

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**UNIDADE EM CRUZ ALTA**  
**CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**KATHERINE BRÜCKER PINHEIRO**

**EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE SEMENTE DE ARATICUM (*Annona squamosa L.*) E SUA APLICAÇÃO EM REVESTIMENTO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO PÓS-COLHEITA**

**CRUZ ALTA**

**2021**

**KATHERINE BRÜCKER PINHEIRO**

**EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE SEMENTE DE ARATICUM (*Annona squamosa L.*) E SUA APLICAÇÃO EM REVESTIMENTO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO PÓS-COLHEITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Jussara Navarini

Coorientador: Luiz Henrique Han

**CRUZ ALTA**

**2021**

Catálogo de Publicação na Fonte

P654e Pinheiro, Katherine Brücker.

Extração de óleo essencial de semente de Araticum (*Annona squamosa L.*) e sua aplicação em revestimento na conservação de morango pós-colheita / Katherine Brücker Pinheiro. – Cruz Alta, 2021.

49 f.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Jussara Navarini.

Co-orientador: Luiz Henrique Han.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Cruz Alta, 2021.

**KATHERINE BRÜCKER PINHEIRO**

**EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE SEMENTE DE ARATICUM (*Annona squamosa L.*) E SUA APLICAÇÃO EM REVESTIMENTO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO PÓS-COLHEITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Jussara Navarini

Coorientador: Luiz Henrique Han

Aprovado em: 10 / 12 / 2021

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Jussara Navarini

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Bruna Klein Borges de Moraes

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Kelly de Moraes

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

**CRUZ ALTA**

**2021**

*Dedico ao meus pais que sempre  
exergaram o meu potencial,  
mesmo quando eu não o via.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por toda força, sabedoria e coragem que me proporcionou durante essa trajetória para poder alcançar esta conquista muito especial em minha vida. Aos meus pais por sempre serem minha base de apoio e incentivo em todas as minhas realizações e por todo o amor e carinho incondicional. As minhas irmãs por todas as vezes que eu precisei de ajuda, não mediram esforços para me auxiliar nessa etapa. Ao meu companheiro por todo carinho, companheirismo, incentivo e apoio que recebi durante essa jornada.

Agradeço também a todos os meus professores que tive durante essa caminhada, pela paciência e amor em passar o conhecimento necessário para obtenção desse título, em especial a minha orientadora Dra. Jussara Navarini pela dedicação e companheirismo que sempre teve comigo e sua paciência para realização desse projeto.

Aos meus colegas de faculdade, que direta ou indiretamente, me ajudaram nessa caminhada, em especial ao meu colega Luiz Henrique Han, que caminhou comigo e virou co-orientador dessa pesquisa ao qual tenho grande admiração e apreço, me ajudou nos momentos de mais aflição que tive durante esta pesquisa.

A UERGS e seus funcionários por terem proporcionado um ambiente agradável e propício à aprendizagem durante minha jornada acadêmica.

Aos amigos, familiares e mestres, deixo a vocês o mais significativo sentimento de agradecimento. Hoje digo com grande certeza que sou uma pessoa realizada porque vocês foram meu alicerce durante toda essa jornada.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Araticum e sua semente.....	5
FIGURA 2 – Equipamento de Soxhlet convencional.....	8
FIGURA 3 – Equipamento incubadora Shaker.....	9
FIGURA 4 - Análise de pareto da extração do óleo essencial da semente de araticum.....	20
FIGURA 5 - Superfície de resposta da relação da temperatura <i>versus</i> tempo <i>versus</i> S:L.....	23
FIGURA 6 - Morangos nos respectivos tratamentos à temperatura ambiente.....	25
FIGURA 7 - Morangos nos respectivos tratamentos à temperatura refrigerada.....	26
FIGURA 8 - Perda de massa dos morangos à temperatura ambiente.....	27
FIGURA 9 - Perda de massa dos morangos à temperatura refrigerada.....	28

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - Níveis codificados e valores reais para experimento fatorial $3^3$ .....	16
TABELA 2- Valores de óleo extraído obtidos para cada experimento do planejamento.....	19
TABELA 3 - Modelos quadráticos obtidos através dos dados experimentais .....	22
TABELA 4 - Análise de variância (ANOVA) para modelos estatísticos de extração de óleo essencial de óleo da semente de araticum em diferentes quantidades de massa e diferentes condições de temperatura.....	22

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	3
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	5
2.1 SEMENTE DO ARATICUM ( <i>Annona squamosa L.</i> ) .....	5
2.2 ÓLEO ESSENCIAL E EXTRAÇÃO.....	6
2.3 REVESTIMENTO.....	9
2.4 REVESTIMENTO COM ÓLEOS ESSENCIAIS NA CONSERVAÇÃO DE FRUTOS .....	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
3.1 MATÉRIA-PRIMA.....	15
3.2 MÉTODOS .....	15
<b>3.2.1 Planejamento Experimental para Obtenção do Óleo Essencial de Araticum</b> .....	15
<b>3.2.2 Elaboração do revestimento à Base de Amido</b> .....	17
<b>3.2.3 Aplicação do Revestimento em Morangos</b> .....	18
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
4.1 EXTRAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ARATICUM.....	19
4.2 ELABORAÇÃO DO REVESTIMENTO COM ÓLEO ESSENCIAL DA SEMENTE DE ARATICUM E APLICAÇÃO EM FRUTOS DE MORANGOS .....	24
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## RESUMO

Os óleos essenciais (OEs) são compostos químicos voláteis que podem ser obtidos de uma ampla variedade de plantas. São matérias-primas empregadas em diversos ramos industriais, pois apresentam propriedades biológicas, tais como: bactericida, bacteriostática, fungicida e entre outras. Dessa forma, a sua aplicação em revestimento para conservação de frutas pós-colheita, mostra-se muito eficaz nos resultados, comprovando conservar o morango, como exemplo, uma das frutas mais propensas à proliferação de fungos. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo extrair o óleo essencial da semente de araticum (*Annona squamosa L.*) bem como avaliar o efeito desse óleo em revestimento na conservação pós-colheita de morangos. Para o estudo da melhor condição de extração do óleo essencial foi aplicado um delineamento experimental fatorial completo  $3^3$  com adição de 3 pontos centrais, onde as variáveis são independentes. Foi estudada as temperaturas com o intuito de definir a melhor condição de temperatura para extração do óleo essencial de araticum. Após a extração do óleo, o mesmo foi incorporado ao revestimento à base de amido e aplicado em três grupos de morangos: Amostra controle, grupo com revestimento à base de amido e grupo com revestimento de amido mais óleo essencial, na temperatura ambiente e refrigerada com intuito de avaliar seu efeito na conservação dos frutos. Os resultados obtidos para a extração de óleo através dos gráficos de superfície de respostas mostraram que a melhor condição se deu na temperatura de extração a 70°C. Já, os resultados da aplicação do revestimento em morangos mostraram que o revestimento com adição do óleo essencial extraído da semente de araticum (*A. squamosa*) e juntamente com a temperatura refrigerada foi mais eficiente em relação à perda de massa do fruto e seu aspecto visual mostrou-se mais conservado, não permitindo o crescimento de fungos nos frutos.

**Palavras-chave:** Extração. Óleo essencial. Revestimento. Conservação.

## ABSTRACT

Essential oils (EOs) are volatile chemical compounds that can be obtained from a wide variety of plants. They are raw materials used in various industrial fields, as they have biological properties, such as: bactericide, bacteriostatic, fungicide and others. Thus, its application in covering for post-harvest fruit preservation proves to be very effective in the results, proving to preserve strawberry, for example, one of the fruits most prone to the proliferation of fungi. In this sense, the present work had as objective to extract the essential oil from the seed of araticum (*Annona squamosa* L.) as well as to evaluate the effect of this oil in covering on the postharvest conservation of strawberries. To study the best condition for extracting the essential oil, a complete factorial experimental design  $3^3$  was applied, with the addition of 3 central points, where the variables are independent. The temperatures were studied in order to define the best temperature condition for the extraction of araticum essential oil. After extracting the oil, it was incorporated into the starch-based covering and applied to three groups of strawberries: Control sample, group with starch-based covering and group with starch-based covering plus essential oil, at room temperature and refrigerated with in order to evaluate its effect on the preservation of the fruits. The results obtained for oil extraction through the response surface graphs showed that the best condition occurred at the extraction temperature at 70°C. The results of the covering application on strawberries showed that the covering with the addition of essential oil extracted from araticum (*A. squamosa*) and together with the refrigerated temperature was more efficient in relation to the loss of fruit mass and its visual appearance was shown to be more eficiente, more preserved, not allowing the growth of fungi in the fruits.

**Keywords:** Extraction. Essential oil. Covering. Conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma ampla diversidade de solo e clima, os quais caracterizam os seus diferentes biomas. Entre estes está o cerrado, o segundo maior bioma que ocupa aproximadamente 24% do território brasileiro, rico em espécies frutíferas nativas, que apresentam excelentes características nutricionais, vitaminas e alguns minerais essenciais à saúde. Espécies como essas, além de oferecem um elevado valor nutricional, possuem atributos sensoriais como, cor, sabor e aroma peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente (MELO, 2013).

Dentre os frutos nativos desse bioma, está o araticum (*Annona squamosa L.*) que pertence à família das *Annonaceae*, sendo encontrada na Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Tocantins e o Rio Grande do Sul. É conhecido popularmente como araticum, marolo, pinha-do-cerrado e entre outros. É considerado uma fruta exótica, bastante perecível, com sazonalidade e características específicas, sendo utilizada principalmente para o consumo *in natura* e/ou utilizados na fabricação de compotas, doces, geleias, sorvetes, sucos e licores (ALMEIDA, 1998).

Com relação às substâncias químicas presentes nessa planta estão os metabólicos secundários, classe de alcalóides que caracterizam a família das *Annonaceae*. Essas substâncias apresentam propriedades biológicas, as quais tem sido empregada na medicina tradicional brasileira no combate à parasitas, tratamento de diarreia, reumatismo, tratamento de feridas, doenças venéreas, picadas de serpente e piolhos (VILAR *et al.*, 2008). Já em pesquisas científicas foram comprovadas as seguintes atividades biológicas: atividades moluscicida, antiparasitária, antibacteriana, antioxidante, inseticida e antimutagênica (LIAW *et al.*, 2016)

Entre os diversos compostos que podem ser extraídos dos vegetais, estão os óleos essenciais, que são importantes matérias-primas empregados em diversos ramos das indústrias, principalmente a indústria farmacêutica por apresentarem propriedades antissépticas, calmantes, relaxantes, descongestionantes além de efeito energético (CARDOSO *et al.*, 2016).

