) observaram aumento na

luminosidade da casca tanto em frutos com revestimentos à base de amido de mandioca associado a óleos essenciais de erva doce ou orégano e de quitosana, com glicerol, como no controle. Costa et al. (2016) observaram o mesmo, avaliando revestimentos à base de amido de mandioca, em mangas ‘Palmer’. No presente estudo, os revestimentos não interferiram na degradação de pigmentos da casca ou na perda de cera epicuticular.

O croma da casca, índice de intensidade de cor, aumentou com o avanço do armazenamento, com destaque para os frutos não revestidos (Figura 2B). Por sua vez, os valores de °Hue da casca, mantiveram-se maiores nos frutos revestidos, indicando retardo na evolução da coloração da casca. Porém, todos os frutos revestidos apresentaram, ao 14º dia, valores correspondentes ao espectro de cor amarelo, variando de 106.05º a 114.59º (Figura 2C). O melhor desempenho na manutenção dos atributos de cor da casca foi observado nos frutos revestidos com GMNs combinado com OE. A inserção de óleo na matriz potencializou o retardo nas modificações de cor de casca, que são naturais do amadurecimento e decisivas na determinação da maturidade e da qualidade dos frutos. Essas modificações são devido à degradação das clorofilas e à síntese de carotenoides, sendo relacionadas com a taxa respiratória e a liberação de etileno (Zerbini et al., 2015).

O retardo na evolução da maturação dos frutos e no aparecimento de sintomas da infecção por *L. theobromae* pode ser notado visualmente, sendo bastante acentuado o efeito dos revestimentos a partir das combinações de galactomananas (Figura 3). Nestes revestimentos, os frutos alcançaram o fim do armazenamento ainda com a coloração de casca predominantemente verde clara.

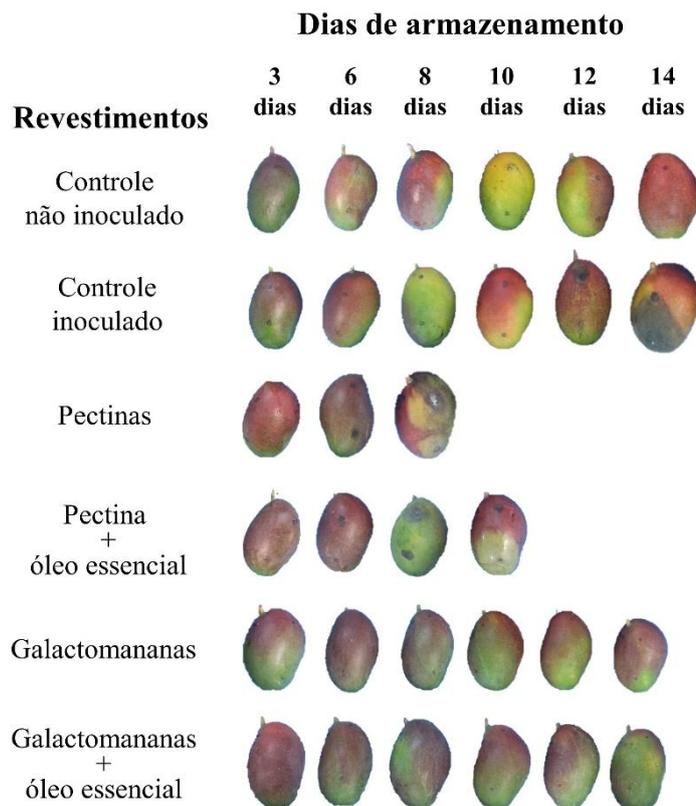


Figura 3. Aspecto visual da evolução da coloração de casca de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

A luminosidade da polpa diminuiu durante o armazenamento, tendo os frutos sob revestimento à base de GMNs e o controle inoculado, apresentado os maiores valores ao fim do período (Figura 4A). Oliveira et al. (2018), ao avaliar mangas revestidas com extrato de algas *Chlorella* sp., relataram variações mínimas na L da polpa durante o armazenamento. A eficiência de um revestimento na manutenção da qualidade de frutos está ligada à natureza química dos seus componentes. O uso de polissacarídeos nessas matrizes tende a fornecer maior transparência e homogeneidade, com características mecânicas moderadas o suficiente para promover mudanças no metabolismo, com modificações principalmente na respiração (Souza et al., 2019). É possível identificar que os revestimentos contendo GMNs foram essenciais na manutenção dos valores de L, que é uma característica importante na percepção

do consumidor sobre a qualidade do produto.

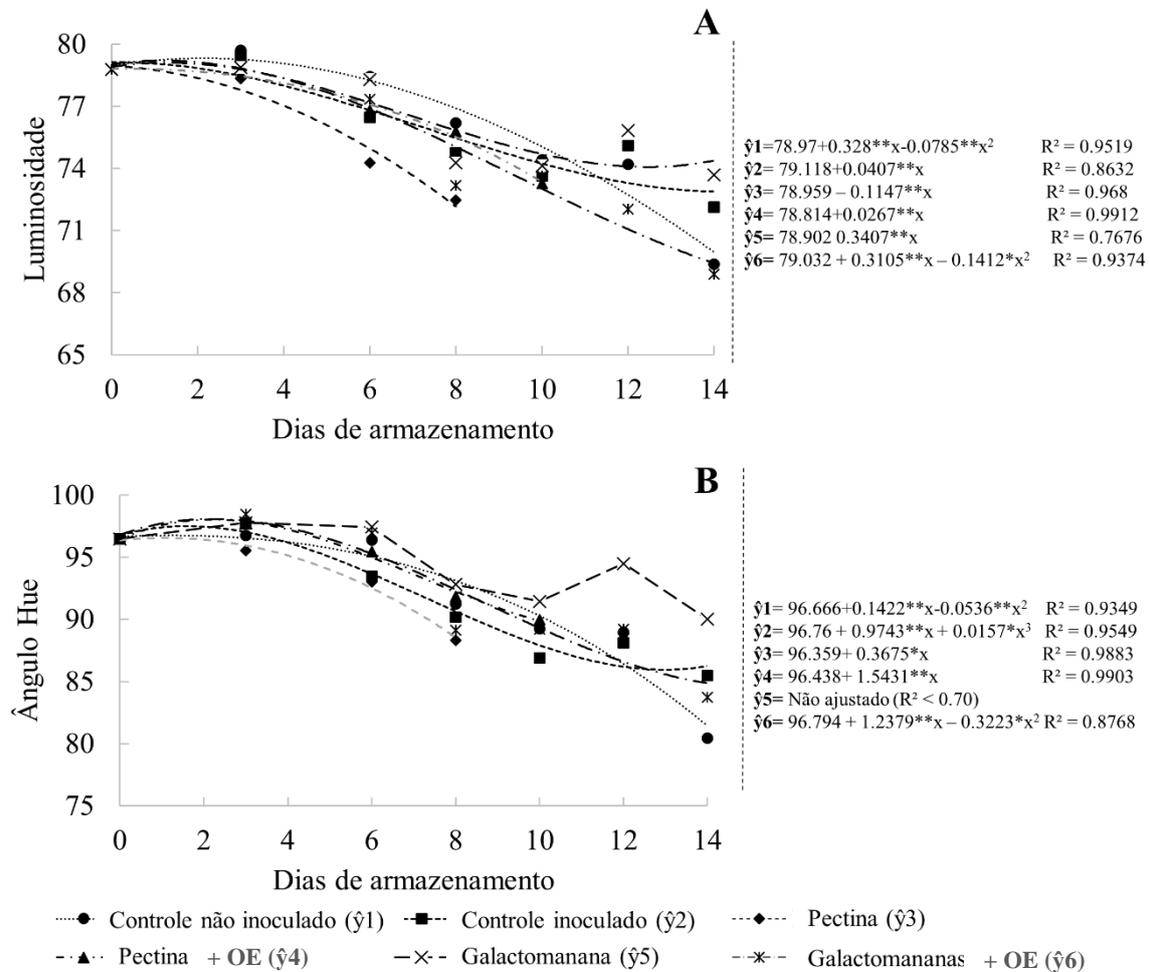


Figura 4. Luminosidade (A) e ângulo Hue (B) da polpa de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

O croma da polpa sofreu efeito da interação entre revestimentos e tempos de armazenamento apenas para os tratamentos à base de PEC, para os quais houve aumento durante o período (Figura 4A). Para os demais tratamentos, registrou-se aumento uniforme de 55, no início do período, a 60, na última avaliação (Figura 4B). As pequenas variações no C indicam que não houve intensificação da coloração da polpa no período do armazenamento.

Costa et al. (2016) também não observaram alterações relevantes nos valores de C durante o armazenamento de mangas revestidas com amido de mandioca.

O revestimento apenas com GMNs proporcionou manutenção dos valores de °Hue da polpa dos frutos, que variaram de 96°, no início do armazenamento, a 90°, aos 14 dias (Figura 3B). A redução dos valores do °Hue está associada à síntese de carotenóides, que resulta em coloração alaranjada (Cordeiro et al., 2014), acentuando-se a partir da fase final do desenvolvimento dos frutos até o amadurecimento (Zhao et al., 2019).

A cor de polpa além de ser um importante indicativo do ponto de colheita dos frutos, também é fundamental para a escolha do consumidor e para o uso dos frutos pela indústria. No caso da indústria, polpas de coloração mais intensa dispensam o uso de outros aditivos. Na Figura 5, é possível observar a coloração da polpa dos frutos revestidos, sendo evidente o tom mais claro nas mangas que receberam revestimentos à base de galactomananas.

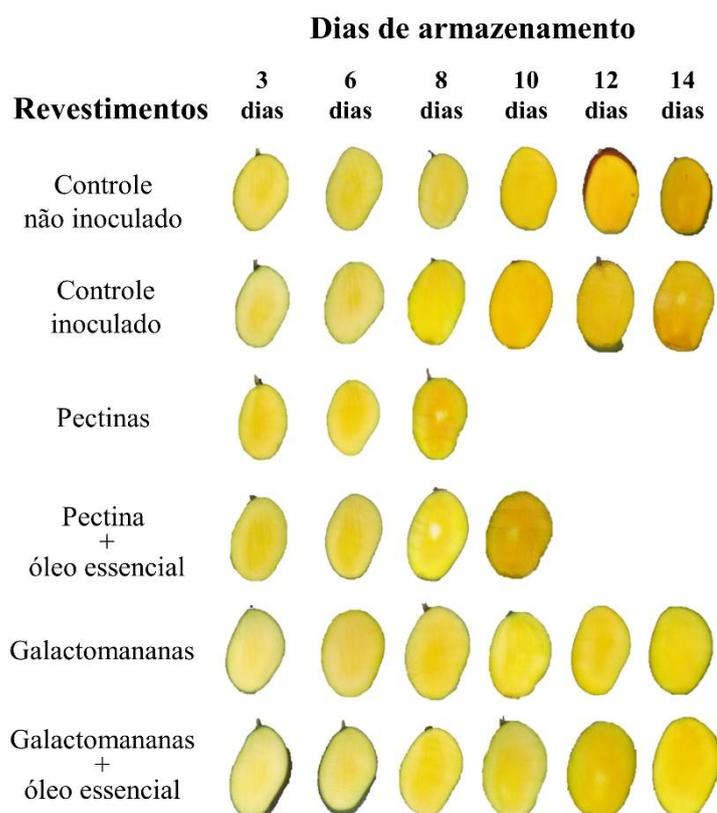


Figura 5. Aspecto visual da evolução da coloração de polpa de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de galactomananas e

pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

Os teores de clorofilas *a* e *b* na polpa dos frutos não se mostraram expressivos, apresentando valores inferiores a $1 \mu\text{g g}^{-1}$, por isso não foram analisados e explorados para fins de avaliação dos efeitos dos revestimentos e do tempo de armazenamento. O teor de β -caroteno aumentou durante o armazenamento, sendo os frutos do controle absoluto e do controle inoculado os que apresentaram os maiores valores, demonstrando maturação mais avançada (Figura 6A). O uso de revestimentos atrasou a síntese deste pigmento, em especial o tratamento apenas com GMNs, indicando retardo na maturação. Esta resposta tem relação direta com o observado para a coloração da polpa, que depende da síntese destes pigmentos. Naeem et al. (2018) salientaram que os pigmentos dos cloroplastos são degradados enquanto os dos cromoplastos, que, na manga, são particularmente os carotenoides, são sintetizados e esterificados pelos ácidos graxos.