Os óleos essenciais (OEs) são compostos voláteis caracterizados por apresentar forte odor e são formados pelo metabolismo secundário das plantas. Além disso, são conhecidos por sua ação bactericida, bacteriostática, fungicida e outras propriedades medicinais. Comumente empregados como método de conservação em conjunto com revestimentos e biofilmes (CARDOSO *et al.*, 2016).

Os revestimentos são produzidos a partir de materiais biológicos, podendo agir como barreira a elementos externos, protegendo os produtos embalados de danos físicos e biológicos,

umentando assim sua vida útil. O desenvolvimento de biomateriais teve avanços consideráveis na última década, muito destes avanços foram promovidos por um público que busca ter acesso a produtos e alimentos de maior qualidade e imbuído de uma conduta de maior responsabilidade ambiental. O amido é considerado um material promissor no desenvolvimento de bioembalagens (SOARES *et al.*, 2014).

O amido pode ser obtido de diversas fontes vegetais, como cereais, raízes e tubérculos, e também de frutas e legumes, no entanto, a extração em nível comercial de amido se restringe aos cereais, raízes e tubérculos. Ele é um polissacarídeo de reserva dos vegetais e está armazenado sob a forma de grânulos, que apresentam um certo grau de organização molecular, o que confere aos mesmos um caráter parcialmente cristalino (ALTMANN, 2017).

O morango é um pseudofruto carnoso e suculento de coloração vermelha intenso. Possui em sua extremidade frutos verdadeiros denominados de aquênios (COSTA, 2012). Além disso, apresenta compostos, tais como a vitamina C e os compostos fenólicos responsáveis pela ação antioxidante, anti-inflamatória, potencial anticarcinogênico e antineurodegenerativo. Mesmo sendo um fruto muito apreciado por suas condições sensoriais e de grande funcionalidade, o consumo do morango é afetado pela oferta irregular do mesmo, consequência da sua alta vulnerabilidade e perecibilidade (ALMEIDA, 2015).

Considerando que os óleos essenciais são de grande utilidade na indústria farmacêutica e alimentícia, os quais possuem benefícios para a saúde, que o araticum é fruto que possui propriedades benéficas à saúde humana e, que revestimento é um grande aliado na preservação de alimentos de forma sustentável, este trabalho tem como objetivo realizar a extração do óleo essencial da semente de araticum, bem como avaliar o efeito do mesmo em revestimento na conservação de morangos pós-colheita. Desta forma, os objetivos específicos são:

- Estudar a extração do óleo essencial a partir das sementes do fruto *A. squamosa* L.
- Elaborar o revestimento de amido incorporando óleo essencial extraído.
- Avaliar o efeito do revestimento com o óleo essencial na conservação pós-colheita.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SEMENTE DO ARATICUM (*Annona squamosa* L.)

O araticum é uma fruta nativa do cerrado brasileiro, pertence à família das *Annonaceae*, a mesma da cherimoia, atemoia e fruta-do-conde. Essa família é composta por aproximadamente 120 gêneros, se distribui em território tropical e subtropical em todo o mundo, sendo o gênero *Annona* considerado o mais relevante com mais de 50 espécie (COSTA, 1999 *apud* JOLY, 2003). Originária da América Central, mais provável da região das Antilhas, a pinheira é considerada uma das principais representantes dessa família. No Brasil foram registrados 29 gêneros, compreendendo cerca de 392 espécies (MAAS, et al.; 2015).

É uma espécie arbórea de 4 a 6m de altura, muito ramificada, com folhas lanceoladas de 6 a 7 cm de comprimento. As flores se apresentam em três e são triangulares, medindo de 2 a 3cm de comprimento. O seu fruto é um sincarpo arredondado de 5 a 10cm de diâmetro, com peso entre 150 a 650g, formado por carpelos proeminentes e cobertos por saliências achatadas em forma de tubérculos. Possui coloração verde, polpa de cor branca translúcida ou creme, doce, rica em sais minerais e vitaminas, com cerca de 60 sementes de cor preta em cada fruto (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL, 1998). Na figura 1 podemos observar o araticum e sua semente.

Figura 1 – Araticum e sua semente.



Fonte: IndiaMART (2021).

O araticum floresce durante os meses de outubro e novembro e a sua frutificação se dá a partir dos meses de janeiro e fevereiro (LORENZI, 1998).

Alguns trabalhos relatam que esta planta contém carboidratos, proteínas, lipídeos e compostos fenólicos. Os carboidratos constituem entre 18,2 e 26,2%, sendo destes 83% dos açúcares solúveis totais constituídos por açúcares redutores. Suas sementes contêm substâncias

chamadas acetogeninas (ACGs), as quais apresentam diversas atividades biológicas, entre elas o potencial antioxidante e antimicrobiano (TU *et al.*, 2016).

Essa planta tem mostrado grande potencial de aplicação tanto para o uso medicinal como também para o uso nutricional. Há estudos que já demonstram seu grande potencial no que diz respeito a ser um antioxidante, sendo a sua semente como uma das principais partes que conferem a planta essa propriedade. Em estudos realizados por Luzia (2012), foi possível comprovar a atividade antioxidante da fração lipídica das sementes, a qual é composta por fitosteróis e tocoferóis. De acordo com a autora, os fitosteróis são os componentes químicos de maior atividade antioxidante presentes nas sementes.

As sementes de araticum são relativamente grandes, formadas basicamente de endosperma; a testa é espessa e rígida, mas o hilo é bem aberto e permeável ao ar e a água (LUZIA, 2012; RIZZINI, 1971). Nelas são encontrados aminoácidos como a glutamina, o triptofano, a arginina, o ácido glutâmico, a histidina e o ácido aminobutírico e, além disso, contêm alto teor de lipídios e de aminoácidos livres (RAHMAN *et al.*, 2005; CHAVAN *et al.*; 2006).

As ACGs (acetogeninas) são derivadas de ácidos graxos de cadeia longa, sendo aparentemente de origem policetídica. São produzidas por metabolismo secundário, os quais dão origem a uma série de outros compostos fitoquímicos bioativos. O mecanismo de ação da atividade citotóxica das acetogeninas está relacionado com a inibição da NADH oxidase da membrana plasmática da célula tumoral e da membrana interna mitocondrial, resultando na diminuição dos níveis de ATP celular e inibindo a proliferação das células tumorais (BARRETO, 2014).

## 2.2 ÓLEO ESSENCIAL E EXTRAÇÃO

A “*International Standard Organization*” (ISO) define os óleos essenciais (OE’s) como produtos obtidos de partes de plantas através da destilação. De forma geral, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também podem ser chamados de óleos voláteis, óleos etéreos ou essenciais (BARRETO, 2014).

Os óleos essenciais são compostos por uma série de metabólitos secundários que podem inibir ou retardar o crescimento de bactérias, leveduras e bolores, cujos componentes têm uma variedade de alvos de ação, particularmente, sobre a membrana e o citoplasma microbiano, e em certas situações, alteram completamente a morfologia das células, podendo ser uma alternativa ao uso de pesticidas sintéticos (SANTOS *et al.*, 2004).

Assim, podemos definir que OE's são misturas complexas de compostos, sendo que podem ser usados como método terapêutico devido aos monos e sesquiterpenos e o fenilpropanoides, componentes principais dos óleos essenciais (OLIANI, 2012). São obtidos por técnica de extração, como destilação (incluindo a vapor) e prensagem a frio ou extração (maceração) (PRADO, 2018; MIRANDA, 2012). Desta forma, visa-se a possibilidade de sua utilização na melhoria da conservação, prolongando a validade dos alimentos e diminuindo o uso de antioxidantes e de agentes antimicrobianos sintéticos. Os estudos estão sendo aprofundados no tocante à demonstração dos potenciais promissores destes compostos na área de alimentos (PRADO, 2018; MIRANDA, 2012).

No entanto, a aplicação dos OEs na conservação de alimentos, requer conhecimentos detalhados sobre suas propriedades, ou seja, a concentração inibitória mínima (CIM), os microorganismos envolvidos, modo de ação, além do efeito dos componentes da matriz do alimento sobre suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Além disso, a identificação dos compostos antimicrobianos mais ativos presentes nos OEs é complexa, tendo em vista que, dependendo do óleo, pode haver a presença de mais de quarenta e cinco componentes diferentes, os quais sofrem variações percentuais de acordo com a época da colheita e o método utilizado para extrair o mesmo, dentre outros fatores (JUNG, 2019).

Em seu estudo, Azambuja (2019) ao avaliar a ação de óleos essenciais de *Annona classiflora*, bem como os seus principais compostos no controle de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, pode observar maior capacidade de inibir a formação desses microrganismos. No caso do óleo essencial de *Annona classiflora* da semente, para aplicação em biofilme, o melhor método segundo o autor é a extração por solvente.

De acordo com os estudos realizados pelo o autor acima mencionado, foi possível constatar que, para o organismo *S. aureus*, o extrato de *Annona crassiflora* teve um maior potencial inibitório antimicrobiano na concentração 1:2 (m/m). Para *Pseudomonas aeruginosa*, apresentou um significativo valor inibitório, porém, não maior que para *S. aureus*. Na análise com o extrato para o organismo *E. coli*, é possível afirmar que os melhores resultados foram os apresentados pelos extratos *Annona crassiflora*, na concentração de 1:8 (m/m).

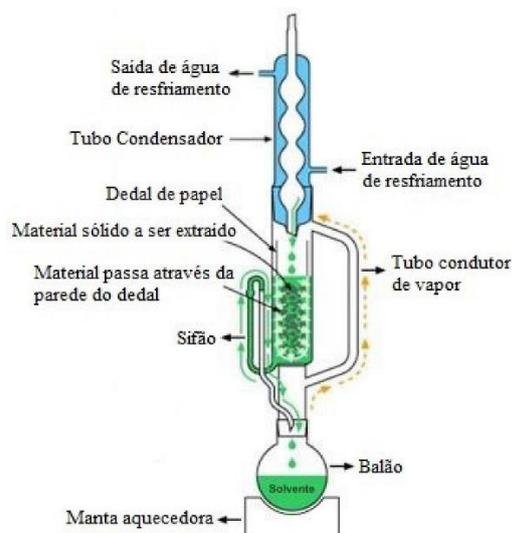
Estudos relacionados às propriedades biológicas da família *Annonaceae*, tem se intensificado, devido à presença de ACGs, alcalóides e taninos. Sendo assim, esta família foi identificada como potencialidade promissora no combate de microrganismos, pois esses compostos possuem elevado potencial antimicrobiano, podendo assim ser uma das explicações para os resultados satisfatórios obtidos com *Annona crassiflora* (SIMINSKI, 2015).

No que se refere a extração, algumas plantas em razão de suas próprias características, são consideravelmente delicadas, devido a isto, não podem ser submetidas a processos de extração que requerem condições drásticas, pois são capazes de degradar seus constituintes aromáticos.

Entre os processos de extração de óleos essenciais está a destilação a vapor que requer altas temperaturas. No entanto, no caso do óleo essencial de araticum e de vários outros óleos que exigem métodos menos agressivos, para que seja possível obter resultados e produtos de ótima qualidade pode ser empregada a extração com solvente. Este tipo de extração apresenta bons resultados, pois os óleos essenciais são extraídos por intermédio de solvente, o qual deve ter boa seletividade, baixa temperatura de ebulição, ser quimicamente inerte e possuir baixo custo (AZAMBUJA, 2019).

Neste tipo de extração é empregado o extrator de Soxhlet, que é um equipamento muito usado na extração de óleo essencial. Neste processo, há liberação extrativa e leva-se em conta três etapas principais: a penetração do solvente no tecido (matéria-prima); a formação de uma micela intracelular e, a difusão do extrato na micela externa. Assim, o processo consiste no tratamento sucessivo e intermitente da amostra imersa em um solvente puro (éter de petróleo, éter dietílico ou *n*-hexano), graças à sifonagem e subsequente condensação do solvente aquecido dentro do balão que está na base do extrator (AZAMBUJA, 2019, LEMES, 2018). A figura 2 retrata o equipamento de Soxhlet convencional.

Figura 2 – Equipamento de Soxhlet convencional.



Fonte: SciElo (COSTA, 2017)

É uma técnica relativamente moderna, no entanto, o grande problema é a remoção total do solvente residual presente no óleo essencial, pois o processo se torna oneroso, uma vez que exige alto custo de energia. Além disso, o solvente também pode promover alteração química nas moléculas e provocar efeitos tóxicos nos consumidores (GALVÃO, 2004).

Outro equipamento que pode ser utilizado na extração de óleos essenciais é a incubadora Shaker, onde o processo de extração consiste no movimento orbital da bandeja na qual é acoplado frasco com o solvente juntamente com o material a ser extraído à temperatura e agitação controladas. Dessa forma, o frasco utilizado deve apresentar uma boa geometria, ou seja, o contorno e a distribuição espacial da massa de líquido em movimento de rotação no interior do recipiente são de grande importância. A agitação promove a homogeneidade do líquido com o material no interior do recipiente (GALVÃO, 2004). A figura 3 retrata o equipamento incubadora Shaker.

Figura 3 – Equipamento incubadora Shaker



Fonte: Solab (2021)

### 2.3 REVESTIMENTO

Filmes e revestimentos comestíveis e/ou biodegradáveis compõem parte importante do cenário de pesquisa nacional e internacional, com trabalhos de grande relevância quanto à produção, caracterização e aplicação dos mesmos. O desenvolvimento desses materiais com permeabilidade seletiva aos gases, pode ser promissor no controle da respiração de frutas e hortaliças, funcionando como uma embalagem de atmosfera modificada (MALI *et al.*, 2010).

Os filmes obtidos a partir do amido são conhecidos por exibirem baixa permeabilidade ao oxigênio. Biofilmes podem ser utilizados como revestimentos que são aplicados sobre a

superfície do alimento ou entre os componentes, com a finalidade na redução da perda de vapor de água, migração de lipídios, oxigênio e aroma, ou, também, para estabilizar os gradientes de atividade de água e assim manter as diferentes propriedades de textura (SILVA, 2011).

A formação de filmes partindo de soluções diluídas de amido, segue a ordem de formação de helicóides, agregação ou gelificação e reorganização dos agregados, sendo primariamente dirigido pelo resfriamento e depois, pela desidratação (SOARES *et al.*, 2014). A elaboração de revestimentos envolve a utilização de diversos componentes, cada qual com sua finalidade específica. Essas formulações são constituídas de, pelo menos, um agente formador de filme (macromoléculas), solvente (água, etanol, água/etanol etc.), plastificante (glicerol, sorbitol, etc.), agente ajustador do pH (ácido acético,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , etc) e aditivos (aromas, vitaminas, antimicrobianos, etc) (VIÉGAS, 2016).

Dependendo de sua aplicação pode requerer insolubilidade, para proteger a integridade do produto e a resistência à água, ou solubilidade no caso de encapsulação de alimento ou de aditivo. A solubilidade em água direciona a aplicação do biofilme como embalagem de produtos alimentícios. No tocante às propriedades mecânicas dos filmes comestíveis, essas propriedades dependem da natureza do material filmogênico utilizado e de sua coesão estrutural (SOARES *et al.*, 2014).

Por outro lado, apesar do amido ser o polissacarídeo mais utilizado na elaboração de filmes biodegradáveis também possui algumas desvantagens, como o caráter fortemente hidrofílico e as propriedades mecânicas pobres, que podem dificultar o seu emprego como substituto do plástico convencional, limitando a sua utilização na produção de determinados tipos de embalagens, como as sacolas plásticas (COSTA *et al.*, 2017; COSTA E OLIVEIRA, 2020 *apud* DUFRESNE; VIGNON, 1998).

O amido, em seu estado nativo, é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos. A maioria dos amidos contém de 20 a 30% de amilose, e, 70 a 80% de amilopectina, razão que varia com a fonte botânica. O arranjo estrutural dessas macromoléculas permite a formação de áreas cristalinas e amorfas nos grânulos. As áreas cristalinas mantêm a estrutura dos grânulos, controlam o seu comportamento na água e os tornam relativamente resistentes ao ataque enzimático e químico (SILVA, 2011).

A aplicação do amido na produção de filmes se baseia nas propriedades físicas, químicas e funcionais da amilose para formação de géis e na sua capacidade para formar filmes. As moléculas de amilose se orientam paralelamente, aproximando-se o suficiente para formar pontes de hidrogênio entre as hidroxilas de polímeros adjacentes após a gelatinização. Dessa forma, ocorre a diminuição de volume e a afinidade do polímero pela água é reduzida,

permitindo ao amido gelatinizado formar filmes estáveis e flexíveis. As principais fontes do amido comercial são: o milho, trigo, arroz, batata e mandioca (VIÉGAS, 2016).

Muitas pesquisas têm dado atenção ao desenvolvimento de tecnologias que controlam o crescimento indesejável de microrganismos, com garantia de segurança por incorporação de substâncias inibitórias dentro do material de embalagem, denominadas embalagens ativas. Esse conceito de embalagem é inovador e é definida como um tipo que atua nas condições de armazenamento estendendo a vida de prateleira e melhorando a segurança ou propriedades sensoriais, ao mesmo tempo em que mantém a qualidade do produto. A adição de substâncias antimicrobianas como o óleo essencial de araticum, pode causar a redução da taxa de crescimento de microrganismos, estendendo a fase “lag” do microrganismo alvo, prolongando a vida de prateleira do produto (SILVA, 2011).

Coberturas e filmes comestíveis não pretendem, e nem sempre têm a capacidade para substituir uma embalagem sintética não comestível com o intuito de prolongar a estocagem dos alimentos. Sua utilização está relacionada à capacidade de agir como um adjunto para promover maior qualidade, estendendo a vida de prateleira, e possibilitar a economia com materiais de embalagem, uma vez que atuam tanto como embalagens quanto como componentes do alimento. As coberturas e filmes devem cumprir alguns requisitos específicos para seu uso, como: boa qualidade sensorial; propriedades de barreiras e mecânicas eficientes; estabilidade bioquímica, físico-química e microbiológica; inocuidade, não poluente; e de processamento simples e de baixo custo (BERTAN, 2008).

Dessa forma, os revestimentos quando não são consumidos junto com o alimento devem ser descartados, sem provocar a poluição do meio ambiente. Diante do exposto, as embalagens comestíveis são ótimas alternativas para a conservação dos alimentos, podendo substituir as embalagens convencionais ou até mesmo, serem utilizadas junto com estas. Portanto, é possível serem encontradas embalagens na forma de biofilmes comestíveis ou não comestíveis ou de revestimentos, e são classificadas conforme a sua composição (SOUZA *et al*, 2021).

## 2.4 REVESTIMENTO COM ÓLEOS ESSENCIAIS NA CONSERVAÇÃO DE FRUTOS

Tratando-se de segmento de frutas, percebe-se, atualmente que existe um aumento na procura por frutas frescas em comparação às frutas processadas, porém há dificuldade no que diz respeito à conservação. Os principais mecanismos de deterioração que afetam frutas frescas, inteiras ou processadas são o crescimento microbiológico, o escurecimento enzimático e a perda de umidade. No caso particular do morango, que apresenta elevada perecibilidade pós-colheita,

essa se deve, principalmente a sua intensa atividade metabólica e grande suscetibilidade ao ataque de agentes patogênicos causadores de podridões (SARAIVA, 2011).

No que se refere ao morango, suas características demonstram que é um fruto que possui alta perecibilidade, a qual está relacionada ao ambiente e aos efeitos climáticos, pois em temperatura ambiente a deterioração do morango é acelerada na pós-colheita e a sua taxa respiratória é elevada. Essa taxa pode ser aumentada de quatro a cinco vezes quando se tem um aumento de 10 °C na temperatura, podendo dobrar com uma temperatura de 20 °C. Quando armazenado em temperatura ambiente, o morango pode chegar a uma perda de 40% (SANTOS *et al*, 2016). Além disso, a ocorrência de ataques de fungos, insetos e sua adaptação na região, poderão influenciar na qualidade dos frutos e na sobrevivência dos mesmos na fase do cultivo.

Um dos principais parasitas desse fruto é o fungo do gênero *Botrytis*. Ele é a principal ameaça para o cultivo e o armazenamento dos morangos, por ter um desenvolvimento rápido e progressivo. Além disso, as condições relativas à temperatura podem afetar diretamente no metabolismo da fruta, resultando em perdas abundantes, principalmente relacionadas a quantidade de Vitamina C e demais alterações sensoriais (OLIVEIRA, 2017).