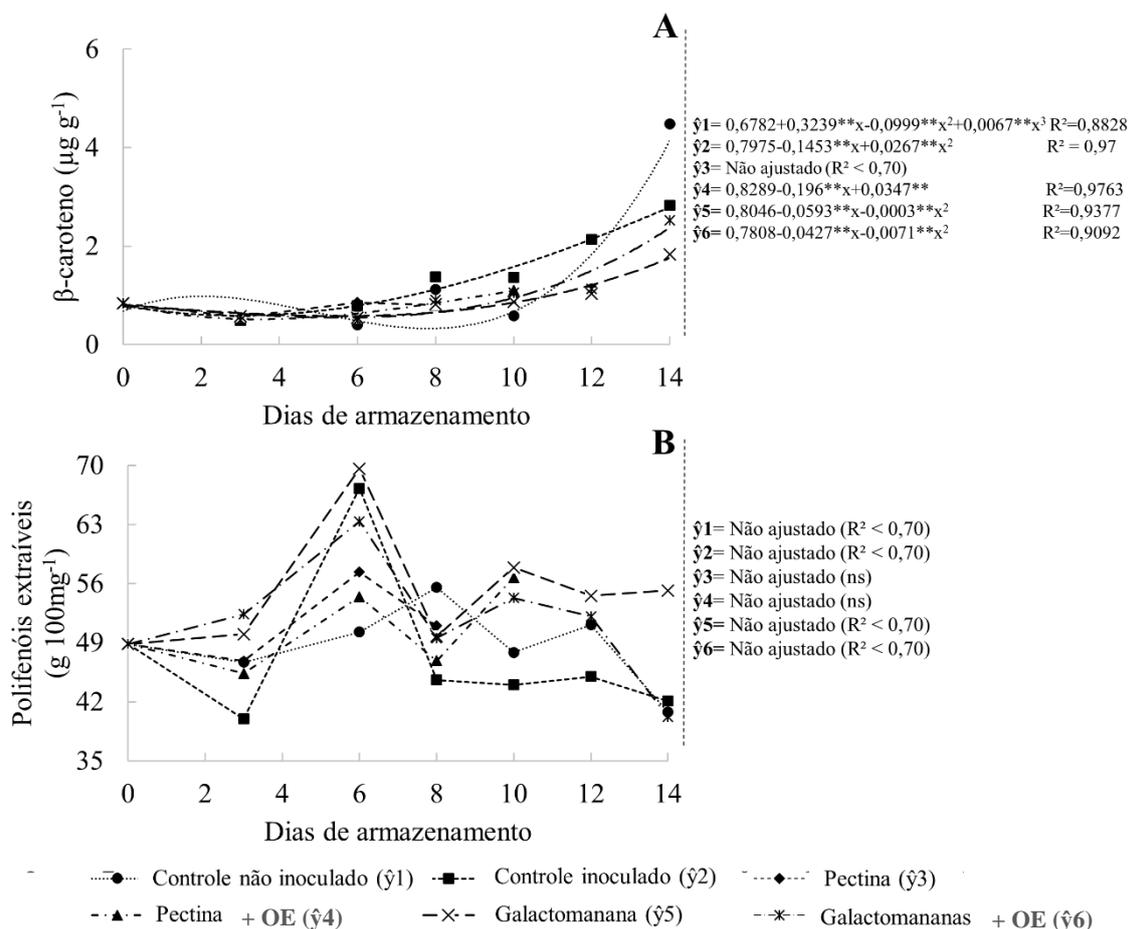


Figura 6. Teor de β -caroteno (A) e de polifenóis extraíveis totais (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas e galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

Aumento abrupto, semelhante ao observado nos frutos do controle ao final do armazenamento, foi relatado por Daisy et al. (2020) em mangas revestidas com goma arábica. Os autores atribuíram o maior teor de β -caroteno nos frutos do controle a processos de deterioração, que desencadearam síntese de carotenoides equivalente ao amadurecimento.

A firmeza da polpa foi influenciada pela interação entre revestimentos e tempo de armazenamento apenas para os tratamentos com PECs (Figura 7A). Nestes, houve perda de

firmeza, com ênfase para o tratamento apenas com PEC, em que o valor, ao 8º dia, correspondia a 9% do inicial. Os frutos controle e revestidos com GMN e com GMN + OE foram influenciados pelos efeitos isolados de revestimentos e tempo de armazenamento (Figura 7B). Os valores variaram de 70 N, no início, a 4 N, ao fim do armazenamento. Ambas as combinações de revestimentos à base GMNs foram mais eficientes na manutenção da firmeza da polpa que o tratamento controle com inoculação.

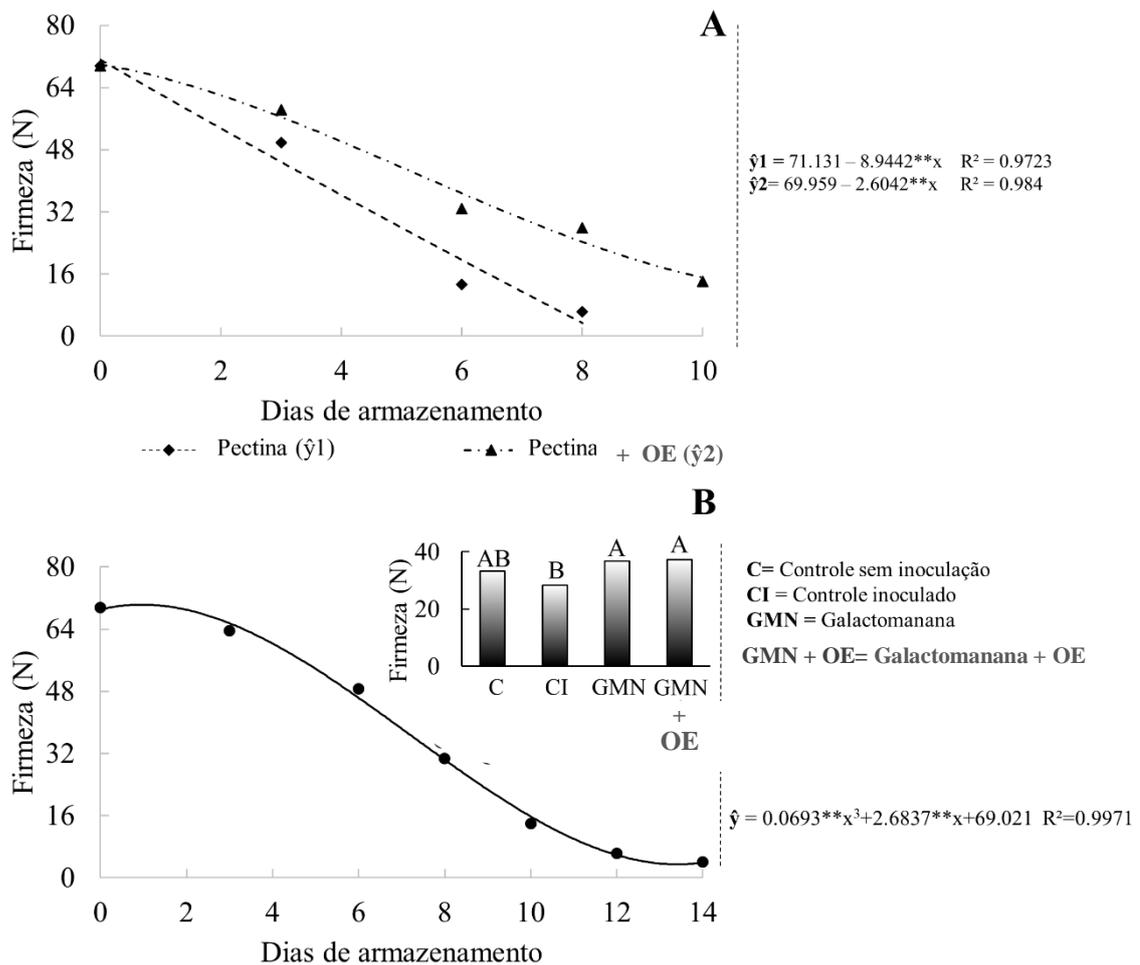


Figura 7. Firmeza da polpa de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* – OE (A) ou com revestimentos de galactomananas associadas ou não a OE comparadas ao controle (B), durante o armazenamento em temperatura controlada ($23.2 \pm 2.1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR) por até 10 ou 14 dias, respectivamente.

Em A, está representado o efeito o da interação e, em B, os efeitos isolados do tempo e dos revestimentos à base de galactomananas comparados ao controle.

Em B, no gráfico de barras, letras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Alguns autores têm relatado a eficiência do uso de revestimentos no retardo da perda de firmeza em mangas (Eshetu et al., 2019; Jongsri et al., 2016; Oliveira et al., 2018). O efeito está associado à solubilização de pectinas durante a maturação, promovida por protopectinases e pectina metilesterases (Wills e Goulding, 2015).

O teor de SS e a AT foram influenciados pela interação entre revestimentos e tempo de armazenamento, apresentando, caracteristicamente, respostas opostas durante o período (Figuras 8A e 8B). Essas alterações bioquímicas são comuns durante o amadurecimento de mangas (Cissé et al., 2015). O revestimento com GMN + OE resultou em frutos com maiores teores de SS ao fim do armazenamento (Figura 8A) e semelhantes ao observado naqueles revestidos com PEC + OE. Os teores são indicativos do avançado metabolismo destes frutos, visto que o aumento em SS se deve, em parte, à degradação de amido, que aumenta nos estádios finais da maturação. Especificamente, o que reduz o teor de SS de frutas e hortaliças é a respiração, que consome esses compostos (Yin et al., 2019), sendo notório naqueles que não possuem reservas de amido ou têm teores limitados, seja naturalmente seja decorrente dos processos degradativos.

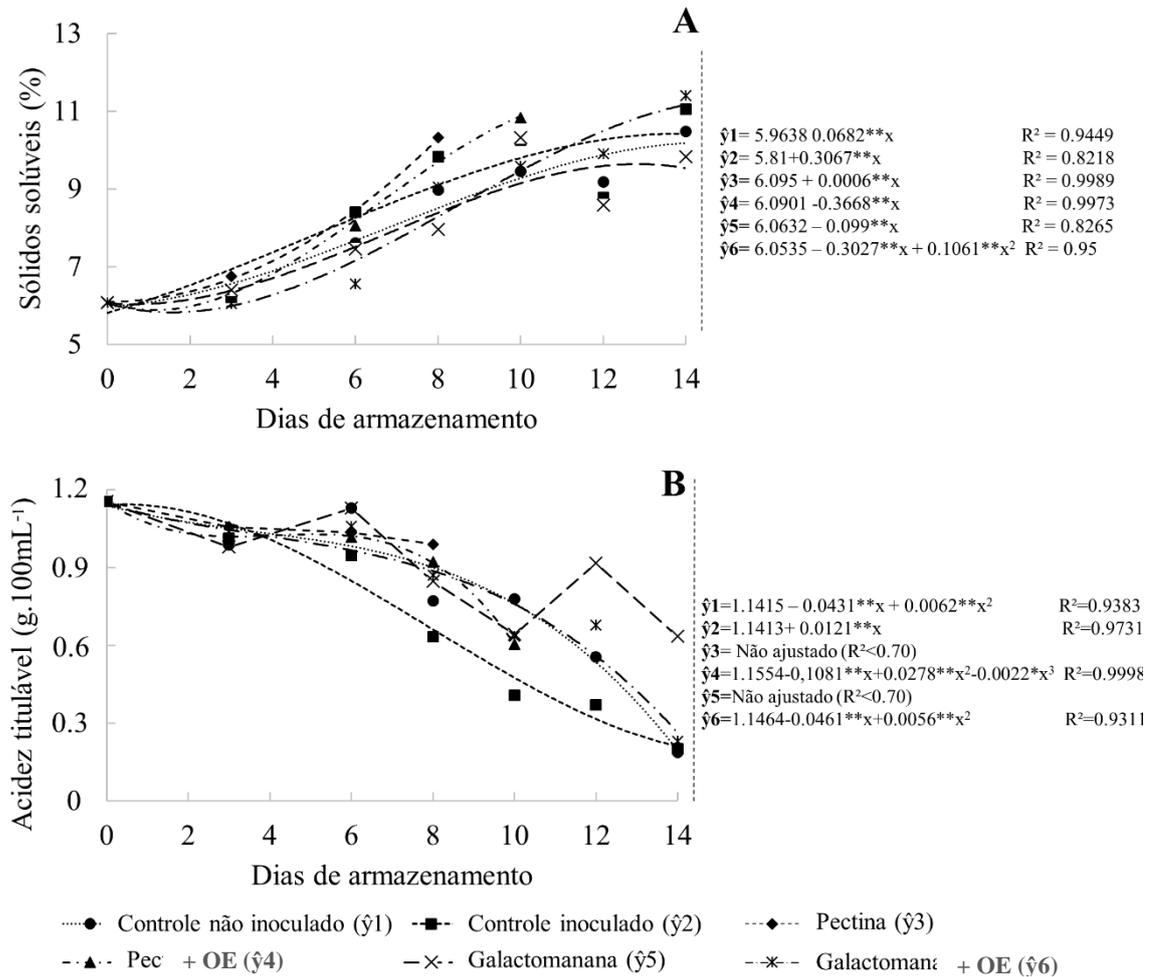


Figura 8. Teor de sólidos solúveis (A) e acidez titulável (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de pectinas e galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada ($23.2 \pm 2.1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

A AT diminuiu no decorrer do armazenamento, o que é um efeito comum dado o consumo de ácidos orgânicos pela respiração (Figura 6B). A aplicação dos revestimentos permitiu redução mais lenta, tendo o tratamento GMN resultado em frutos com AT três vezes maiores que os do controle, ao final do período. Resposta semelhante foi relatada em mangas ‘Landra’ revestidas com quitosana e espermidina (Zahedi et al., 2019).

O teor de PET variou entre os frutos revestidos durante o armazenamento, atingindo,

ao fim do período, 40.2 a 55 g 100 mg 100 g⁻¹ (Figura 6B). Os maiores teores foram observados entre o 6º. e o 8º. dia. Ibarra-Garza et al. (2015) e Lucena et al. (2011) relataram respostas equivalentes, respectivamente, em mangas ‘Keitt’ e ‘Tommy Atkins’.

Os frutos que receberam revestimento à base de GMNs apresentaram os maiores teores durante todo o armazenamento, sinalizando maior eficiência na preservação dos PET. A resposta sugere maior potencial para a mitigação dos efeitos deletérios do amadurecimento. Como estes compostos estão envolvidos na atividade antioxidante, tendo ações anti-inflamatória e anticarcinogênica, sua presença é importante para a proteção do vegetal contra patógenos e espécies reativas de oxigênio. Entre os polifenóis mais relevantes encontrados na polpa da manga, estão quercetina e, em menores níveis, caempferol, rhamnetina, fisetina e miricetina (Maldonado et al., 2019).

Na AACPD, os menores valores indicam efeito positivo no combate à doença. Portanto, os revestimentos apresentaram impacto na AACPD, sendo que o uso daqueles à base de GMNs reduziu a severidade da doença nos frutos, com destaque para o revestimento combinado GMN + OE (Figura 9). Neste, os valores, com AACPD de 0.88, representaram cerca de 1% dos observados nos frutos inoculados sem revestimento.

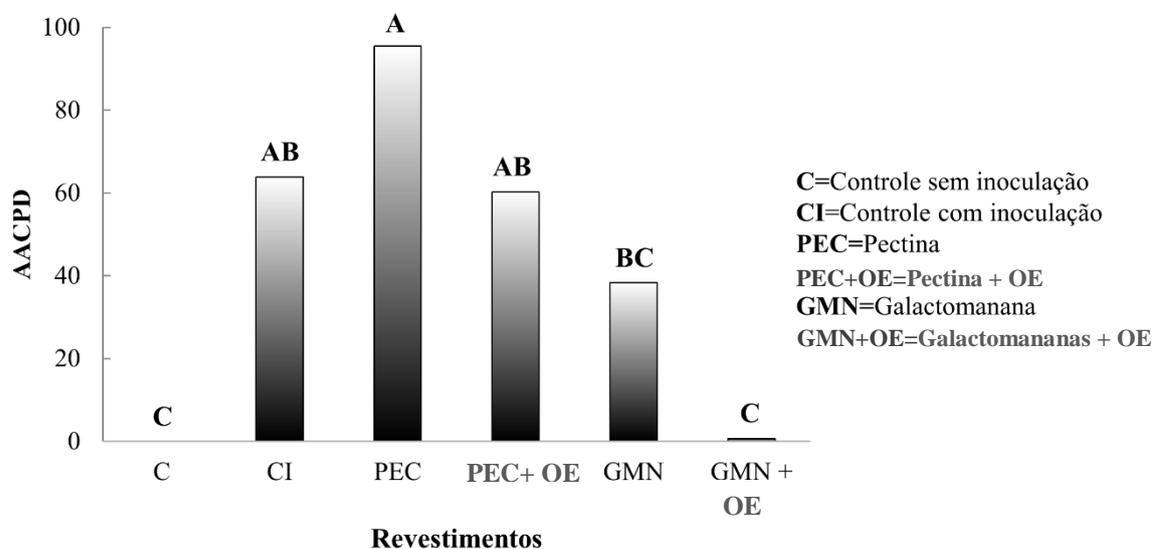


Figura 9. Valores da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos à base de

pectinas e galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por até 14 dias.

Letras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Métodos alternativos de controle de podridões pós-colheita em frutos vem sendo objeto de pesquisas, sendo que os agentes mais explorados têm sido os extratos vegetais e os óleos essenciais (Oliveira et al., 2017; Perumal et al., 2017). O óleo essencial de *L. grata* foi avaliado com sucesso na inibição do crescimento de bactérias em goiabas (Aquino et al., 2015) e em morangos (Azevedo et al., 2014). Porém, o mecanismo de ação, quando utilizado como fungistático na pós-colheita, ainda é desconhecido. Pesquisas são necessárias para desvendar rotas e mecanismos de ação (Oliveira et al., 2012). Também não há relatos de como ocorre a ação do óleo essencial de *L. grata* sob o desenvolvimento e atividade de *L. theobromae*, sendo este o primeiro estudo no assunto.

Experimento II

A GMN foi escolhida, para este estudo, com base nos resultados discutidos anteriormente, observando-se maior benefício para a qualidade da manga ‘Palmer’.

As mangas ‘Palmer’, colhidas na maturidade fisiológica, foram caracterizadas para atributos físico-químicos de qualidade, como referencial para avaliar as mudanças ao fim do armazenamento (Tabela 1). A luminosidade da casca de mangas aumentou (Figura 10A). O revestimento com GMN a 0.75% + OE proporcionou o menor acréscimo, resultando em 46.12, ao final do armazenamento. Este valor é próximo do observado no início do período. Por sua vez, o croma também tendeu ao aumento durante o armazenamento, com menores valores nos frutos submetidos ao revestimento com GMN a 0.75% (Figura 10B). Os revestimentos foram eficientes em retardar o avanço na coloração da casca das mangas, sendo

esse efeito diretamente proporcional ao aumento das concentrações de GMNs. Provavelmente, o aumento da concentração do polissacarídeo acarretou em diminuição da permeabilidade do revestimento.

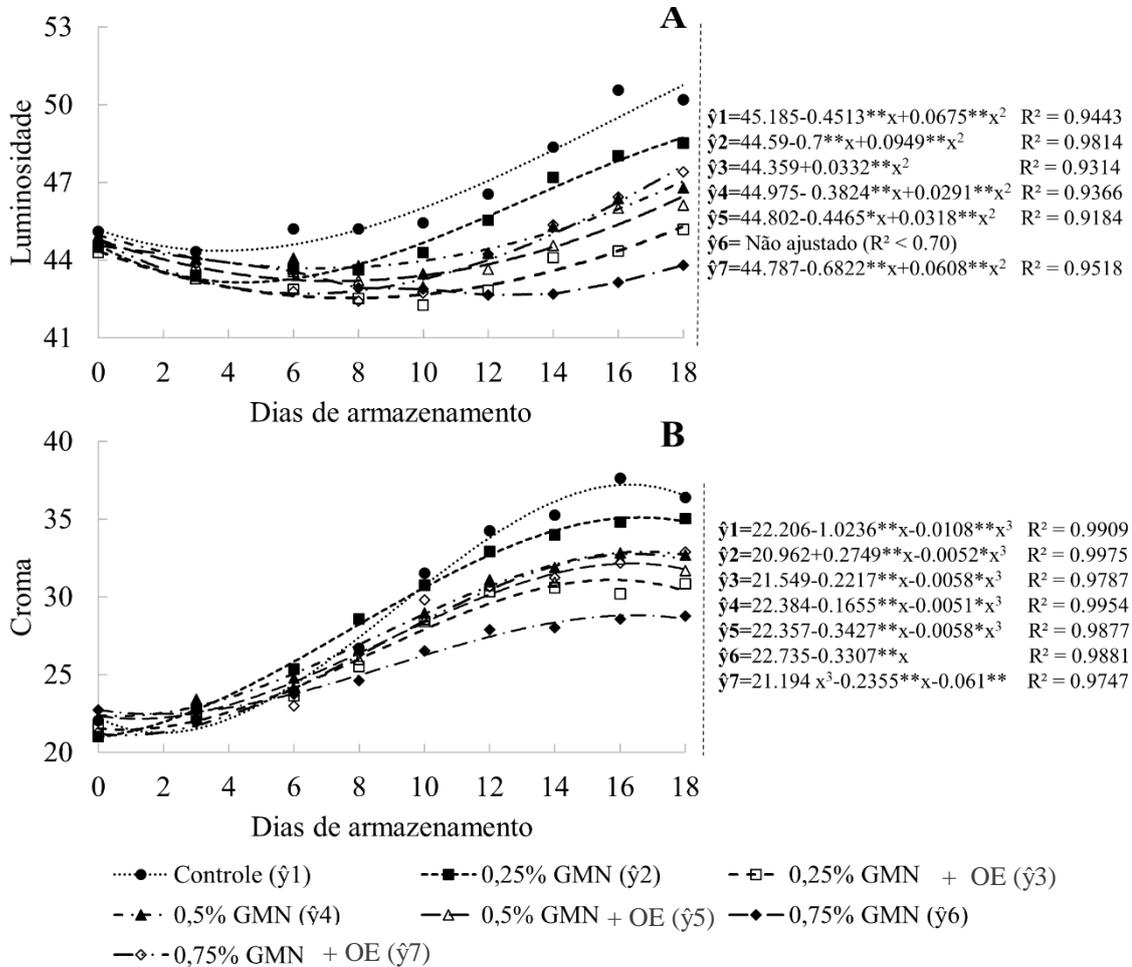


Figura 10. Coloração da casca, medidas por meio da luminosidade (A) e croma (B), de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* e tratadas com revestimentos com diferentes concentrações de galactomananas (GMN) associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE), durante o armazenamento em temperatura controlada (23.2 ± 2.1 °C e $90 \pm 5\%$ UR) por até 18 dias.

A diminuição no ângulo °Hue da casca das mangas durante o armazenamento representa a perda de coloração verde e amarelecimento da casca (Figuras 11A). Entre os revestimentos, o tratamento GMN a 0.75% foi eficiente em reduzir o avanço do

amarelecimento da casca, diferindo do controle e de GMN a 0.25%. Segundo Jongsri et al. (2016), a luminosidade e o ângulo Hue são os atributos ideais para indicar as mudanças da coloração da casca de mangas, já que, no momento em que os valores de L aumentam, os de $^{\circ}$ Hue diminuem, representando a transição de verde para amarelo.

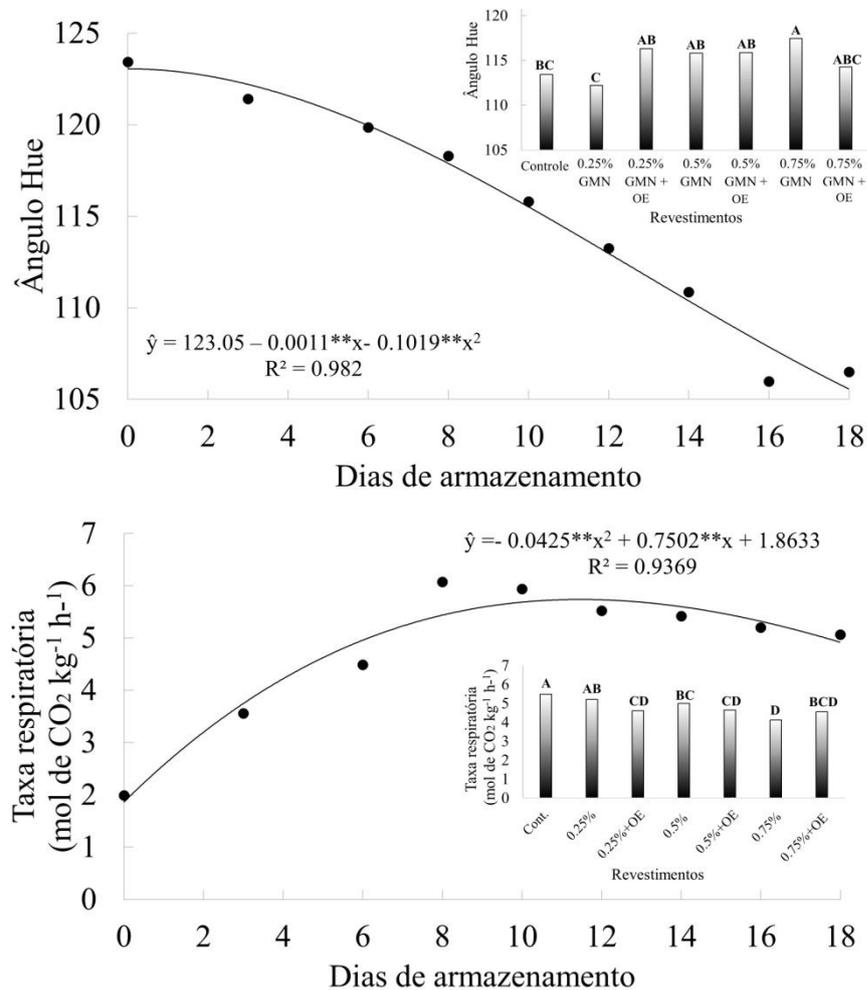


Figura 11. Ângulo Hue da casca (A) e atividade respiratória (B) de mangas ‘Palmer’ inoculadas com *Lasiodiplodia theobromae* sob efeito de revestimentos com diferentes concentrações de galactomananas (GMN) associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE) e do armazenamento em temperatura controlada ($23.2 \pm 2.1^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR) por até 18 dias.

Os tempos de armazenamento e os revestimentos, como fatores isolados,

influenciaram a respiração (Figura 11B). O pico respiratório ocorreu entre o 8º e 10º dia, tendo todos os revestimentos reduzido a atividade respiratória dos frutos, com ressalva para o tratamento GMN a 0.25%, que não diferiu do controle (Figura 11B). Segundo Siddiqui et al. (2017), a diminuição da taxa respiratória é uma das principais respostas associadas ao prolongamento da vida útil de frutas e hortaliças, visto que interfere em diversos processos metabólicos. Avaliando a aplicação de revestimentos constituídos pela associação de GMNs e colágeno, Lima et al. (2010) observaram redução de cerca de 28% no consumo de oxigênio e de 11% na produção de dióxido de carbono. Em maçãs, essa redução atingiu aproximadamente 50% da taxa de transferência de ambos os gases.

A perda de firmeza da polpa das mangas durante o armazenamento não diferiu entre os revestimentos ao fim do período, diferentemente do teor de SS que aumentou, tendo o revestimento GMN a 0,5% + OE proporcionado os maiores incrementos (Tabela 1). Com relação à AT, o revestimento com GMN a 0,75% diferiu dos demais, podendo os altos valores observados serem relacionados à baixa taxa respiratória destes frutos, visto que a redução nesse processo metabólico representa menor consumo de ácidos. Ao contrário do observado neste estudo, Cissé et al. (2015) apontaram a eficiência de coberturas de quitosana e lactoperoxidase no atraso da redução da acidez. Neste estudo, a respiração dos frutos também foi afetada pelos revestimentos.

O avanço da coloração de polpa das mangas foi mais lento nos frutos sob revestimento com GMN a 0,75% (Tabela 1). Todavia, os frutos submetidos a esse revestimento apresentaram odor característico de fermentação (dados não apresentados). Pode-se atribuir a esse fato os efeitos mais evidentes de retardo no avanço da coloração. A fermentação em frutos revestidos indica que a restrição à permeabilidade do material ao O₂ e ao CO₂ foi intensa a ponto de limitar os processos aeróbios (Rocha et al., 2020).