Para o combate de agentes patogênicos, tais como fungos e bactérias existe no mercado fungicidas químicos, os quais tem sido amplamente empregados. No entanto, a substituição desses fungicidas pelas substâncias orgânicas naturais apresentam-se como uma alternativa favorável na aceitação de produtos agrícolas no mercado externo e interno, no que diz respeito à segurança alimentar e à qualidade durante a armazenagem, permitindo alcançar maior aceitação e reconhecimento na pauta das exportações. Sendo que, a utilização de óleos essenciais de sementes como método de conservação e controle de doenças pós-colheita está fundamentada no pressuposto de que estes representam a mistura de várias substâncias solúveis capazes de obter respostas de defesa em frutas e plantas ou agir diretamente sobre o fitopatógeno (CRUZ *et al*, 2011 *apud* BRUNNER, 2002).

Assim, a aplicação de revestimentos comestíveis em frutos, é uma técnica de baixo custo e de considerável viabilidade para utilização por pequenos agricultores, levando-se em consideração o fato de que é uma tecnologia simples e não necessita de investimentos elevados em equipamentos. No entanto, depende basicamente das características do produto e das propriedades físicas e químicas do revestimento utilizado (AMANCIO, 2020).

Assim, o uso de embalagem pode reduzir a perda de massa fresca e reduzir as mudanças na aparência durante o armazenamento, aumentando a vida útil dos frutos de 50 a 400%. Com isso, reduziria as perdas econômicas e facilitaria a distribuição dos produtos à longas distâncias sem comprometer a qualidade (SARAIVA, 2008 *apud* AZEREDO, 2011). Além disso, essas

películas comestíveis não costumam interferir na aparência comum da fruta, geralmente possuem boa aderência, com a finalidade de evitar sua remoção facilmente no manuseio, impedindo alterações no gosto ou odor original (TURQUETT *et al.*, 2021).

Estudos têm comprovado o efeito bactericida e fungicida de óleos essenciais de plantas, mostrando a eficácia de seus constituintes. A utilização de filmes antimicrobianos tem se tornado um grande atrativo para a indústria alimentícia, por sua diversidade de aplicações e pelos êxitos nos resultados obtidos (UGALDE, 2014).

Sendo assim, Oliveira (2017) constatou que a aplicação de cobertura à base de quitosana combinada com o óleo essencial de *Salvia sclarea* em morangos, foi uma alternativa viável para manter a qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado, considerando que os mesmos preservaram ainda suas características sensoriais e nutricionais. A combinação do óleo essencial com o revestimento, proporcionou uma menor perda de massa em relação a amostra controle, essa redução está ligada pelos componentes presente no OE de *Salvia sclarea*, como o ácido rosmarínico, carnosol e ácido carnosico.

Já em outro estudo, Tavares (2018) verificou que a utilização da cobertura comestível a base de O-CMQTS (O-carboximetilquitosana) incorporado ao óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) em recobrimento da fruta goiaba, resultou em uma menor perda de massa e grau de maturação e um melhor aspecto visual das frutas, em comparação com aquelas sem nenhum tratamento. O resultado obtido mostrou que o recobrimento das frutas com revestimento incorporado o óleo essencial, cria uma barreira que dificulta a perda de água, pois a presença do óleo essencial no revestimento ocorre a formação de uma barreira hidrofóbica e também antimicrobiana aumentando a eficiência do mesmo.

Borges e Medonça (2013), observaram em seu estudo que a conservação dos morangos foi ampliada pelo revestimento com goma xantana e o óleo essencial de sálvia, indicando boa potencialidade para aumento de vida útil do fruto. Os autores constaram que quanto ao ensaio antimicrobiano não houve inibição da flora total com o uso do extrato testado de EO, porém, sua combinação com revestimento proporcionou uma barreira à perda de massa e ao oxigênio.

Outro estudo descrito por Melgão (2018), concluiu que a utilização de revestimento de quitosana *in vitro* tem efeito no controle de alguns dos fungos que afetam a vida útil dos frutos, como *Penicillium spp.* e *Rhizopus spp.*, provenientes do morango e que associados com os EOs (eugenol e mentol) melhora o controle dos mesmos. A autora observou que durante o período de 9 dias, foi notório o efeito de controle de crescimento por parte de qualquer das soluções de quitosana, quer para o *Penicillium spp.* tanto para o *Rhizopus spp.*

Ainda em estudos realizados por Coelho (2017) os resultados encontrados mostraram que a aplicação do revestimento à base de amido com ou sem a utilização do óleo essencial de cravo da Índia, foi eficiente em prolongar a vida útil da goiaba em até 10 dias após a colheita em condições ambiente. Foi constatado que, o uso do revestimento teve influência significativa sobre a cor da casca e sobre os pigmentos da polpa. Já, em relação a inibição dos fungos, a combinação do revestimento com o EO de cravo da Índia inibiu o aparecimento de antracnose nos frutos.

No que se refere ao estudo realizado por Macedo (2019), observou-se que a combinação de quitosana e óleo essencial de *C. citratus* é uma opção para o controle de podridão da cratera em frutas de melão. Sendo assim, autora constatou que quanto maior a concentração de OE de *C. citratus*, maior a diminuição no crescimento micelial dos isolados de *P. rostratum*, quando comparados com a amostra controle.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de alimentos da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, na unidade de Cruz Alta.

#### 3.1 MATÉRIA-PRIMA

Os frutos de araticum (*A. squamosa*), utilizados neste trabalho foram obtidos de três municípios do estado do Rio Grande do Sul: Campinas das Missões, Boa Vista do Cadeado e Mata. Os frutos de araticum foram coletados nos meses de janeiro e fevereiro de 2019.

Após a coleta dos frutos, os mesmos foram abertos para a separação da semente da polpa, na sequência, as sementes foram deixadas imersas em água, cerca de 1 minuto para facilitar a retirada da polpa. Foram limpas, previamente secas e postas para secar à temperatura ambiente (25 °C) para retirada do excesso de água. Por fim, as mesmas foram guardadas sob refrigeração até o momento da realização da extração.

Os frutos do morango foram adquiridos do comércio local do município, logo após selecionou-se cuidadosamente quanto ao tamanho, cor e formato, descartando-se os com defeitos ou injúrias devido ao manuseio ou transporte. Em relação a cor dos frutos, foi realizada uma análise visual dos mesmos para padronização de cor dos grupos, para que eles obtenham os mesmos parâmetros no que se refere a análise de aspecto visual. Após a seleção, os mesmos foram devidamente higienizados com uma solução de 100ppm de hipoclorito de sódio, deixados submersos por 5 minutos nessa solução e em seguida enxaguados. Por fim, foram postos em bandeja perfurada para retirada do excesso de água.

#### 3.2 MÉTODOS

##### 3.2.1 Planejamento Experimental para Obtenção do Óleo Essencial de Araticum

O método utilizado constituiu-se da prévia desumidificação das sementes à temperatura ambiente (25 °C), devido que as mesmas estavam guardadas sob refrigeração. Em seguida, foram trituradas em liquidificador de 600W até a obtenção de uma farinha, o qual foi submetido a extração. Cabe destacar que não houve a padronização por granulometria da farinha para a extração.

Para a realização das extrações foram utilizados erlenmeyer com capacidade de 250ml, onde pesou-se de 3 a 5 gramas da semente triturada. Na sequência adicionou-se 30ml de hexano

e a mistura foi levada à incubadora Sacker SL-222 para agitação com velocidade 110 rpm e com a variação de temperatura de 50 a 70 °C e tempo de 60 a 180 minutos, conforme o planejamento ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Planejamento com valores reais para experimento fatorial 3<sup>3</sup>.

<b>Ensaio</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>S:L (mg)</b>
1	50	60	3:30
2	50	60	4:30
3	50	60	5:30
4	50	120	3:30
5	50	120	4:30
6	50	120	5:30
7	50	180	3:30
8	50	180	4:30
9	50	180	5:30
10	60	60	3:30
11	60	60	4:30
12	60	60	5:30
13	60	120	3:30
14	60	120	4:30
15	60	120	5:30
16	60	180	3:30
17	60	180	4:30
18	60	180	5:30
19	70	60	3:30
20	70	60	4:30
21	70	60	5:30
22	70	120	3:30
23	70	120	4:30
24	70	120	5:30
25	70	180	3:30
26	70	180	4:30
27	70	180	5:30
28	60	120	4:30
29	60	120	4:30
30	60	120	4:30

Fonte: Autores (2021).

A fim de verificar a melhor condição de extração do óleo foi aplicada a metodologia de análise de superfície de resposta com experimento fatorial  $3^3$  com três repetições do ponto central. Três diferentes fatores independentes (X) foram avaliados (temperatura, tempo de extração e relação sólido/líquido – S/L) em três níveis equidistantes (-1, 0, +1). A variável dependente (Y) avaliada foi o óleo extraído em mg. Os dados dos experimentos foram tratados e avaliados usando Statística 12.0 para Windows (StatSoft Inc., USA).

As respostas experimentais foram ajustadas, através da análise de regressão não linear, para obter um modelo teórico estatístico de cada resposta, conforme apresentado na Equação 1.

Eq. 1:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_{11}X_1^2 + b_2X_2 + b_{22}X_2^2 + b_3X_3 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

Onde Y é a resposta para a extração em miligramas do óleo,  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_{11}$ ,  $b_{22}$ ,  $b_{33}$ ,  $b_{12}$ ,  $b_{13}$  e  $b_{23}$  representam os coeficientes de regressão e  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  são as variáveis temperatura, tempo e S:L, respectivamente.

### 3.2.2 Elaboração do revestimento à Base de Amido

Para a elaboração do revestimento foi utilizada metodologia adaptada de Coelho (2017).

A solução foi preparada a partir da diluição do amido de milho a 3% (m/v) e 10% de glicerol (m/m) em água destilada (50 ml) utilizando agitador magnético com aquecimento, à temperatura de 80 °C e velocidade de agitação igual à 7 rpm por 20 minutos, para a gelatinização do amido. Para se chegar a concentração escolhida, foi realizado testes em diferentes concentrações de glicerol, mas mantendo a mesma concentração de amido de milho (3%).