O teor de PET observado nos frutos em que foram aplicados os revestimentos de

GMNs a 0,25% e 0,5%, bem como suas combinações com OE, foram maiores, indicando o potencial de manutenção dos teores desses compostos e, conseqüentemente, de proteção contra agentes de deterioração (Tabela 1). O acúmulo e a proteção desses compostos são particularmente importantes em um fruto popular como a manga, já que, por ser uma fonte de polifenóis prontamente disponíveis, com potencial antioxidante, pode contribuir para a redução do aparecimento de doenças degenerativas, como câncer, diabetes e obesidade (Masibo e He, 2008).

Nos frutos revestidos, a severidade da podridão causada por *L. theobromae* não atingiu a nota mínima da escala, que correspondia a 5% da área do fruto com sintomas. O resultado pode estar atrelado ao atraso no amadurecimento e a senescência dos frutos devido ao controle da atmosfera, reduzindo a susceptibilidade a infecções. Ainda, o OE, que é rico em carvacrol, um monoterpene aromático de atividade antimicrobiana pronunciada, deve ter sido efetivo no controle do fungo (Oliveira et al., 2012; Souza et al., 2017).

O uso de GMNs e a sua associação com OE na forma de revestimentos possui potencial prático para a redução da podridão peduncular e de sua incidência pós-colheita. Porém, estudos com aplicações no campo são importantes para comprovar sua eficiência em mangas naturalmente infectadas.

1 **Tabela 1.** Firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), coloração de polpa e teor de polifenóis extraíveis totais (PET) de
 2 mangas ‘Palmer’ no dia da colheita e aos 18 dias de armazenamento em temperatura controlada (23.8 ± 2.3 °C e $90 \pm 5\%$ UR), após inoculação
 3 com *Lasiodiplodia theobromae* e aplicação de revestimentos à base de galactomananas (GMN) associados ou não a óleo essencial
 4 nanoencapsulado de *Lippia grata* (OE) a 500 ppm.

Revestimento	Cor da polpa			Firmeza (N)	SS (%)	AT (g ácido tartárico 100 mL ⁻¹)	PET (mg 100 mL ⁻¹)	Severidade (%)
	Luminosidade	Croma	Ângulo Hue					
0 dia (colheita)*								
	79.19 ± 0.48	56.20 ± 1.05	97.97 ± 0.49	74.03 ± 0.08	6.0 ± 0.02	1.04 ± 0.08	57.36 ± 3.20	0
18 dias de armazenamento**								
Controle	68.9b	65.40a	79.56b	1.82a	13.7b	0.11b	62.06a	6a
0.25% GMN	70.38ab	65.35a	80.47b	1.66a	13.2b	0.10b	60.60ab	0b
0.25% GMN+OE	72.92a	62.33a	84.52ab	1.99a	13.8ab	0.16b	53.00abc	0b
0.5% GMN	71.23ab	65.45a	82.46ab	2.05a	14.4ab	0.15b	52.29abc	0b
0.5% GMN+OE	72.10ab	65.41a	83.00ab	1.96a	15.0a	0.12b	44.46c	0b
0.75% GMN	73.03a	61.22a	87.69a	3.24a	13.4b	0.33a	48.92bc	0b
0.75% GMN+OE	71.55ab	66.01a	83.03ab	1.87a	14.2ab	0.11b	48.62bc	0b

5 *Valores médios e desvios-padrões de medidas realizadas em 16 frutos analisados no dia da colheita.

6 **Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

CONCLUSÃO

A galactomanana foi o polissacarídeo mais adequado, em comparação a pectinas, para a aplicação como revestimento para manga ‘Palmer’, sendo a proporção de 0.5%, associada ou não a OE, a mais indicada para a manutenção da qualidade dos frutos.

Revestimentos com galactomananas foram eficientes para redução da severidade da podridão peduncular causada por *L. theobromae*, com efeito mais proeminente quando usadas sem associação a óleo essencial nanoencapsulado de *Lippia grata*.

REFERÊNCIAS

Association of Official Analytical Chemists – International [AOAC].2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19 ed.AOAC Gaithersburg, MD, USA.

Aquino, A.B.; Blank, A.F.; Santana, L. C. L. de A. 2015. 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 171: 108-116.

Azerêdo, L. P. M.; Silva, S. D. M.; Lima, M. A. C., Dantas, R. L.; Pereira, W. E. 2016. Quality of ‘Tommy Atkins’ mango from integrated production coated with cassava starch associated with essential oils and chitosan. Revista Brasileira de Fruticultura 38: 141-150 (em português, com resumo em inglês).

Azevedo, A. N.; Buarque, P. R.; Cruz, E. M. O.; Blank, A. F.; Alves, P. B.; Nunes, M. L.; Santana, L. C. L. A. 2014. Response surface methodology for optimisation of edible chitosan coating formulations incorporating essential oil against several foodborne pathogenic bacteria. Food Control 43: 1-9.

Baldim, I.; Tonani, L.; Kress, M. R. V.; Oliveira, W. P. 2019. Lippia sidoides essential oil encapsulated in lipid nanosystem as an anti-Candida agent. Industrial Crops and Products

127: 73-81.

Batista, D. D. C.; Terao, D.; Tavares, S. D. H.; Barbosa, M. 2017. Importância, sintomatologia, epidemiologia e manejo da podridão-peduncular e morte-descendente na cultura da mangueira. Circular Técnica 118. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, BR.

Brodrick, H. T. 1978. Methods for control of anthracnose and other diseases of mango. p. 80-81. In: Zehr, E. L., ed. Methods for evaluating plant fungicides, nematicides, and bactericides. APS Press, St Paul, MN, USA.

Camatari, F. O. D. S.; Santana, L. C. L. D. A.; Carnelossi, M. A. G.; Alexandre, A. P. S.; Nunes, M. L.; Goulart, M. O. F.; Narain, N.; Silva, M. A. A. P. D. 2018. Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) 'Tommy Atkins' fruits. Food Science and Technology 38: 86-95.

Campbell, C. L.; Madden, L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and sons, New York, USA.

Cissé, M.; Polidori, J.; Montet, D.; Loiseau, G.; Ducamp-collin, M. N. 2015. Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. Postharvest Biology and Technology 101: 10-14.

Cordeiro, M. H. M.; Mizobutsi, G. P.; Silva, N. M.; Oliveira, M. B.; Mota, W. F.; Sobral, R. R. S. 2014. Conservação pós-colheita de manga var. Palmer com uso de 1-metilciclopropeno. Magistra 26: 103-114 (em português, com resumo em inglês).

Costa, M. S.; Costa, J. D. S.; Neto, A. F.; Quirino, A. K. R.; Araújo, A. J. B.; Almeida, F. D. A. C. 2016. Physical quality of 'Palmer' mango coated with cassava starch. Científica 44: 513-519.

Daisy, L. L.; Nduko, J. M.; Joseph, W. M.; Richard, S. M. 2020. Effect of edible gum arabic coating on the shelf life and quality of mangoes (*Mangifera indica*) during storage. Journal of Food Science and Technology 57: 79-85.

Eshetu, A.; Ibrahim, A. M.; Forsido, S. F.; Kuyu, C. G. 2019. Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Heliyon* 5: e01116.

Galus, S. 2019. Development of edible coatings in the preservation of fruits and vegetables. In: Gutiérrez, T., ed. *Polymers for Agri-Food Applications*. Springer, Cham.

Hashemi, S. M. B.; Khaneghah, A. M. 2017. Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil. *Progress in Organic Coatings* 110: 35-41.

Hussain, P. R.; Meena, R. S.; Dar, M. A.; Wani, A. M. 2010. Carboxymethyl cellulose coating and low-dose gamma irradiation improves storage quality and shelf life of pear (*Pyrus communis* L., cv. Bartlett/William). *Journal of Food Science* 75: 586-596.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ [IAL]. 2005. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ed. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília, DF, BR.

Ibarra-Garza, I. P.; Ramos-Parra, P. A.; Hernández-Brenes, C.; Jacobo-Velázquez, D. A. 2015. Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Postharvest Biology and Technology* 103: 45-54.

Jongsri, P.; Wangsomboondee, T.; Rojsitthisak, P.; Seraypheap, K. 2016. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *LWT-Food Science and Technology* 73: 28-36.

Larrauri, J. A.; Rupérez, P.; Saura-Calixto, F. 1997. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45: 1390-1393.

Lima, Á. M.; Cerqueira, M. A.; Souza, B. W.; Santos, E. C. M.; Teixeira, J. A.; Moreira, R. A.; Vicente, A. A. 2010. New edible coatings composed of galactomannans and collagen

blends to improve the postharvest quality of fruits—Influence on fruits gas transfer rate. *Journal of Food Engineering* 97: 101-109.

Lucena, E. M. P.; Assis, J. S.; Alves, R. E.; Éneas Filho, J. 2011. Alterações na cor, vitamina C, fenólicos e atividade de enzimas oxidativas durante o desenvolvimento de manga Tommy Atkins. *Journal of the InterAmerican Society for Tropical Horticulture* 54: 113-117 (em português, com resumo em inglês).

Maldonado, M. E.; Yahia, E.; Bedoya, R.; Landázuri, P.; Loango, N.; Aguillón, J.; Restrepo, B.; Guerrero, J. C. 2019. Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: nutritional and phytochemical compounds. *Frontiers in plant science* 10.

Marques, M. W.; Lima, N. B.; Morais, M. A.; Barbosa, M. A. G.; Souza, B. O.; Michereff, S. J.; Câmara, M. P. 2013. Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity* 61: 181-193.

Masibo, M.; HE, Q. 2008. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 7: 309-319.

Naeem, A.; Abbas, T.; Ali, T. M.; Hasnain, A. 2018. Effect of guar gum coatings containing essential oils on shelf life and nutritional quality of green-unripe mangoes during low temperature storage. *International journal of biological macromolecules* 113: 403-410.

Nagata, M.; Yamashita, I. 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 39: 925-928.

Oliveira, S. M. A.; Lins, S. R. O.; Santos, A. M. G. 2012. Avanços tecnológicos na patologia pós-colheita. 1 ed. Editora UFRPE, Recife, PE, BR.

Oliveira, T. A.; Paiva, C. A.; Silva, A. C.; Costa, T. L. E.; Nascimento, L. V.; Leite, R. H. L.; Aroucha, E. M. M. 2017. Tommy Atkins mango (*Mangifera indica* L.) postharvest quality with cassava starch, chitosan and pectin based coatings. *African Journal of Biotechnology* 16: 1596-1610.

- Oliveira, A. M. F.; Rocha, R. H. C.; Guedes, W. A.; Dias, G. A.; Lima, J. F. 2018. Use of *Chlorella* sp. for coating 'Tommy Atkins' mango fruits stored under refrigeration. *Semina: Ciências Agrárias* 39: 565-572.
- Perumal, A. B.; Sellamuthu, P. S.; Nambiar, R. B.; Sadiku, E. R. 2017. Effects of essential oil vapour treatment on the postharvest disease control and different defence responses in two mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Food and Bioprocess Technology* 10: 1131-1141.
- Pinheiro, E. R.; Silva, I. M. D. A.; Gonzaga, L. V.; Amante, E. R.; Teófilo, R. F.; Ferreira M. M. C.; Amboni, R. D. M. C. 2008. Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. *Bioresource Technology* 99: 5561-5566.
- Pinto, N. O. F.; Rodrigues, T. H. S.; Pereira, R. C. A.; Silva, L. M. A.; Cáceres, C. A.; Azeredo, H. M. C.; Muniz, C. R.; Brito, E. S.; Canuto, K. M. 2016. Production and physico-chemical characterization of nanocapsules of the essential oil from *Lippia sidoides* Cham. *Industrial Crops and Products* 86: 279-288.
- Rocha, A. M.; Costa, S. C.; Lima, T. D. S.; Silva, A. F.; Barão, C. E.; Pimentel, T. C.; Marcolino, V. A. 2020. Application of cassava starch and corn starch biopolymer in guava postharvest conservation. *Brazilian Journal of Development* 6: 6658-6680. (em português, com resumo em inglês).
- Rodrigues, D. C.; Cunha, A. P.; Brito, E. S.; Azeredo, H. M. C.; Gallão, M. I. 2016. Mesquite seed gum and palm fruit oil emulsion edible films: Influence of oil content and sonication. *Food Hydrocolloids* 56: 227-235.
- Siddiq, M.; Brecht, J. K.; Sidhu, J. S. 2017. *Handbook of mango fruit: production, postharvest science, processing technology and nutrition*. John Wiley and sons, New York, USA.
- Silva, F. A.; Finkler, L.; Finkler, C. L. L. 2018. Effect of edible coatings based on alginate/pectin on quality preservation of minimally processed 'Espada' mangoes. *Journal of*

Food Science and Technology 55: 5055-5063.

Solano-Doblado, L. G.; Alamilla-Beltrán, L.; Jiménez-Martínez, C. Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 21: 30-42 (em espanhol, com resumo em inglês)

Souza, A. V. V.; Santos, U. S.; Corrêa, R. M.; Souza, D. D.; Oliveira, F. J. V. 2017. Essential oil content and chemical composition of *Lippia gracilis* Schauer cultivated in the Sub-meddle São Francisco Valley. Journal of Essential Oil Bearing Plants 20: 983-994.

Souza, E. L.; Lundgren, G. A.; Oliveira, K. Á.; Berger, L. R.; Magnani, M. 2019. An Analysis of the published literature on the effects of edible coatings formed by polysaccharides and essential oils on postharvest microbial control and overall quality of fruit. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 18:1947-1967.

Wills, R. B. H.; Golding, J. 2016. Advances in postharvest fruit and vegetable technology. CRC press, Boca Raton, USA.

Yin, C.; Huang, C.; Wang, J.; Liu, Y.; Lu, P.; Huang, L. 2019 Effect of chitosan-and alginate-based coatings enriched with cinnamon essential oil microcapsules to improve the postharvest quality of mangoes. Materials 12: 2039.

Zahedi, S. M.; Hosseini, M. S.; Karimi, M.; Ebrahimzadeh, A. 2019. Effects of postharvest polyamine application and edible coating on maintaining quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra during cold storage. Food Science and Nutrition 7: 433-441.