As concentrações de glicerol testadas foram de 5%, 10%, 15% e 20%, sendo que para todas estas concentrações foram realizados testes de aspecto filmogênio das soluções, em placas de petri devidamente identificadas e deixadas em temperatura ambiente (25°C) por 24h. A concentração 10% foi a que apresentou melhor condição e aparência filmogênica quando comparada as demais soluções testadas.

Após, a solução preparada, a mesma foi posta em repouso na bancada para resfriar até atingir temperatura ambiente (25°C), para que o amido realizasse o processo de retrogradação. Em seguida, a solução foi separada em duas porções, sendo uma apenas o revestimento e a outra foi adicionado 0,5% de óleo extraído (m/m). Cabe destacar que esta quantidade de óleo utilizada foi determinada a partir de testes com quantidades de óleo que variou de 0,25, 0,5, 1,0 e 1,5%.

Estes testes foram necessários devido às características que os óleos essenciais apresentam, como viscosidade e baixa polaridade, dificultando a incorporação no revestimento, o qual tem grupos altamente apolares. Sendo assim, a máxima quantidade de óleo adicionada ao revestimento foi de 0,5% (m/m).

### **3.2.3 Aplicação do Revestimento em Morangos**

Para o revestimento, os frutos foram divididos em três grupos: um grupo de morangos constituiu da amostra controle – Grupo AC, um grupo foi revestido somente com revestimento – Grupo R e o outro com revestimento mais adição do óleo extraído do araticum – Grupo RO. A seleção dos morangos para divisão dos grupos, foi padronização visualmente, quanto ao tamanho, cor e formato dos frutos para obtenção de um grupo mais padronizado o possível.

Foram realizados dois tratamentos com os três grupos de morangos, sendo um à temperatura ambiente e outro à temperatura refrigerada (4 °C). Assim, os morangos foram imersos nas suas respectivas soluções filmogênicas e deixados secar sobre a bancada. Após, o grupo com tratamento à temperatura refrigerada foi levada a geladeira.

A avaliação visual pós-colheita foi feita durante 3 dias, em um intervalo de 12 horas. Neste mesmo período também foi avaliada a perda de massa pela diferença entre o peso inicial dos morangos e após cada intervalo de tempo, com os resultados expressos em porcentagem.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados do presente estudo. Na primeira etapa, será descrito o processo de extração do óleo essencial das sementes de araticum. Na sequência, a elaboração do revestimento a partir do amido de milho e adição de óleo e sua aplicação em morangos pós-colheita.

### 4.1 EXTRAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE ARATICUM

A extração do óleo essencial das sementes de araticum foi realizada em incubadora Shaker, a partir do planejamento fatorial completo  $3^3$ . Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de óleo extraído obtidos em mg, para cada experimento do planejamento.

Variáveis		Níveis		
		(-1)	(0)	(+1)
X <sub>1</sub> – Temperatura (°C)		50	60	70
X <sub>2</sub> – Tempo (min)		60	120	180
X <sub>3</sub> – Relação S:L (mg)		3:30	4:30	5:30
Ensaio	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y
1	50	60	3:30	17,00
2	50	60	4:30	17,25
3	50	60	5:30	15,80
4	50	120	3:30	14,33
5	50	120	4:30	16,75
6	50	120	5:30	14,60
7	50	180	3:30	16,33
8	50	180	4:30	17,75
9	50	180	5:30	16,40
10	60	60	3:30	18,33
11	60	60	4:30	17,50
12	60	60	5:30	18,00
13	60	120	3:30	18,00
14	60	120	4:30	16,75
15	60	120	5:30	19,20
16	60	180	3:30	20,00
17	60	180	4:30	21,00
18	60	180	5:30	22,40
19	70	60	3:30	22,00
20	70	60	4:30	21,50
21	70	60	5:30	21,00

Fonte: Autores (2021)

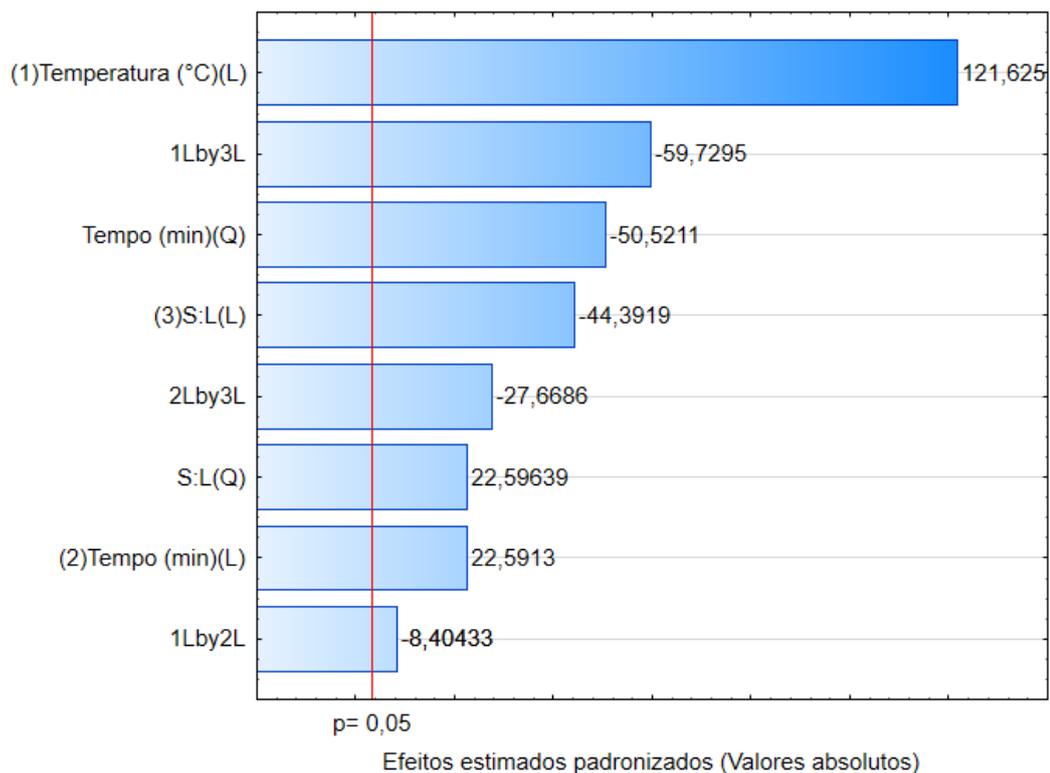
Tabela 2 - Valores de óleo extraído obtidos em mg, para cada experimento do planejamento (Continuação).

Variáveis		Níveis		
		(-1)	(0)	(+1)
X <sub>1</sub> – Temperatura (°C)		50	60	70
X <sub>2</sub> – Tempo (min)		60	120	180
X <sub>3</sub> – Relação S:L (mg)		3:30	4:30	5:30
Ensaio	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y
22	70	120	3:30	20,33
23	70	120	4:30	25,75
24	70	120	5:30	16,20
25	70	180	3:30	27,00
26	70	180	4:30	21,50
27	70	180	5:30	14,00
28	60	120	4:30	16,70
29	60	120	4:30	16,67
30	60	120	4:30	16,86

Fonte: Autores (2021)

A análise de pareto foi utilizada para significância ( $p \leq 0,05$ ) dos efeitos principais (temperatura, tempo e relação S:L) e suas interações. A Figura 4 apresenta o resultado de pareto para extração do óleo essencial.

Figura 4 - Análise de pareto da extração do óleo essencial da semente de araticum.



Observando a Figura 4, pode-se observar o efeito de maior destaque é a temperatura, pois a elevação de 50 para 70 °C houve um aumento do volume de óleo extraído. Há aumento linear do tempo, onde constata-se melhorias na extração de óleo essencial, em comparação ao tempo quadrático, o qual apresentou uma deficiência no processo. O efeito da relação sólido:líquido (S:L) quadrático teve o efeito positivo, variando a relação de -1 (3:30) para 1 (5:30) houve um breve aumento na quantidade de óleo extraído. Porém, quando observamos as interações dos efeitos podemos perceber que as mesmas não apresentaram melhoria no processo, e o crescimento linear dos efeitos principais apresentaram boa efetividade.

No que se refere ao tempo de extração, este resultado é contrário ao observado por Prins et al. (2006), quando avaliou a composição química do óleo essencial extraído do alecrim (*Rosmarinus officinalis*). Em seu trabalho o autor relata que o tempo satisfatório para extrair amostra representativa do óleo essencial foi de 60 minutos e, que no tempo de 120 minutos não houve aumento significativo nos teores dos compostos extraídos.

Os resultados obtidos para as respostas avaliadas (Tabela 2) foram ajustados por análise de regressão múltipla para modelos quadráticos (Tabela 3), considerando apenas os efeitos significativos ( $p \leq 0,05$ ), conforme apresentados nas Equações de 2 a 4.

Tabela 3- Modelos quadráticos obtidos através dos dados experimentais.

	<b>Modelo matemático</b>	<b>Eq.</b>
<b>Temperatura versus Tempo</b>	$Y = - 41,0512 + 0,8554X_1 - 0,0341X_2 + 0,00044X_2^2 - 0,00033X_1X_2 - 0,1439X_1X_3 - 0,0111X_2X_3 + 47,7857$	(2)
<b>Temperatura versus S:L</b>	$Y = - 41,0512 + 0,8554X_1 + 14,7978X_3 - 0,7128X_3^2 - 0,00033X_1X_2 - 0,1439X_1X_3 - 0,0111X_2X_3 + 2,2769$	(3)
<b>Tempo versus S:L</b>	$Y = - 41,0512 - 0,0341X_2 + 0,00044X_2^2 + 14,7978X_3 - 0,7128X_3^2 - 0,00033X_1X_2 - 0,1439X_1X_3 - 0,0111X_2X_3 + 51,3266$	(4)

Onde Y é a resposta da extração do óleo essencial de araticum (em valor real),  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  são as variáveis temperatura, tempo e S:L, respectivamente.

Os resultados da análise de variância dos efeitos e interações entre os fatores e a validade do modelo proposto para a variável resposta de extração de óleo essencial de araticum, nos diferentes pesos e diferentes condições de temperatura, estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de Variância (ANOVA) para modelos estatísticos de extração de óleo essencial da semente de araticum em diferentes pesos e diferentes condições de temperatura.