Zhao, Z. C.; Gao, A. P.; Chen, Y. Y.; Huang, J. F.; Luo, H. Y.; Dang, Z. G; Luo, R. X. 2019. Fruit abortion of 'Guifei' mango (*Mangifera indica* L.) affected biosynthesis of carotenoid and polyphenols in pulp. Acta Horticulture 1244: 143-1500.

Zerbini, P. E.; Vanolli, M.; Rizzolo, A.; Grassi, M; Pimentel, R. M. A.; Spinelli, L.; Torricelli, A. 2015. Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. Postharvest Biology and Technology 101: 58-65.

CAPÍTULO III

INCORPORAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia grata* A REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS PARA INCREMENTO DA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘PALMER’

Obs.: Postharvest Biology and Technology (A1)

INCORPORAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia grata* A REVESTIMENTOS DE GALACTOMANANAS PARA INCREMENTO DA CONSERVAÇÃO DE MANGA ‘PALMER’

RESUMO

Revestimentos biodegradáveis vêm sendo avaliados para o prolongamento da vida útil de frutas e hortaliças. Quando combinada a óleos essenciais, a tecnologia acrescenta proteção antimicrobiana. Este trabalho teve como objetivo determinar o potencial de aplicação de revestimentos biodegradáveis à base de galactomananas associado a óleo essencial de *Lippia grata*, nas formas nanoencapsulada e em dissolução nessa matriz, para conservação de mangas ‘Palmer’. Os revestimentos utilizados foram: controle, galactomananas a 0,5%, galactomananas a 0,5% + óleo essencial nanoencapsulado a 1% e galactomananas a 0,5% + óleo essencial dissolvido a 1%. Os frutos foram inoculados com o patógeno *Lasiodiplodia theobromae* e, após 16 horas, imersos nos revestimentos. Os frutos foram mantidos sob refrigeração ($11,8 \pm 1,2$ °C e $90 \pm 4\%$ UR) durante 15 dias, sendo, depois, transferidos para temperatura ambiente ($24,5 \pm 2,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR) por mais 10 dias. Aos 0, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24 e 25 dias, foram determinados: perda de massa, taxa respiratória, coloração de casca e polpa (L^* , C^* , °Hue), firmeza, teor de β -caroteno, sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, polifenóis extraíveis totais e severidade da podridão causada por *L. theobromae*, em frutos separados para esta análise. A adição de óleo essencial aos revestimentos proporcionou manutenção da qualidade, retardando a evolução da coloração de casca e da polpa, tendo o tratamento galactomananas + óleo essencial nanoencapsulado de *L. grata* atrasado as mudanças nos teores de sólidos solúveis e β -caroteno, bem como da acidez titulável.

Palavras-chave: *Mangifera indica* L., alecrim do mato, armazenamento, atmosfera modificada, qualidade.

ABSTRAC

Biodegradable coatings have been evaluated to extend the useful life of fruits and vegetables. When combined with essential oils, the technology increase antimicrobial protection. This

study aimed to determine the potential for the application of biodegradable coatings based on galactomannans associated with essential oil of *Lippia grata*, in nano encapsulated forms, and dissolving in this matrix, for the conservation of 'Palmer' mangoes. The coatings used were: control, 0.5% galactomannans, 0.5% galactomannans + 1% nano encapsulated essential oil and 0.5% galactomannans + 1% dissolved essential oil. The fruits were inoculated with the *Lasiodiplodia theobromae* and, after 16 hours, immersed in the coatings. The fruits were kept under refrigeration (11.8 ± 1.2 ° C and $90 \pm 4\%$ RH) for 15 days, after which they were transferred to room temperature (24.5 ± 2.2 ° C and $90 \pm 5\%$ UR) for another 10 days. At 0, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, and 25 days, the following were determined: weight loss, rate respiration, skin color and pulp (L^* , C^* , ° Hue), firmness, β -carotene content, soluble solids, titratable acidity, total sugars, reducing sugars, total polyphenols and severity of rot caused by *L. theobromae*, in separate fruits for this analysis. The addition of essential oil to the coatings provided quality maintenance, delaying the evolution of the color of the skin and pulp, with the treatment of galactomannans + nano encapsulated essential oil of *L. grata* delaying changes in the levels of soluble solids and β -carotene, as well as titratable acidity.

Key-words: *Mangifera indica* L., alecrim do mato, storage, modified atmosphere, quality.

INTRODUÇÃO

A associação de óleos essenciais a matrizes de revestimentos vem sendo estudada em vários frutos e hortaliças (AQUINO et al., 2015; AZÊREDO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2020; YIN et al., 2019). A eficiência dos revestimentos no controle das reações metabólicas do fruto, aliado ao poder antimicrobiano dos óleos essenciais, faz dessa combinação uma alternativa eficiente para a redução das perdas de produtos hortícolas, constituindo ferramenta importante na conservação de frutos climatéricos como a manga. Diversas são as associações de sucesso já aplicadas a esse fruto, como a entre quitosana e óleo essencial de hortelã (OLIVEIRA et al., 2020); quitosana, alginato e óleo de canela (YIN et al., 2019); fécula de mandioca e óleos de erva doce e orégano (AZEREDO et al., 2016); entre outras combinações com potencial para conservação de mangas.

No entanto, apesar das propriedades benéficas dos óleos essenciais, estes são instáveis e susceptíveis à degradação quando expostos à luz, oxigênio e temperatura, necessitando de

estratégias que promovam a sua estabilidade química (SHERRY et al., 2013). Entre os processos conhecidos, há o nanoencapsulamento, que consiste em incorporar, absorver ou dispersar compostos bioativos na forma de vesículas de diâmetro nanométrico, que se tornem disponíveis por mais tempo (HOLKEM et al., 2015). O nanoencapsulamento é uma tecnologia promissora para uso em revestimentos visto que pode estender o efeito de componentes ativos durante o armazenamento.

Entretanto, é importante a busca por novas e mais eficientes matérias-primas para a constituição de revestimentos. Com este enfoque, matérias-primas alternativas e regionais têm sido prospectadas, sendo os amidos de raízes e tubérculos os mais explorados (SOUZA et al., 2019). No entanto, outros polissacarídeos podem apresentar potencial para uso em revestimento, entre eles as galactomananas, extraídas de sementes e exploradas com sucesso na composição de filmes (CERQUEIRA et al., 2009; CERQUEIRA et al., 2011). Óleos essenciais de espécies nativas também são alternativa para compor as formulações, a exemplo do alecrim do mato (*Lippia grata* Schauer), planta herbácea endêmica do Brasil, em especial da região Nordeste do país, e que possui pronunciado efeito antimicrobiano, inseticida, acaricida, anti-inflamatório, entre outras propriedades (SANTOS et al., 2016; SOUZA; KILL, 2018).

O objetivo deste estudo foi determinar o potencial de aplicação de revestimentos biodegradáveis à base de galactomananas associado a óleo essencial de *L. grata*, nas formas nanoencapsulada e em dissolução nessa matriz, para a conservação de mangas ‘Palmer’.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material vegetal

Mangas ‘Palmer’ oriundas de empresa exportadora de frutos, no município de Petrolina-PE, foram colhidas na maturidade fisiológica, caracterizada pela coloração de fundo verde claro (estádio de maturação 2). Após a colheita, os frutos foram transportados ao Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, sendo inicialmente lavados e sanitizados em solução clorada a 200 ppm, por 5 minutos.

As galactomananas foram obtidas a partir da moagem de sementes de algaroba (*Prosopis juliflora*), conforme descrito por Rodrigues et al. (2016). As vagens inteiras foram moídas, utilizando moinho de bolas, e a extração, utilizando-se apenas as sementes.

O óleo essencial foi obtido a partir das folhas de *L. grata*, que, após a secagem em estufa a 40 °C por quatro dias, foram submetidas a hidrodestilação em aparelho Clevenger, conforme descrito por Souza et al. (2017).

Preparo e aplicação dos revestimentos

Para composição dos revestimentos, foram testadas combinações de galactomananas a 0,5% associadas a óleo essencial de *Lippia grata*, incorporado à matriz em forma nanoencapsulada ou disperso integralmente na solução, e cera de carnaúba a 0,1%. A concentração do óleo essencial foi fixa, sendo de 1%. Ao revestimento com óleo dissolvido, foram adicionados 1% de glicerol e 0,3% de Tween 80.

Os revestimentos foram aplicados por imersão dos frutos, de acordo com as seguintes formulações: controle (sem revestimento), galactomananas a 0,5% + cera de carnaúba (0,1%), galactomananas a 0,5% + cera de carnaúba (0,1%) + óleo essencial nanoencapsulado de *L. grata* (1%), galactomananas a 0,5% + cera de carnaúba (0,1%) + óleo essencial de *L. grata* em dissolução (1%). Após secos, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão paletizáveis e mantidos sob refrigeração ($11,8 \pm 1,2$ °C e 90 ± 4 % UR) durante 15 dias, sendo, depois, transferidos para temperatura ambiente ($24,5 \pm 2,2$ °C e 90 ± 5 % UR) por até 10 dias. As avaliações foram realizadas aos 0, 8, 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 25 dias.

Avaliação da qualidade

Os frutos foram submetidos a avaliações de: perda de massa (%), obtida por diferença percentual da massa dos frutos no dia da colheita e no dia da avaliação; taxa respiratória ($\text{mol.kg}^{-1} \text{h}^{-1}$), medida em equipamento analisador de gases Witt PA 7.0, tendo os frutos sido mantidos durante 10 minutos em recipiente hermeticamente fechado; firmeza da polpa, em texturômetro eletrônico Extralab TAXT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido), com ponteira de 6 mm de diâmetro e leitura realizada na região mediana dos dois lados do fruto; evolução da coloração da casca e da polpa, avaliando-se os atributos L* (luminosidade), C* (croma) e °Hue (ângulo hue) através de colorímetro Minolta CR 400, utilizando o sistema de leitura CIELAB, com leitura na região verde da casca do fruto e na região mediana da polpa; teor de β -caroteno ($\mu\text{g. } 100 \text{ g}^{-1}$), determinado por espectrofotometria, conforme metodologia de Nagata e Yamashita (1992); teor de sólidos solúveis (%), por meio de leitura em refratômetro digital (AOAC, 2012); acidez titulável, utilizando-se titulador automático modelo Titrino plus-Metrohm, para titulação em solução de

NaOH a 0,1 M (IAL, 2005); teor de açúcares solúveis totais (%), utilizando o reagente antrona e leitura por espectrofotometria a 620 nm, como descrito por Yemm e Willis (1954); teor de açúcares redutores (%), utilizando o reagente ácido 3,5-dinitrossalicílico (DNS) e leituras por espectrofotometria a 540 nm, conforme descrito por Miller (1959); e teor de polifenóis extraíveis totais ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), por extração com metanol 50% e acetona 70% e medições por espectrofotometria, como descrito por Larrauri et al. (1997).

Avaliação da severidade da podridão peduncular

Para avaliar a severidade da doença frente à aplicação dos revestimentos, foram conduzidos dois experimentos em que os frutos revestidos foram inoculados com *Lasiodiplodia theobromae* e armazenados em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR) e sob refrigeração (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR). Os frutos do experimento em temperatura ambiente foram avaliados aos 4, 6 e 8 dias após aplicação dos revestimentos. Já o segundo experimento, contou com avaliações aos 13, 15 e 18 dias, tendo sido mantidos sobre refrigeração até o 15º dia e depois transferidos para condição ambiente. Em cada avaliação, foi medida a severidade da podridão dos frutos de acordo com a escala diagramática proposta por Brodrick (1978).

O isolado de *L. theobromae* foi obtido da Coleção de Trabalho do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Semiárido. Para a inoculação, o fungo foi cultivado em meio BDA (batata dextrose ágar) e incubado a 25 °C, fotoperíodo de 12 horas, por cinco dias. Para a inoculação, os frutos da cultivar Palmer foram feridos em dois locais, próximo ao pedúnculo e próximo ao ápice, com um conjunto de três agulhas entomológicas esterilizadas com 1 mm de comprimento cada. Em cada ferimento, foi depositado um disco de micélio de 0,5 cm de diâmetro retirado da borda da colônia, de forma que o micélio ficasse em contato com o ferimento. O micélio foi fixado com o auxílio de fita adesiva transparente de 12 mm de largura. Antes da aplicação dos revestimentos, a fita adesiva, contendo o micélio do fungo, foi retirada. Além dos revestimentos, foi utilizado também um controle inoculado e outro sem inoculação, mas que sofreu ferimento e recebeu um disco de meio BDA sem o micélio do fungo. Após a inoculação, os frutos foram mantidos em câmara úmida com o auxílio de saco plástico, permanecendo por 24 horas. A inoculação foi realizada 16 horas antes da aplicação dos revestimentos.

Delineamento experimental e análise estatística

O estudo da qualidade dos frutos ao longo do armazenamento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em fatorial (tempo x revestimento), com três repetições e cinco frutos por parcela. Neste estudo, os dados obtidos durante o período sob refrigeração foram analisados separadamente daqueles durante o acondicionamento em temperatura ambiente. Em ambas as situações, a distribuição dos dados foi analisada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Os dados das variáveis que atenderam ao princípio na normalidade foram submetidos à análise de variância pelo teste F (5% de probabilidade). Para cada condição de armazenamento, as variáveis cujos dados foram influenciados significativamente pelo tempo e pela sua interação com revestimento foram submetidas à análise de regressão polinomial, representando equações de até o terceiro grau, cujos coeficientes foram significativos pelo teste t e com coeficiente de determinação superior a 0,70. Quando houve diferenças significativas, por meio do teste F, para o fator revestimento isoladamente, foi aplicado teste de Tukey ($p < 0,05$).

O estudo para avaliação da severidade da doença foi conduzido, para cada uma das duas condições de armazenamento, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em fatorial 3 x 4 (tempo x revestimento), com três repetições de cinco frutos por parcela.