Fatores	SQ	GL	MQ	F	P	R <sup>2</sup>
<b>Temperatura (L) – 1</b>	103,0569	1	103,0569	14792,86	0,000001	0,60
<b>Tempo (L + Q) – 2</b>	21,3372	2	10,6686	1531,37	0,000031	
<b>S:L (L + Q) – 3</b>	17,2860	2	8,6430	1240,62	0,000042	
<b>1 * 2</b>	0,4921	1	0,4921	70,63	0,003534	
<b>1 * 3</b>	24,8544	1	24,8544	3567,62	0,000010	
<b>2 * 3</b>	5,3333	1	5,3333	765,55	0,000104	
<b>Falta de ajuste</b>	114,3326	18	6,3518	911,74	0,000052	
<b>Erro Puro</b>	0,0209	3	0,0070			
<b>Total</b>	284,5963	29				

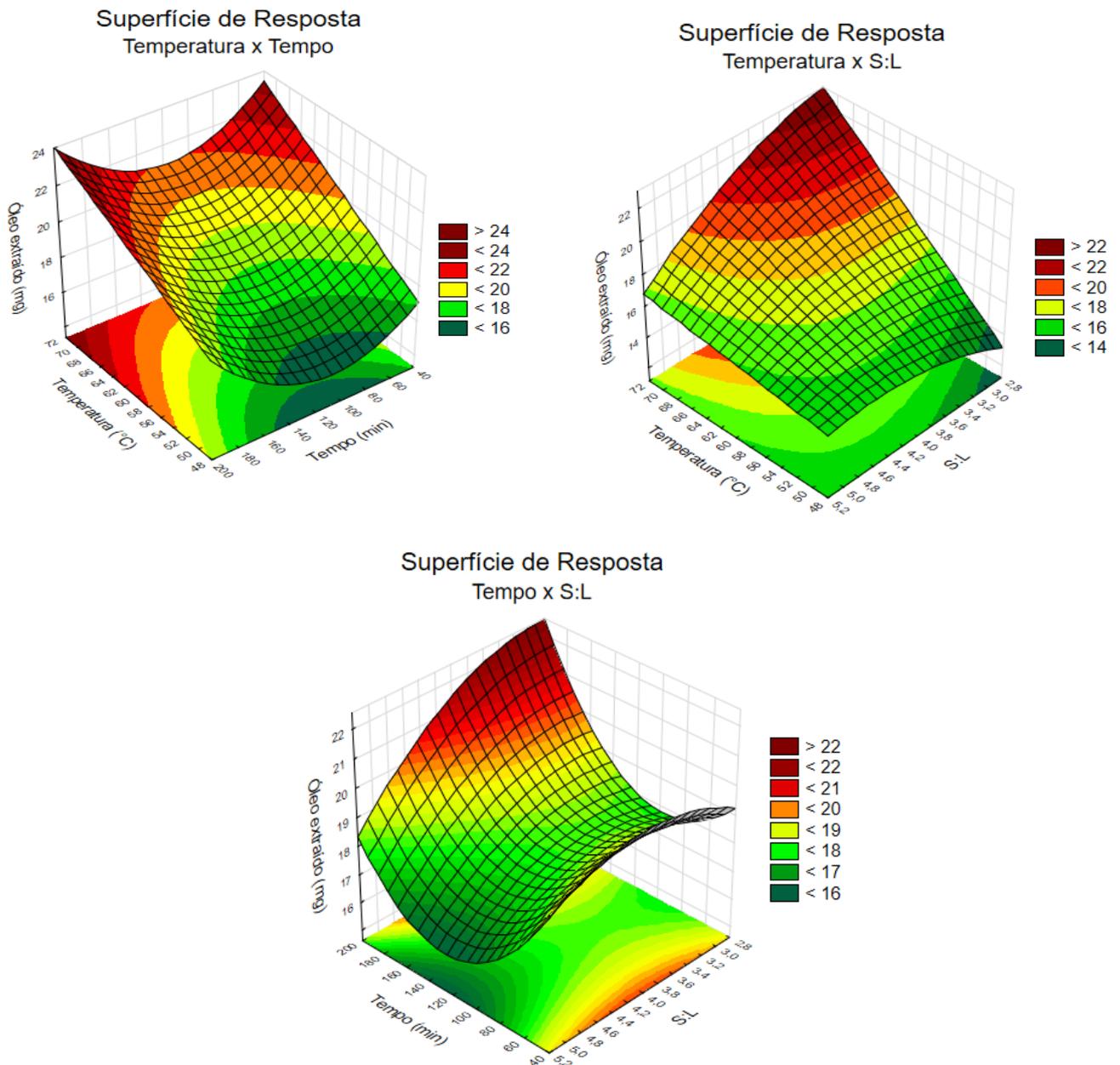
SQ: soma quadrática; GL: graus de liberdade; MQ: média quadrática; F<sub>c</sub>: F calculado; p\* significância Teste de Fisher a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ), onde, para todos os experimentos acima foi  $F_{\text{tabelado}} = 3,150$ ; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação.

A validade dos modelos propostos foi verificada através da análise de variância (Tabela 4). Constatou-se que o modelo utilizado mostrou resultados satisfatórios, porém o modelo apresentou coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) menor de 0,96. Através do teste “F” de Fisher, verificou-se que o modelo apresentou 95% de confiança, F<sub>c</sub> superior ao F<sub>t</sub>. Um modelo teórico pode ser considerado preditivo quando apresenta um valor F<sub>calculado</sub> superior a pelo menos 3-5 vezes o valor de F<sub>tabelado</sub> (KHURY & CORNELL, 1996).

Sendo os modelos obtidos preditivos, para resposta de interesse, pode-se construir as superfícies de resposta visando a otimização da extração do óleo essencial. A figura 5 apresenta a relação temperatura x tempo x S:L, respectivamente.

Observando a figura 5, a melhor condição em relação ao tempo, se deu no 180 min e em relação a condição a temperatura se deu na 70 °C. Já em relação ao S:L a melhor condição se deu no nível 1 (5g) que rendeu aproximadamente 22 mg óleo essencial. De encontro ao encontrado, Miranda (2014) realizou um estudo no qual foram avaliadas 4 temperaturas sendo elas 30, 40, 50 e 60 °C, respectivamente. O autor observou que o teor do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) na temperatura de 40 °C foi maior, estatisticamente, em relação às demais temperaturas. Essa afinidade talvez se dê devido a temperatura de 40 °C mantivesse o óleo armazenado nos tecidos, evaporando a água total, facilitando a passagem do óleo durante a extração.

Figura 5 – Superfície de resposta da relação da temperatura *versus* tempo *versus* S:L.



Em relação a essa adversidade encontrada em questão da temperatura de extração do óleo essencial da semente de araticum com o de capim-limão, acredita-se que isso ocorre devido a composição química dos óleos essenciais serem diferentes, o método de extração utilizado e as suas afinidades com os solventes envolvidos.

Ao analisarmos as superfícies de respostas e a análise de variância (ANOVA), em relação ao método de extração utilizado, sendo realizado pela incubadora Shaker, o melhor rendimento de extração se deu na temperatura de 70 °C e no maior tempo de extração.

## 4.2 ELABORAÇÃO DO REVESTIMENTO COM ÓLEO ESSENCIAL DA SEMENTE DE ARATICUM E APLICAÇÃO EM FRUTOS DE MORANGOS

A aplicação do revestimento nos morangos se deu após a seleção e higienização dos mesmos. Foram empregados três grupos de frutos: Grupo amostra controle (AC), um grupo foi revestido somente com revestimento – Grupo (GR) e o outro com revestimento mais adição do óleo extraído do araticum – Grupo (GRO). Foram avaliados quanto a perda de massa e ação fúngica no período de 72 horas, nas condições de temperatura ambiente e refrigerada (4°C).

Quanto aos resultados obtidos em relação à textura dos morangos, não foi possível avaliar em texturômetro, pois no momento não havia disponibilidade. No entanto, observou-se que os grupos de frutos tratados com revestimento com e sem óleo (GRO e GR) mostraram uma maior resistência no manuseio e simulação de transporte, ocorrendo menores índices de ferimento e dano mecânico, em relação as amostras controle (AC). Entre as amostras dos frutos com revestimento com e sem óleo essencial, foi possível observar que os morangos que foram revestidos com óleo essencial (GRO) apresentaram-se com melhor aparência em relação a coloração no final do período de avaliação e sem sinal de contaminação fúngica.

Quanto ao aspecto visual dos morangos tratados e armazenados à temperatura ambiente em relação a presença de fungos (mofo), podemos observar na Figura 6 os morangos nos respectivos tratamentos no tempo inicial (t=0) e final do experimento (t=72 h).

Observando a Figura acima, a figura 6 (b) corresponde a amostra controle, nota-se que ao final do tratamento em relação ao aspecto visual do morango há presença de estágio avançado da doença causada pelo fungo *Botrytis cinérea*. Na Figura 6 (d), morango apenas com revestimento de amido, observou-se que não houve aparecimento de fungo, mas seu aspecto visual aparenta estar desidratado. Já na Figura 6 (f), morango com revestimento de amido com óleo essencial, ao final do experimento não houve também aparecimento de fungos, houve perda de água ao longo do tratamento, mas não ficou evidente se comparado ao tratamento realizado somente com o revestimento. Esse resultado pode estar relacionado a combinação do revestimento com o óleo essencial, devido que sua combinação pode criar uma permeabilidade seletiva a gases, controlando a respiração dos frutos (MALI *et al.*, 2010).

Figura 6 - Morangos nos respectivos tratados à temperatura ambiente.



(a): Amostra controle (t=0); (b): Amostra controle (t=72); (c): Amostra com revestimento (t=0); (d): Amostra com revestimento (t=72); (e): Amostra com revestimento mais adição de óleo essencial (t=0); (f): Amostra com revestimento mais adição de óleo essencial (t=72).

Os resultados encontrados foram semelhantes aos descritos por Coelho (2017), onde ao utilizar o amido de mandioca como revestimento na fruta de goiaba, a autora constatou que a influência foi significativa sobre a cor da casca e sobre os pigmentos da polpa durante o armazenamento de 10 dias em temperatura ambiente. Também ao final do experimento, a autora pode observar que os testes tratados com o óleo essencial de cravo-da-índia, proporcionaram os melhores resultados pois reduziram de maneira significativa a velocidade de evolução de antracnose.

A Figura 7 mostra o tratamento dos morangos à temperatura refrigerada (4°C) nos respectivos tratamentos ao início e final do experimento. Quanto a textura, também não foi possível realizar a análise de texturômetro, porém os frutos tratados também apresentaram uma maior resistência ao manuseio e simulação de transporte, ocorrendo menores índices de ferimento e dano mecânico em relação a amostra controle.

Figura 7 - Morangos nos respectivos tratamentos à temperatura refrigerada.



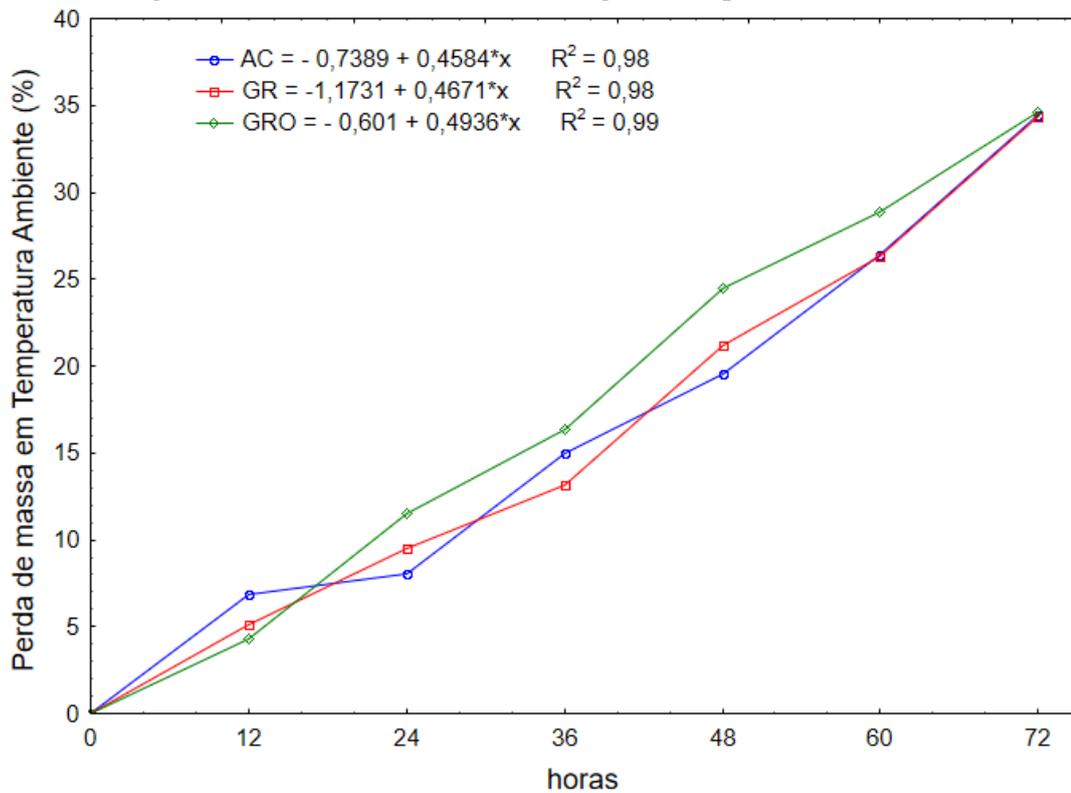
(a): Amostra controle (t=0); (b): Amostra controle (t=72); (c): Amostra com revestimento (t=0); (d): Amostra com revestimento sem adição de óleo essencial (t=72); (e): Amostra com revestimento mais adição de óleo essencial (t=0); (f): Amostra com revestimento mais adição de óleo essencial (t=72);.

Observando a Figura 7b, nota-se que ao final do tratamento o aspecto visual do morango apresentava-se sem aparecimento de fungo, porém, constatou-se o aparecimento de injurias causadas pela temperatura e uma leve aparência de desidratado. Já na Figura 7d observou-se que ao final do tratamento também não houve aparecimento de fungo, porém, seu estado de senescência estava bem evidente. Na figura 7f não houve também aparecimento de fungo e seu aspecto visual apresenta pouca diferença, quando comparado com o início do tratamento, demonstrando assim uma maior conservação do fruto.

Os autores Borges e Medonça (2013), constataram em seu estudo que a deterioração fúngica de morangos aumentou significativamente durante o armazenamento à temperatura refrigerada (4°C) durante 12 dias. E que os revestimentos compostos de óleo essencial de sálvia e o de goma xantana e sálvia inibiram somente até o quinto dia o crescimento fúngico.

Quanto a perda de massa, na Figura 8 estão demonstrados os resultados obtidos da perda de massa dos morangos submetidos ao tratamento à temperatura ambiente.

Figura 8 - Perda de massa dos morangos à temperatura ambiente.



A validação do modelo foi verificada através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), onde os valores do mesmo estão próximos a 1, indicando um ótimo ajuste.

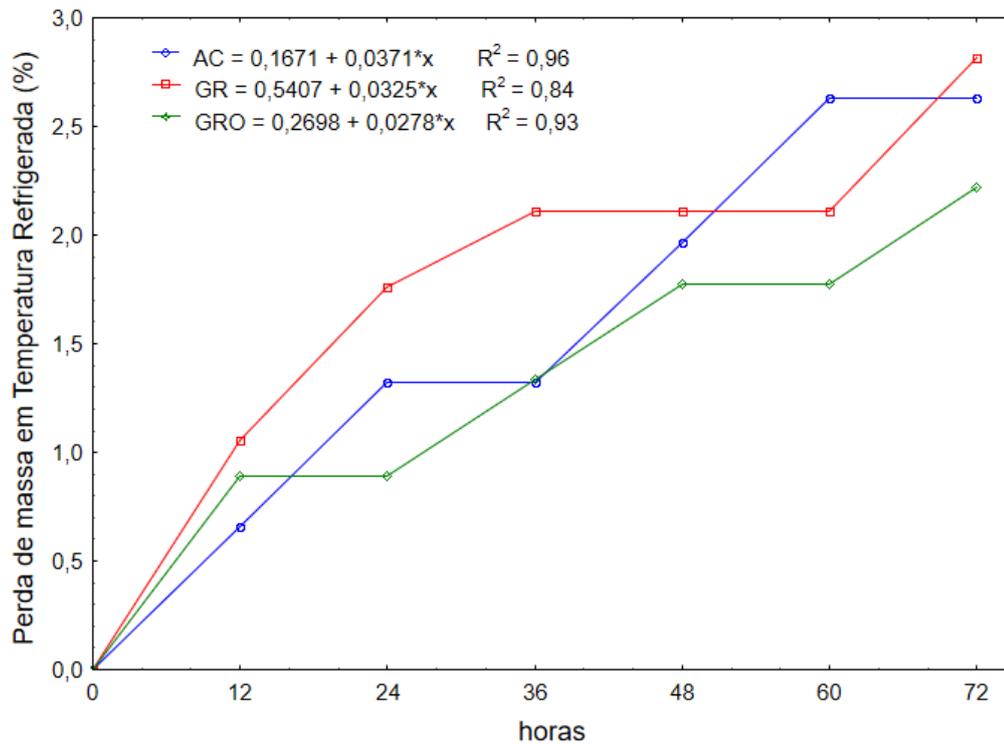
Observando a figura acima, constata-se que os três grupos apresentaram percentual de perda de massa semelhante ao final das 72 horas, sendo que todos os grupos apresentaram, aproximadamente, 33% de perda de massa, porém deve-se levar em consideração que os morangos tratados como AC apresentaram no final das 72h presença de fungos, por isso não foi possível avaliar precisamente sua perda de massa devido que os mesmos podem influenciar seu peso. No entanto, esperava-se que os morangos com revestimento adicionado óleo essencial diminuísse essa perda. De encontro a esse resultado, Coelho (2017) constatou que os frutos de goiaba revestidos com amido de mandioca quando pesados no 7º dia de armazenamento em temperatura ambiente, constatou aumento de perda de massa quando comparados ao 10º dia de armazenamento.

A perda de massa está diretamente relacionada com a qualidade do fruto, dessa forma, torna-se uma variável importante durante o armazenamento, devido ao processo de transpiração (Azzolini *et al.*, 2004).

Já a Figura 9, apresenta os resultados obtidos da perda de massa dos morangos da amostra controle, juntamente com os tratamentos com revestimento sem adição de óleo essencial da semente de araticum e com adição do mesmo, em temperatura refrigerada. Nota-

se que a perda de massa foi menor quando comparada aos tratamentos em temperatura ambiente, levando assim a concluir que a temperatura também é um fator que influencia na qualidade dos morangos. Assim, quando analisados as amostras à temperatura refrigerada foi possível observar no período de 72 horas o melhor resultado obtido foi para o grupo GRO, tendo uma perda de massa de 2%. Já para a amostra AC e para amostra GR obtiveram perda de 2,7 e 2,9%, respectivamente.

Figura 9 - Perda de massa dos morangos à temperatura refrigerada.



A validação do modelo foi verificada através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), onde os valores do mesmo estão próximos a 1, indicando um ótimo ajuste.

Estes resultados estão de acordo com estudo feito por Oliveira (2017), no qual foi avaliado o efeito da cobertura à base de quitosona e óleo essencial de Sálvia no decorrer 10 dias de armazenamento em temperatura refrigerada, onde a mesmo constatou que o óleo essencial empregado diminui a perda de massa ao longo do período de tratamento.

De acordo com os resultados obtidos da perda de massa nos dois tratamentos, observou-se que em temperatura ambiente os morangos tratados com revestimento com e sem adição de óleo essencial não houve diferença aparente. Porém os morangos tratados em temperatura refrigerada com revestimento mais adição do óleo essencial extraído, obtiveram uma melhora significativa. Para os morangos tratados em temperatura ambiente tiveram uma perda de massa

de aproximadamente 30%, enquanto que os tratados em temperatura refrigerada caíram para aproximadamente 2%.

Ainda pode-se observar que a combinação da temperatura refrigerada juntamente com o revestimento mais adição do óleo essencial conservou melhor os morangos, isso ocorre devido ao efeito da senescência da fruta não ocorrer de forma acelerada como quando comparados ao tratamento somente realizado com revestimento na mesma condição de temperatura.

## 5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, no que se refere a otimização da extração do óleo essencial da semente de araticum (*A. squamosa*) em diferentes condições de temperatura, massa e tempo pode-se concluir que a melhor condição de extração do óleo foi a temperatura de 70°C, na quantidade maior de massa utilizada (5g) e no maior tempo de extração (3h).