Para todos os experimentos, os dados que não atenderam ao pressuposto de distribuição normal foram analisados por estatística descritiva, utilizando-se suas médias e desvios-padrões

RESULTADOS

Avaliação da qualidade

A perda de massa foi crescente nos frutos (Figura 1A). A mudança para temperatura ambiente intensificou a perda de massa. Os frutos que receberam os revestimentos acrescidos de óleo essencial, em ambas as formas, caracterizaram-se, até o 22º dia de armazenamento, pela perda de massa média 14% menor que o controle. Porém, a partir desta data, a perda de massa acentuou nos frutos com esses revestimentos.

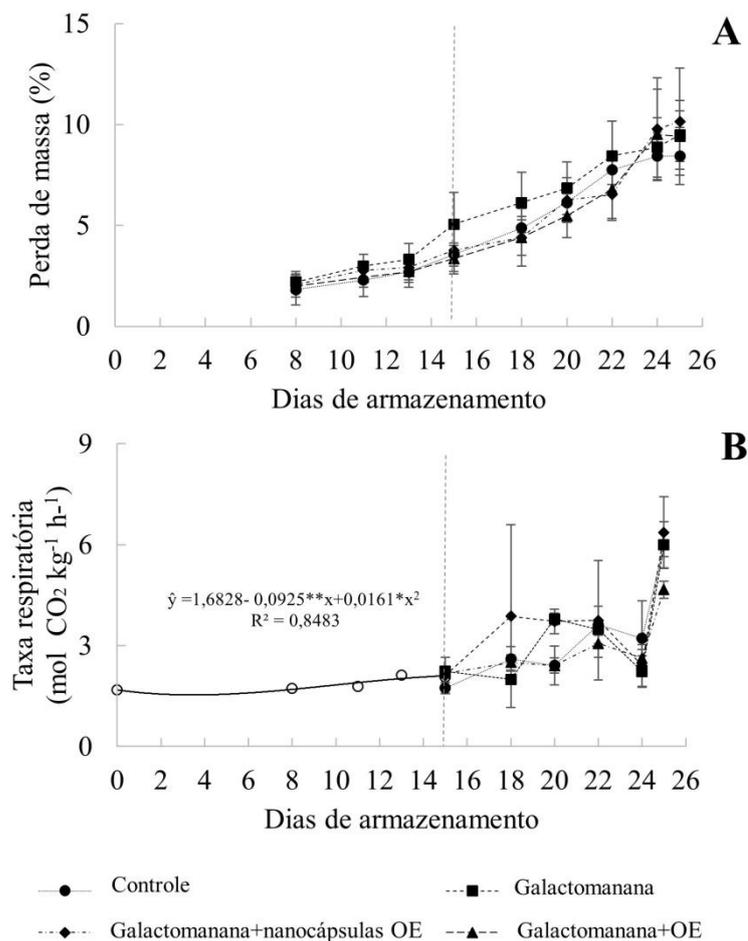


Figura 1. Perda de massa (A) e taxa respiratória (B) de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE), por meio de nanoencapsulamento ou dissolução, durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR). Em A, os dados não apresentaram distribuição normal e estão representados as médias e os desvios-padrões, em cada período de armazenamento. Em B, estão representados: o efeito apenas de tempo de armazenamento refrigerado, sendo os valores de cada data correspondentes à média dos revestimentos; e, em cada avaliação referente ao acondicionamento em temperatura ambiente, os dados não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões.

Apesar do bom desempenho no início do armazenamento, o revestimento de galactomananas com óleo essencial nanoencapsulado apresentou no período final do armazenamento as maiores perdas, chegando ao último dia com cerca de 10% a menos do seu peso inicial. Este resultado também trouxe consequências para o aspecto visual dos frutos com este revestimento, que atingiram o fim do armazenamento com aspecto de murcha e opacidade na sua superfície.

A taxa respiratória dos frutos foi elevada apenas no último dia de armazenamento para todos os revestimentos, não apresentando variações relevantes entre eles (Figura 1B). O período sob refrigeração proporcionou estabilidade nas taxas respiratórias dos frutos, sendo o momento da transferência para a condição ambiente caracterizado pelas variações iniciais

entre os revestimentos. Durante o armazenamento em temperatura ambiente, os frutos tratados com revestimento de galactomananas com óleo em dissolução apresentaram os menores valores. A resposta observada nos frutos revestidos com galactomananas associadas ou não a óleo essencial nanoencapsulado foi diferente, apresentando aumento, respectivamente, a partir do 18° e 20° dia de armazenamento.

A firmeza da polpa diminuiu com o avanço do armazenamento, sendo esta redução acentuada nas avaliações iniciais após a transferência dos frutos para temperatura ambiente (Figura 2). A maior redução foi observada entre o 8° e o 11° dia de armazenamento, quando a firmeza dos frutos atingiu cerca de 40 N. Em relação aos revestimentos, não foram observadas diferenças estáveis e importantes entre eles, durante o armazenamento sob temperatura ambiente.

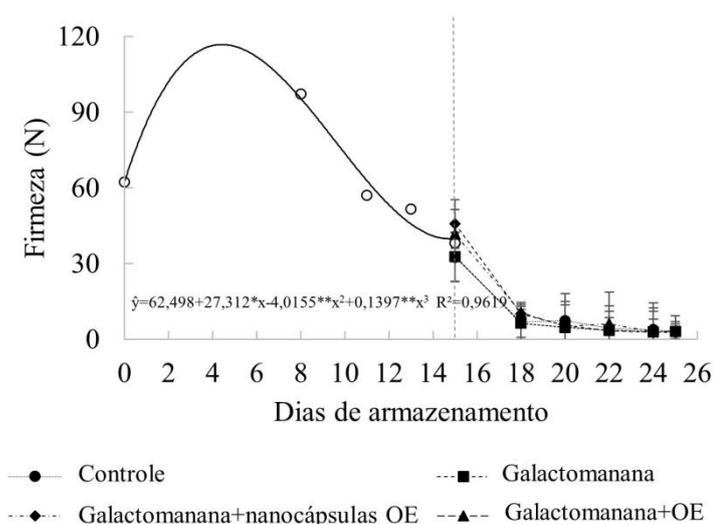


Figura 2. Firmeza da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).

Durante o período sob refrigeração, está representado o efeito apenas de tempo de armazenamento, sendo os valores de cada data correspondentes à média dos revestimentos. Durante o acondicionamento em temperatura ambiente, os dados não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões.

Quanto aos atributos de evolução da coloração de casca, a luminosidade aumentou nos frutos dos tratamentos controle e revestimentos com galactomananas (Figura 3A). O efeito foi oposto ao dos frutos com revestimentos associados ao óleo essencial, que mantiveram valores semelhantes aos do início do armazenamento durante todo o período. Quanto ao atributo cromático, semelhante à luminosidade, os revestimentos contendo óleo essencial proporcionaram

também a manutenção dos valores (Figura 3B). O ângulo de intensidade da cor, °Hue, diminuiu com o avanço do armazenamento, apresentando mudanças mais lentas nos frutos com revestimentos contendo óleo essencial, sendo estes superiores ao controle durante todo o armazenamento (Figura 3C). Em todos os atributos de cor, a aplicação do revestimento contendo óleo essencial nanoencapsulado resultou em maior eficiência na manutenção dos valores.

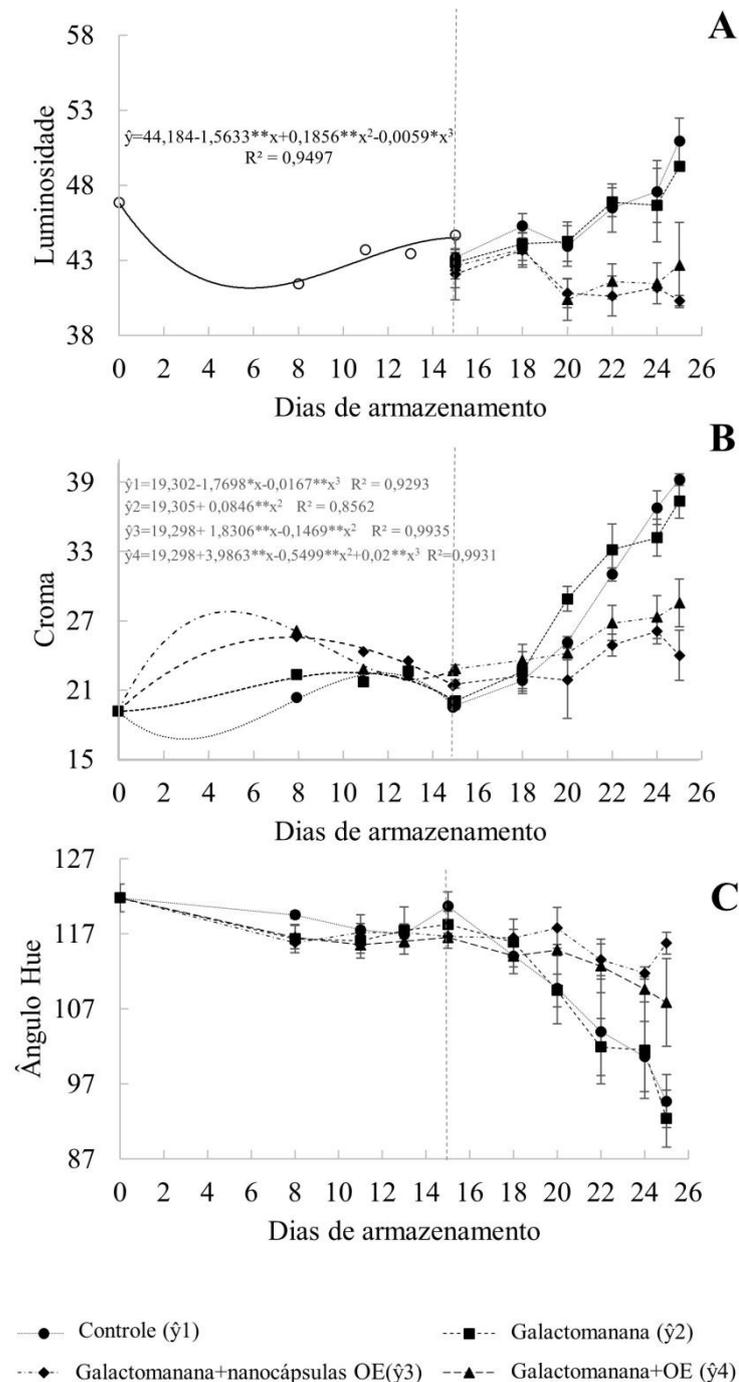


Figura 3. Luminosidade (A), croma (B) e ângulo Hue (C) da casca de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE), por

meio de nanoencapsulamento ou dissolução, durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).

Em A, estão representados: o efeito apenas de tempo de armazenamento refrigerado, sendo os valores de cada data correspondente à média dos revestimentos; e, em cada avaliação referente ao acondicionamento em temperatura ambiente, os dados não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões. Em B, durante o período refrigerado, está representado o efeito significativo da interação tempo x revestimento, enquanto sob o armazenamento em temperatura ambiente os dados não apresentaram distribuição normal e estão representados por suas médias e desvios-padrões. Em C, os dados não apresentaram distribuição normal nos períodos relativos às duas condições de armazenamento e estão representados por suas médias e os desvios-padrões.

Para os atributos de cor da polpa dos frutos, as mudanças foram marcantes a partir da transferência dos frutos para temperatura ambiente (Figuras 4A, 4B e 4C). O aumento na luminosidade foi atrasado pelo uso de revestimentos com galactomanas associadas a óleo essencial de *L. grata*, independente da forma como foi incorporado (Figura 4A). O croma da polpa aumentou durante o armazenamento (Figura 4B). No entanto, nos frutos do controle, sem revestimento, houve decréscimo a partir do 20º dia, enquanto os demais apresentaram aumento durante todo o período. Os valores do ângulo Hue diminuíram com o tempo de armazenamento, sendo esta resposta menos acentuada para os revestimentos associados a óleo essencial (Figura 4C).

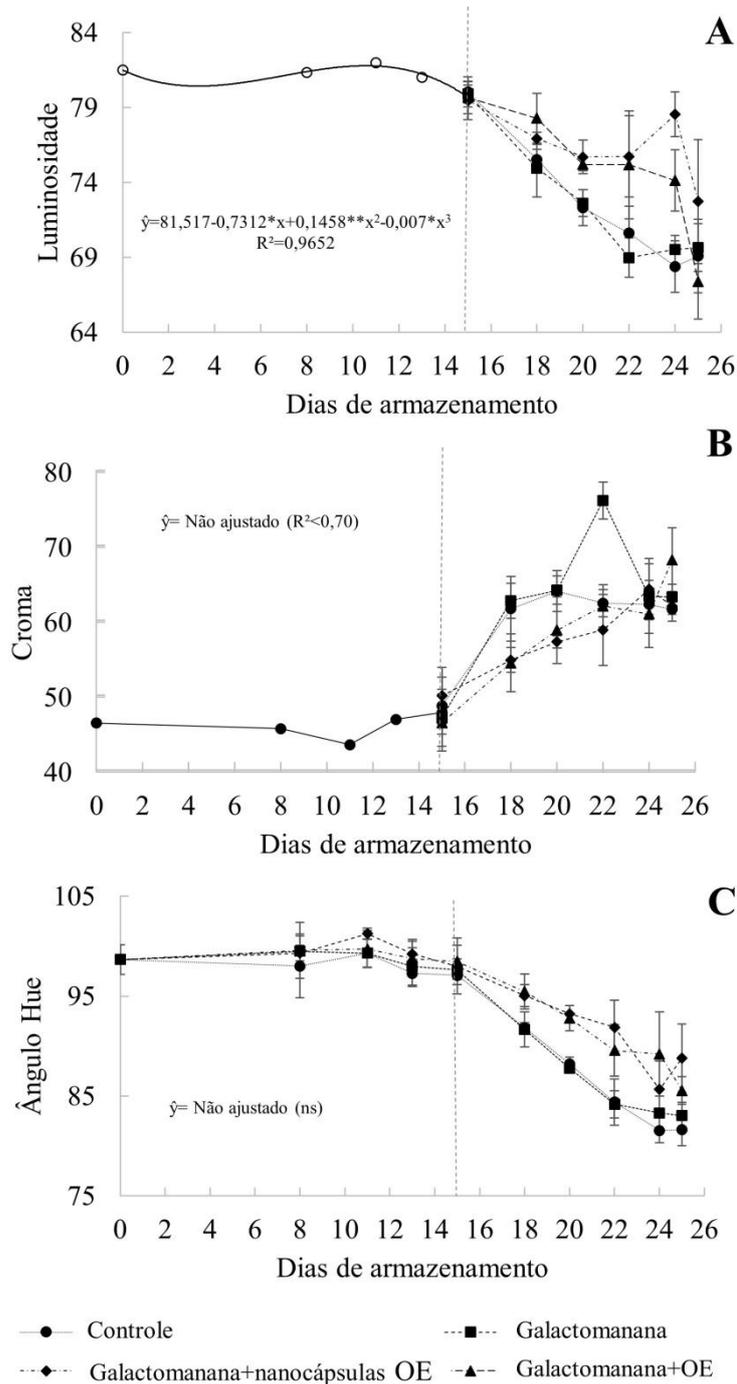


Figura 4. Luminosidade (A), Cromo (B) e ângulo Hue (C) da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE), por meio de nanoencapsulamento ou dissolução, durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).