Em relação ao estudo da aplicação do revestimento nos morangos foi possível constatar que o aspecto visual dos frutos tratados com revestimento de amido com e sem adição de óleo essencial, mostraram-se eficientes, dando maior relevância ao tratamento do revestimento com a adição do óleo essencial, em ambas temperaturas testadas (ambiente e refrigerada).

Já no que se refere a perda de massa dos morangos, foi verificado que nas condições estudadas aparentemente a menor perda de massa se deu com a combinação do revestimento com adição do óleo essencial à temperatura refrigerada, quando comparado com os demais tratamentos estudados.

Sendo assim, a partir do presente estudo foi possível comprovar que a aplicação do revestimento à base de amido de milho com a combinação de óleo essencial de *A. squamosa* em morangos, é uma alternativa viável para manter a qualidade dos frutos no pós-colheita, durante o armazenamento refrigerado. Cabe salientar que apesar de ser uma tecnologia econômica e eficaz, e mesmo contendo vários estudos acerca do assunto, ainda é uma área a ser explorada.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P. **Frutas Nativas do Cerrado: Caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes.** Planaltina: Embrapa, 1998.

ALMEIDA, G. S. **Potencial de óleos essenciais no controle de fungos fitopatogênicos em pós-colheita de morango.** Campinas: Unicamp, 2015.

ALTMANN, I; ATZ, N. R; ROSA, S. M. L. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos a partir de amido de milho: Uma proposta experimental de produção de biofilmes em sala de aula.** Vol. 40, Nº 1, p. 53-58. São Paulo: Experimentação no ensino de Química, 2017.

AMANCIO, D. F. **Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de tomate italiano (*Solanum lycopersicum L.*) “Ravena” in natura.** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2020.

AZAMBUJA, W. **Métodos de extração de óleos essenciais.** São Paulo: Quinari, 2019.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U. **Índice para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.39, n.2, p.139-145, 2004.

BARRETO, F. S. **Estudo da atividade citotóxica de compostos obtidos do extrato acetônico das folhas de *Annona Muricata L.* por Fracionamento Bioguiado.** Fortaleza: UFC, 2014.

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos à base de polímeros de fontes renováveis e sua aplicação no acondicionamento de pães de forma.** Campinas: Unicamp, 2008.

BORGES, C. D.; MEDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C.; NOGUEIRA, D.; PINTO, E. M.; PAIVA, F. F. **Conservação de morangos com revestimentos à base de goma xantana e óleo essencial de sálvia.** UFPel, Pelotas, 2013.

CHAVAN, M.J; SHINDE, D.B.; NIRMAL, S.A. **Major volatile constituents of *Annona squamosa L. bark.*** Natural Product Research, v.8, p. 754-757, 2006.

COELHO, C. C. S.; FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; CAMPOS, R. S.; SILVA, O. F. **Aplicação de revestimento filmogênico a base de amido de mandioca e o óleo de cravo da**

**índia na conservação pós-colheita de goiaba “Pedro Sato”**. V.25, n06, p.479-490. Viçosa, MG: Revista Engenharia na Agricultura, 2017.

**COSTA, J. G. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE**. Petrolina: Embrapa, 2003.

**COSTA, D. M. A; OLIVEIRA, R. A. Queratina de penas de frangos nas propriedades de biofilmes de amido de milho-glicerol**. Nova Cruz: Editora Verde, 2020.

**COSTA, R.C. Ecofisiologia, rendimento e qualidade de morangueiros de dias neutros cv. *Albion* em diferentes substratos**. 2012. 15 OF. Tese (Doutorado) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

**CRUZ, M. D. M; LINS, S. R. O; OLIVEIRA, S. M. A; BARBOSA, M. A. G. Efeito de óleos essenciais e revestimentos comestíveis sobre podridões pós-colheita em manga**. v. 25, n. 2, p. 1-6 Mossoró: Revista Caatinga, 2016.

**EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL. Instruções técnicas para o cultivo da ateira**. Fortaleza, n.1, 1998.

**GALVÃO, E. L. Extração do óleo essencial de *cymbopogon Winterianus* j. com CO2 pressurizado**. Natal: UFRN, 2004.

**LEMES, M. R. Extração do óleo de gergelim**. Uberlândia: UFU, 2018.

**LIAW, C.-C. et al. Acetogenins from Annonaceae. Progress in the Chemistry of Organic Natural Products**. v.101, p.113-230. 2016.

**LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

**LUZIA, D. M. M. Propriedades Funcionais de óleos extraídos de sementes de frutos do Cerrado Brasileiro**. São Paulo: UNESP, 2012.

**MAAS, P.; LOBÃO, A.; RAINER, H. 2015 *Annonaceae* in Lista de Espécie da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110219> >. Acesso em 11 Out. 2021

MACEDO, S. A. **Aplicação combinada de quitosana e óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf para controle de podridão de cratera em frutos de melão.** Dissertação (Mestrado), Recife, PE, 2019.

MALI, S; GROSSMANN, M. V. E; YAMASHITA, F. **Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização.** Londrina: Semina, 2010.

MELGÃO, C.; RODRIGUES, S. R.; FÉLIX, M. R.; NABAIS, J.; AGULHEIRO, A. C. S. **Estudo do afeito *in vitro* dos revestimentos edíveis de quitosano com óleos essenciais no controle de fungos.** Universidade de Évora, Portugal, 2018.

MELO, S. W. C. **Extrativismo vegetal como estratégia de desenvolvimento rural no cerrado.** Brasília: Editora UB, 2013.

MIRANDA, V. C.; GELLEN, L. F. A.; SILVA, E. N.; SILVA, L. L.; MOMENTÉ, V. G.; NASCIMENTO, I. R. **Influência de diferentes temperaturas, tempos de secagem em capim-limão sobre o teor do óleo essencial.** Hortic. Bras., V.31, n.2, (Suplemento- CD Rom), Julho, 2014.

OLIANI, J. **Estudo Químico e avaliação das atividades antiprotozoária e antimicobacteriana *in vitro* dos alcaloides isoquinolínicos e do óleo volátil de *Annona Classiflora* Mart. (Annonaceae).** São Paulo: USP, 2012.

OLIVEIRA, J. F. **Cobertura comestível de quitosana adicionada de óleo essencial de sálvia esclareia na conservação de morangos.** Campo Mourão: UTPR, 2017.

PRADO, L. G. **Avaliação das atividades antioxidante, cicatrizante e anticâncer de araticum (*annona crassiflora* mart.) *in vitro*.** Campinas: UNICAMP, 2018.

PRINS, C. L.; LEMOS, C. S. L.; FREITAS, S. P. **Efeito do tempo de extração sobre a composição e o rendimento do óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*).** Rev. Bras. PL. Med. Batucatus, V.8, n.4, p.92-95, 2006.

RAHMAN, M. M.; PARVIN, S.; HAQUE, M. E.; EKRAMUL, I. M.; MOSADIKK, M. A. **Antimicrobial and cytotoxic constituents from the seeds of *Annona squamosa*.** Fitoterapia, e.76, p. 484-489, 2005.

RIBEIRO, J. F. et al. **Araticum (*Annona crassiflora* Mart.).** Jaboticabal: Embrapa Cerrados, 2000.

ROZATTO, M. R. **Determinação da atividade antimicrobiana in vitro de extratos, frações e compostos isolados de *arrabidaea brachypoda***. São Paulo: UNESP, 2012.

SARAIVA, S. H. **Qualidade de morangos envolvidos com revestimento comestível antimicrobiano à base de diferentes fontes de amido**. Espírito Santo: Biosfera, 2011.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIREDO, F. J. C.; NETO, O. G. R. **Descrição de sistema e métodos de extração de óleos essenciais e determinação de unidade de biomassa em laboratório**. Belém: MAPA, 2004.

SANTOS, S. M. **Filmes ativos comestíveis elaborados com óleos essenciais aplicados em maçãs minimamente processadas**. Uberaba: UFTM, 2016.

SANTOS, D. A.; OLIVEIRA, D. F.; TONIAL, I. B.; YAMAGUCHI, M. M.; COELHO, A. R. **Controle biológico em morangos in natura**. São Paulo: Blucher, 2016.

SILVA, E. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SILVEIRA, J. C. **Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais**. Espírito Santo: Biosfera, 2012.

SIMINSKI, T. **Avaliação da atividade antimicrobiana das espécies *aspidosperma nitidum*, *annona classiflora* e *annona mucosa* frente às cepas ATCC**. Tangará da Serra: Biosfera, 2015.

SOARES, I. F. O.; FAKHOURI, F. M.; GIRALDI, A. L. F. M.; BUONTEMPO, R. C. **Síntese e caracterização de biofilme de amido plastificado com glicerol ou triacetina**. São Paulo: FOCO, 2014.

SOUZA, L. R.; SILVA, L. A.; FERNANDES, T.S.; NETO, C. O.; BERNARDI, D. P. S.; OLIVEIRA, M. H. R.; **Biofilme biodegradável do amido da batata inglesa (*solanum tuberosum*)**. Palmas: Editora Científica, 2021.

TAVARES, L. R.; ALMEIDA, P. P.; GOMES, M. F. **Avaliação físico-química e microbiológica de goiaba (*Psidium guajava*) revestida com cobertura comestível a base de O-carboximetilquitosana e óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*)**. IFGO, Urutaí, 2018.

**TURQUETT, L. C. G. B; BASTOS, R. A; LIMA, J. P; VALENTE, G. F. S. Avaliação de cobertura comestível elaborada a partir da quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de morangos.** Curitiba: Brazilian Journals, 2021.

TU, W.S.; ZHU, J.H.; BI, S.X.; CHEN, D.H.; SONG, L.Y.; WANG, L.S.; ZI, J.C.; YU, R.M. *Isolation, characterization and bioactivities of a new polysaccharide from Annona squamosa and its sulfated derivative.* *Carbohydrate Polymers*, v. 152, p. 287-296, 2016.

UGALDE, M. L. **Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais.** Erechim: URI, 2014.

VALERIANO, C. **Ação antimicrobiana de óleos essenciais frente à patógenos sésseis e planctônicos de origem alimentar.** Lavras: UFL, 2010.

VIÉGAS, L. P. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos.** Rio de Janeiro: UNF, 2016.

VILAR, J. et al. **Assessment of the mutagenic, antimutagenic and cytotoxic activities of ethanolic extract of araticum (*Annona crassiflora* Mart. 1841) by micronucleus test in mice.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 68, n. 1, p. 141-147, 2008.