Em A e B, estão representados: o efeito apenas de tempo de armazenamento refrigerado, sendo os valores de cada data correspondente à média dos revestimentos; e, em cada avaliação referente ao acondicionamento em temperatura ambiente, os dados não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões. Em C, estão representados: os valores dos tratamentos em cada data de avaliação durante o armazenamento refrigerado, que não diferiram entre si; e, em cada avaliação referente ao acondicionamento em temperatura ambiente, os dados não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões.

Com o avanço da maturação é natural que os valores de L aumentem, devido a deposição de cera que acontece naturalmente na superfície dos frutos. Para Jongsri et al. (2016) este é um dos principais indicadores da mudança da coloração da casca, assim como o ângulo hue. A partir dos valores encontrados para o ângulo é possível determinar o quão amarelo está a superfície, com maiores valores representando pontos menos amarelo. Ângulos de 0° ou 360° representam a tonalidade vermelha, enquanto ângulos de 90°, 180° e 270° tons de amarelo, verde e azul, respectivamente (PATHARE; OPARA, AL-SAID., 2012). Para a avaliação do croma, quanto mais altos os valores, maior será a percepção da intensidade da cor da amostra. (PATHARE; OPARA, AL-SAID., 2012).

Baseado nos valores dos parâmetros de cor encontrados na casca e na polpa dos frutos é possível observar que apesar de ter proporcionado certo retardo na evolução da casca dos frutos, não houve impedimento para que a coloração da polpa dos frutos continuasse evoluindo (FIGURA 5).

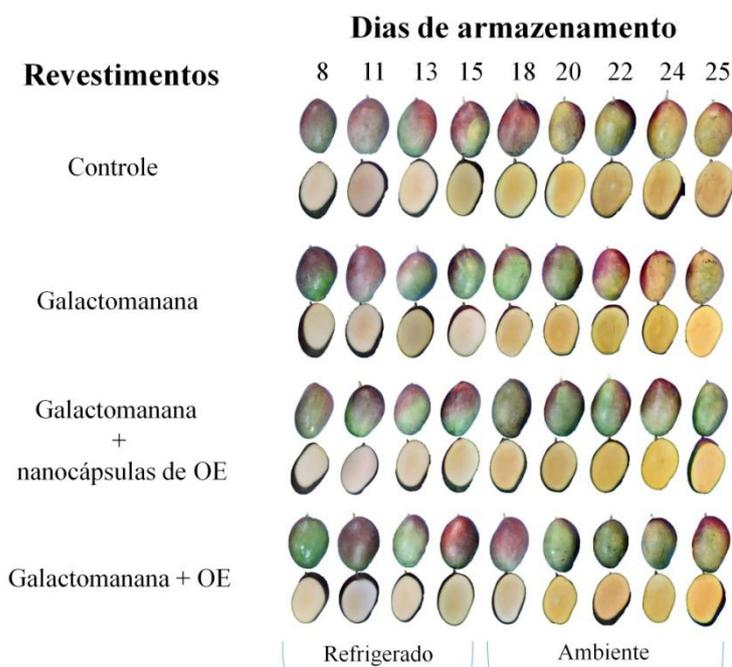


Figura 5. Aspecto visual da casca e da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).

O teor de β -caroteno aumentou, conforme o avanço do tempo de armazenamento, tendo esse aumento se sobressaído após a transferência dos frutos para condição ambiente

(Figura 6). Esse aumento foi mais proeminente nos frutos controle e nos revestidos apenas com galactomananas.

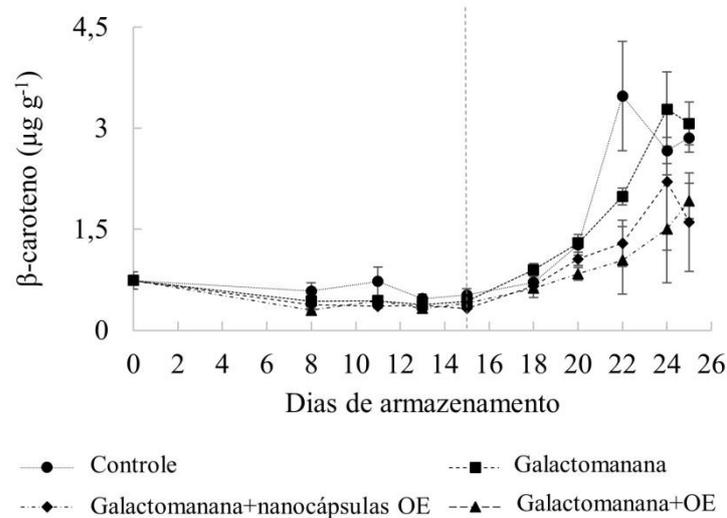


Figura 6. Teor de β -caroteno da polpa de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).

Os dados não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões.

O teor de sólidos solúveis aumentou com o armazenamento, não sendo observado efeito significativo dos revestimentos durante o período de armazenamento sob temperatura ambiente (Figura 7A). A acidez titulável diminuiu proeminentemente após a retirada dos frutos da refrigeração para a condição ambiente, sendo que a aplicação dos revestimentos com óleo essencial nanoencapsulado ou incorporado diretamente na solução resultaram em reduções menos intensas, caracterizando-se pelos maiores valores ao fim do armazenamento (Figura 7B).

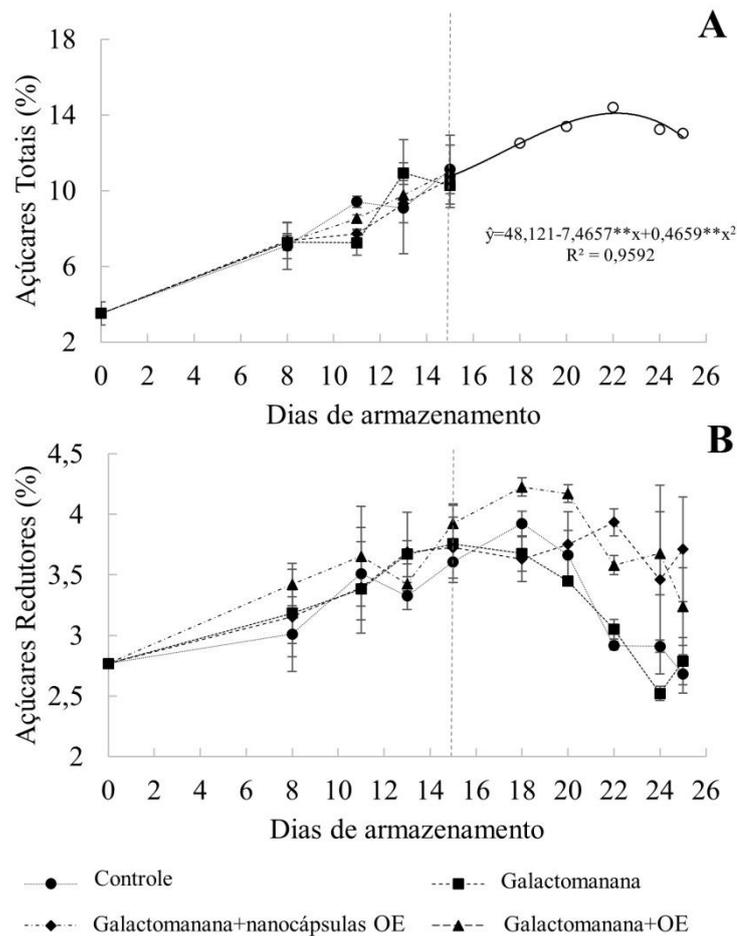


Figura 8. Teor de açúcares solúveis totais (A) e de açúcares redutores (B) de mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação durante o armazenamento refrigerado por 15 dias (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) seguido de 10 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR).

Em A, durante o período sob temperatura ambiente, está representado o efeito apenas de tempo de armazenamento refrigerado, sendo os valores de cada data correspondentes à média dos revestimentos enquanto os dados referentes ao armazenamento refrigerado não apresentaram distribuição normal, estando representados por suas médias e desvios-padrões. Em B, os dados não apresentaram efeito significativo durante o armazenamento refrigerado e durante o armazenamento ambiente não apresentaram distribuição normal.

O teor de polifenóis extraíveis totais variou durante todo o armazenamento, havendo declínio até o 11° dia, com posterior aumento até o 15°, quando os frutos foram retirados da refrigeração e levados a temperatura ambiente. A partir daí, houve novo declínio até o 20° dia, quando retomou o aumento até o fim do armazenamento (Figura 9).

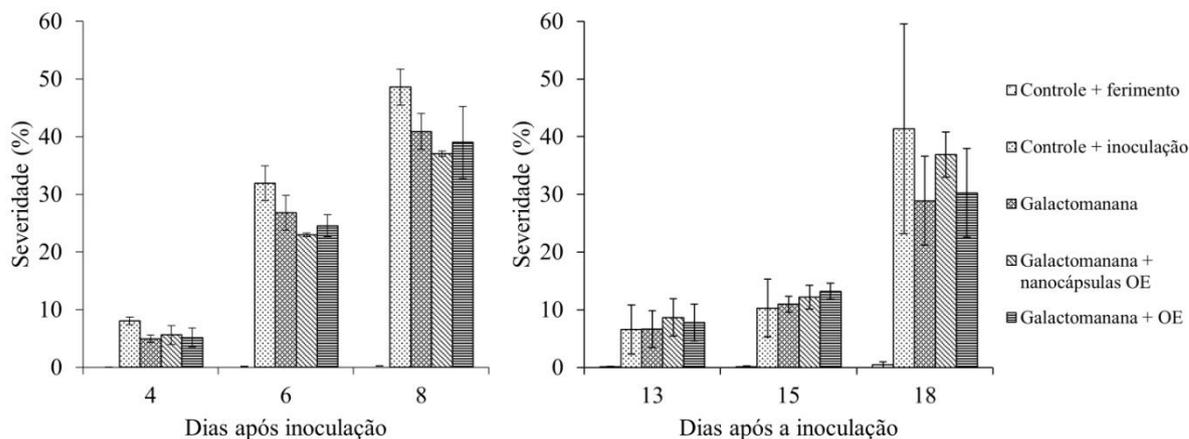


Figura 10. Severidade da incidência de podridão peduncular causada por *Lasiodiplodia theobromae* em mangas ‘Palmer’ sob revestimentos à base de galactomananas associadas a óleo essencial de *Lippia grata* (OE) em duas formas de incorporação, durante o armazenamento em temperatura ambiente (A) ($24 \pm 3,2$ °C e $90 \pm 5\%$ UR) e outro com refrigeração (B) (12 ± 1 °C e $90 \pm 4\%$ UR) por 15 dias, seguido de temperatura ambiente. As barras verticais representam os desvios-padrões.

DISCUSSÃO

Avaliação da qualidade

O aumento semelhante da perda de massa nos frutos revestidos indica alta permeabilidade dos revestimentos às trocas gasosas, o que permitiu que a respiração e a perda de massa se mantivessem normais. Essa hipótese é reforçada pelos valores observados na taxa respiratória, que indicam que não houve diferença significativa entre os revestimentos aplicados. Biopolímeros como os polissacarídeos geralmente têm alta permeabilidade à água (OTHMAN et al., 2014), o que costuma ser uma desvantagem para emprego desse tipo de tecnologia. Cerqueira et al. (2009) apontaram que filmes constituídos por baixas concentrações de galactomananas não limitam a permeabilidade a O_2 , sendo necessário elevar as concentrações para que se consiga uma limitação na troca de gases que repercuta na fisiologia do fruto. Os mesmos autores sugerem que concentrações de galactomananas a 1,5% otimizam as propriedades mecânicas de revestimentos para manga. Esta concentração é três vezes maior que a adotada nesse estudo.

A redução da firmeza da polpa, que aconteceu de forma semelhante para todos os revestimentos, é comum ao amadurecimento dos frutos e se dá pela solubilização das substâncias pécticas através da ação de enzimas como proto-pectinase e pectina metilesterase (WILLS; GOULDING, 2015). Para Zerbini et al. (2015), a firmeza de frutos igual ou menor a

25 N são características de mangas maduras, prontas para consumo. Nesse estudo, valores semelhantes só foram encontrados a partir do 18º dia de armazenamento.

Quanto à evolução da coloração da casca do fruto, os revestimentos com óleo essencial em sua composição se mostraram eficientes na manutenção da cor verde, tendo destaque o tratamento com nanoencapsulamento, que se mostrou superior aos demais revestimentos. O efeito pode ser atribuído ao estado em que se encontrava o óleo essencial na solução. Óleos essenciais sofrem alterações quando expostos à presença de oxigênio, sendo preservado por mais tempo quando encapsulado em sistemas coloidais, o que favorece uma liberação gradativa, prolongando seus efeitos (BILIA et al., 2014; SHERRY et al., 2013).

Também foi notado retardo no avanço da coloração da polpa, em que o revestimento com óleo essencial nanoencapsulado se sobressaiu. Este resultado é dado pelos menores valores de luminosidade e cromaticidade, que sugerem, portanto que houve atraso no amadurecimento dos frutos quando comparados aos demais revestimentos. Esse retardo também é reafirmado pelos valores reduzidos do ângulo hue, que indicam que a polpa dos frutos ainda permaneciam amarelas. Maiores valores do ângulo hue nos frutos do controle e dos revestidos com galactomananas e sem associação a óleo essencial, está ligado diretamente com a síntese de carotenóides na polpa e o conseqüentemente com o aparecimento da coloração laranja (CORDEIRO et al., 2014).

Os resultados encontrados para coloração da polpa das mangas concordam com os valores encontrados para o teor de β -caroteno, que foi maior nos frutos não revestidos e nos revestidos apenas com as galactomananas, o que indica intensificação da cor alaranjada. A mudança da coloração da polpa foi observada para todos os revestimentos, mas de forma menos acelerada nos frutos revestidos com galactomananas contendo óleo essencial, o que demonstra o potencial do uso do óleo para o retardo do amadurecimento, já que a síntese natural do β -caroteno se dá com o avanço da maturação dos frutos, não havendo presença abundante destes na polpa antes de iniciada a maturação.

Os teores de sólidos solúveis e a acidez titulável apresentaram comportamento oposto durante o armazenamento, o que é comum devido às alterações bioquímicas que ocorrem durante o amadurecimento (CISSÉ et al., 2015). O acúmulo de sólidos solúveis reduzido e a maior acidez titulável nos frutos que receberam os revestimentos em associação com óleo nanoencapsulado ou em solução demonstraram o retardo na evolução da maturação dos frutos, indicando a eficácia do uso. A redução abrupta da acidez titulável após a retirada dos

frutos da condição refrigerada também foi relatada por Azêredo et al. (2016) com mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com fécula de mandioca, quitosana e óleos essenciais.

O acúmulo de açúcares solúveis totais observado é coerente com o esperado, já que a manga acumula amido como reserva, que é degradado pela ação de enzimas através do processo respiratório que se intensifica durante o amadurecimento dos frutos.(CISSÉ et al., 2015). A redução do teor de açúcares redutores a partir do 18º dia de armazenamento sugere que estes estejam sendo consumidos, principalmente a glicose, que é o principal substrato da via respiratória (SIDDIQUI et al., 2017). Este ponto também é um indicativo para o ponto de sobrematuração dos frutos, já que sem a síntese de novos açúcares, o aumento no conteúdo destes estará relacionado apenas ao processo de perda de água dos frutos, estando o aumento da doçura dos frutos relacionado apenas com concentração dos açúcares na polpa. Oliveira et al. (2018) também reportaram essa redução para manga ‘Tommy Atkins’ revestida com amido de mandioca e quitosana, a partir no 21º dia de armazenamento. Os autores sugeriram que essa redução pode ser amenizada com revestimentos que modifiquem a respiração e promovam uma atividade metabólica mais lenta.

O teor de polifenóis extraíveis totais apresentou grandes variações durante todo o armazenamento. Porém, mudanças relacionadas aos revestimentos não foram observadas, sinalizando que as formulações utilizadas não interferem, por meio de permeabilidade diferencial a gases, no metabolismo destes compostos, na polpa da manga. O aumento observado ao fim do armazenamento dos frutos pode ser relacionado diretamente aos estresses advindos do processo natural de amadurecimento dos frutos. Os polifenóis são compostos naturais com ação contra os estresses oxidativos, sendo responsáveis, em grande parte, pela atividade antioxidante, na manga, além de estarem relacionados com outros eventos como a perda de adstringência durante o amadurecimento (YAHIA, 2011). Em manga, os polifenóis mais relevantes, seja pela capacidade antioxidante ou pela quantidade, são os da classe dos flavonoides e da classe das xantonas, sendo a mangiferina o maior representante dessa classe (MALDONADO-CELIS et al., 2019).

Avaliação da severidade da podridão peduncular

No experimento sob temperatura ambiente, foi possível verificar que o efeito dos tratamentos sob a severidade da podridão peduncular, sendo mais evidente que o óleo essencial na forma de nanoencapsulado apresenta efeito maior sobre os sintomas da doença. O óleo essencial de *L. grata* tem propriedades antimicrobianas sob diversas fitopatógenos

(AQUINO et al., 2015; AZEVEDO et al., 2014). Avaliando os resultados, é possível notar que o nanoencapsulamento torna o óleo essencial mais estável, podendo desempenhar sua atuação por mais tempo junto à matriz do revestimento.

No experimento sob refrigeração, diferenças significativas não puderam ser observadas. O resultado pode estar associado ao fato de temperaturas reduzidas promoverem o retardo do amadurecimento dos frutos, tornando-os menos susceptíveis ao ataque de patógenos (ASSUNÇÃO et al., 2018).

É necessário salientar que as condições de inoculação, neste estudo, foram extremas, oferecendo-se condições ótimas para o desenvolvimento do patógeno, além do curto número de avaliações realizadas. Sugere-se a realização de estudos mais aprofundados sobre infecções naturais.

CONCLUSÃO

A incorporação de óleo essencial de *Lippia grata* aos revestimentos de galactomananas foi eficiente quanto à manutenção da qualidade da manga ‘Palmer’. A incorporação por nanoencapsulamento foi a forma de ação mais efetiva do óleo essencial, implicando no retardo do avanço da coloração de casca e polpa, além de promover manutenção mais efetiva dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável, β -caroteno e redutores.

A galactomanana se caracteriza como material promissor para uso em revestimentos, apresentando, além de bom desempenho no retardo da maturação, ação sob a redução da severidade da podridão peduncular em manga, assim como a associação de óleo essencial de *L. grata*, sendo necessário que novos estudos sejam realizados para avaliar formas de interação, e formulações, entre os componentes, a fim de potencializar sua ação.

REFERÊNCIAS

AOAC International. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19 ed. Gaithersburg, MD, USA, 2012.

ASSUNÇÃO, M. C.; AMARAL, A. G. G.; LINS, F. J. A. Efeito da temperatura e de embalagens sobre a antracnose em frutos de manga cv. tommy atkins. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 35-42, 2018.

- AQUINO, A.B.; BLANK, A.F.; DE AQUINO SANTANA, L. C. L. 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**, v. 171, p. 108-116, 2015.
- AZERÊDO, L. P. M.; SILVA, S. D. M.; LIMA, M. A. C.; DANTAS, R. L.; PEREIRA, W. E. Quality of ‘Tommy Atkins’ mango from integrated production coated with cassava starch associated with essential oils and chitosan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.1, p.141-150, 2016.
- AZEVEDO, A. N.; BUARQUE, P. R.; CRUZ, E. M. O.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; NUNES, M. L.; AQUINO SANTANA, L. C. L. Response surface methodology for optimisation of edible chitosan coating formulations incorporating essential oil against several foodborne pathogenic bacteria. **Food Control**, v. 43, p. 1-9, 2014.
- BILIA, A. R.; GUCCIONE, C.; ISACCHI, B.; RIGHESCHI, C.; FIRENZUOLI, F.; BERGONZI, M. C. Essential oils loaded in nanosystems: a developing strategy for a successful therapeutic approach. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2014, 2014.
- BRODRICK, H. T. Methods for control of anthracnose and other diseases of mango. In: Zehr EL ET AL., ED. Methods for evaluating plant fungicides, nematicides, and bactericides, St Paul, MN, USA: APS Press, 80-1.
- CERQUEIRA, M. A.; LIMA, Á. M.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A.; VICENTE, A. A. Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 94, n. 3-4, p. 372-378, 2009.
- CERQUEIRA, M. A.; BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; MARTINS, J. T.; SOUZA, B. W. S.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 12, p. 662-671, 2011.
- CISSÉ, M.; KOUAKOU, C.A.; MONET, D.; LOISEAU, G.; DUCAMP-COLLIN, M.N. Antimicrobial and physical properties of edible chitosan films enhanced by lactoperoxidase system. **Food Hydrocolloid**, v. 30, n. 2, p. 576-580, 2013.
- CORDEIRO, M. H. M.; MIZOBUTSI, G. P.; SILVA, N. M.; OLIVEIRA, M. B.; MOTA, W. F.; SOBRAL, R. R. S. Conservação pós-colheita de manga var. Palmer com uso de 1-metilciclopropeno. **Magistra**, v. 26, n. 2, p. 103-114, 2017.

HOLKEM, A. T.; CODEVILLA, C. F.; SILVA, C. D. B.; DE MENEZES, C. R. Técnicas de preparação de sistemas nanotecnológicos aplicados a alimentos. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 5, p. 87-96, 2015.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.**

Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p. (Série A – Normas e Manuais Técnicos).

JONGSRI, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; ROJSITTHISAK, P.; SERAYPHEAP, K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. **LWT,- Food Science and Technology**, v. 73, p. 28-36, 2016.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels.

Journal of Agricultural Food Chemistry, v. 45, p.1390-1393, 1997.

MALDONADO-CELIS, M. E.; YAHIA, E. M.; BEDOYA, R.; LANDÁZURI, N. L.; AGUILLÓN, J.; RESTREPO, B.; OSPINÁ, J. C. G. Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Nutritional and phytochemical compounds. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 2019. 21 p.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n.3, p.426-428, 1959.

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N.; ALVES, R. E.; ASSIS, J. S. Vida útil de mangos cv. Tommy Atkins recolectados en el estadio de maduración comercial. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2003.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

OTHMAN, S. H. Bio-nanocomposite materials for food packaging applications: types of biopolymer and nano-sized filler. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 296-303, 2014.

OLIVEIRA, K. Á. R.; CONCEIÇÃO, M. L.; OLIVEIRA, S. P. A.; LIMA, M. D. S.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, M. S.; SOUZA, E. L. Postharvest quality improvements in mango cultivar Tommy Atkins by chitosan coating with *Mentha piperita* L. essential oil. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 95, n. 2, p. 260-272, 2020.

- OLIVEIRA, T. A.; PAIVA, C. A.; SILVA, A. C.; NASCIMENTO, L. V.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M. Postharvest Quality of Tommy Atkins mangoes coated with cassava starch and chitosan-based coatings. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 11, 2018.
- PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. **Food Bioprocess Technology**, v. 6. P. 36-60, 2012.
- RODRIGUES, D. C.; CUNHA, A. P.; BRITO, E. S.; AZEREDO, H. M. C.; GALLÃO, M. I. Mesquite seed gum and palm fruit oil emulsion edible films: Influence of oil content and sonication. **Food Hydrocolloids**, v. 56, p. 227-235, 2016.
- SERPA, M. F. P.; CASTRICINI, A.; MITSOBUIZI, G. P.; MARTINS, R. N.; BATISTA, M. F.; ALMEIDA, T. H. D. Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 975-982, 2014.
- SHERRY, M.; CHARCOSSET, C.; FESSI, H.; GREIGE-GERGES, H. Essential oils encapsulated in liposomes: a review. **Journal of liposome research**, v. 23, n. 4, p. 268-275, 2013.
- SIDDIQ, M.; BRECHT, J. K.; SIDHU, J. S. **Handbook of mango fruit: production, postharvest science, processing technology and nutrition**. Wiley-Blackwell. 2017.
- SOUZA, A. V. V.; SANTOS, U. S.; CORRÊA, R. M.; SOUZA, D. D.; OLIVEIRA, F. J. V. Essential oil content and chemical composition of *Lippia gracilis* Schauer cultivated in the Sub-middle São Francisco Valley. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, p. 983-994, 2017.
- SOUZA, A. V.; KIILL, L. H. P. Como produzir mudas de alecrim-do-mato (*Lippia grata* Schauer Verbenaceae). **Embrapa Semiárido-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.
- SOUZA, E. L.; LUNDGREN, G. A.; OLIVEIRA, K. Á.; BERGER, L. R.; MAGNANI, M. An analysis of the published literature on the effects of edible coatings formed by polysaccharides and essential oils on postharvest microbial control and overall quality of fruit. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 6, p. 1947-1967, 2019.
- UDOMKUN, P.; NAGLE, M.; MAHAYOTHEE, B.; NOHR, D.; KOZA, A.; MULLER, J. Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. **LWT - Food Science and Technology**, n. 60, p.914 – 922, 2015.
- WILLS, R. B. H; GOLDING, J. **Advances in postharvest fruit and vegetable technology**. CRC press, 2016.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone.

The Biochemical Journal, London, 57:508 – 14, 1954.

YAHIA, E. M. **Mango (Mangifera indica L.)**. In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: fundamental issues. YAHIA, E. M. Cambridge:Woodhead, v. 3, p. 492-584, 2011.

YIN, C.; HUANG, C.; WANG, J.; LIU, Y.; LU, P.; HUANG, L. Effect of chitosan-and alginate-based coatings enriched with cinnamon essential oil microcapsules to improve the postharvest quality of mangoes. **Materials**, v. 12, n. 13, p. 2039, 2019.

ZERBINI, P. E.; VANOLLI, M.; RIZZOLO, A.; GRASSI, M.; PIMENTEL, R. M. A.; SPINELLI, L.; TORRICELLI, A. Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 58-65, 2015.