

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**BACHARELADO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE FILMES SUSTENTÁVEIS À BASE  
DE PECTINA EXTRAÍDA DO ALBEDO DO POMELO (*Citrus  
Grandis*)**

**NATHALYA FERREIRA DE SOUZA MORAES**

**Rio Verde, GO**

**2020**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

**BACHARELADO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE FILMES SUSTENTÁVEIS À BASE  
DE PECTINA EXTRAÍDA DO ALBEDO DO POMELO (*Citrus  
Grandis*)**

**NATHALYA FERREIRA DE SOUZA MORAES**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Geovana Rocha Plácido

Rio Verde, GO

Fevereiro, 2020

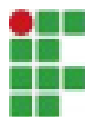
Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

MS27d Moraes, Nathalya Ferreira de Souza  
DESENVOLVIMENTO DE FILMES SUSTENTÁVEIS À BASE DE  
PECTINA EXTRAÍDA DO ALBEDO DO POMELO (Citrus  
Grandis) / Nathalya Ferreira de Souza  
Moraes;orientadora Geovana Rocha Plácido. -- Rio  
Verde, 2020.

35 p.

Monografia ( em Engenharia de Alimentos) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. revestimento. 2. embalagens biodegradáveis. 3.  
propriedades mecânicas. I. Plácido, Geovana Rocha,  
orient. II. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES  
TÉCNICO- CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Nathalya Ferreira de Souza Moraes

Matrícula: 2015102200340301

Título do Trabalho: Desenvolvimento de filmes sustentáveis à base de pectina extraída do albedo do pomelo (*Citrus Grandis*)

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 22/02/2020

O documento está sujeito a registro de patente?

Sim

Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?

Sim

Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-  
EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, GO, 21/02/2020.

Nathalya Ferreira de Souza Moraes  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

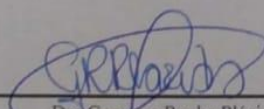
\_\_\_\_\_  
Coordenadora

## ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

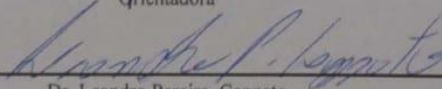
ANO	SEMESTRE
2020	1º

No dia quatorze do mês de fevereiro de 2020, às quatorze horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Geovana Rocha Plácido, Leandro Pereira Cappato; Tainara Leal de Sousa e Rafaela Anunciação Siqueira para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado: “Desenvolvimento de Filmes Sustentáveis à Base de Pectina Extraída do Albedo do Pomelo *Citrus grandis*”, da acadêmica **Nathalya Ferreira de Souza Moraes**, Matrícula nº 2015102200340301 curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos do IF Goiano – campus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela Aprovação da acadêmica. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

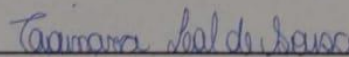
Rio Verde, 14 de fevereiro de 2020.



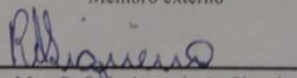
Dra. Geovana Rocha Plácido  
Orientadora



Dr. Leandro Pereira Cappato  
Membro interno



Msc. Tainara Leal de Sousa  
Membro externo



Msc. Rafaela Anunciação Siqueira  
Membro externo

### Observação:

( ) O(a) acadêmico(a) não compareceu à defesa do TC.

## DEDICATÓRIA

À minha mãe Laci Moraes  
Ao meu pai Renato Souza  
Ao meu irmão Reylheer Moraes  
À minha sobrinha Anna Beatriz

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por ter guiado e abençoado meus passos até aqui, ter me dado força e fé para que nunca desistisse. Agradecer por ele ter me acalmado em momentos que eu achei que seria impossível continuar, ter segurando minha mão e mesmo sem ouvir poder sentir que ele falava “Filha, acalma esse coração, você está passando por esses momentos difíceis mais eu estou aqui para enxugar sua lagrimas e te fazer mais forte a cada dia”. E foi pela a graça dele que eu hoje eu consegui concluir mais essa etapa.

Agradeço minha mãe que fez o possível e o impossível para que eu tenha uma formação, a qual passou grandes dificuldades mas não desistiu de me ajudar, ficou doente sozinha e se sentiu sozinha, mas lembrou que logo eu estaria com ela e dando uma vida melhor como ela sempre sonhou e merece. Ela é minha companheira, se eu tirasse nota ruim e chorava, ela estava lá comigo e falava que eu era capaz e que eu era o grande orgulho dela e foi isso que me deu mais forças ainda para continuar. Sou extremamente orgulhosa por ter uma mãe tão guerreira e que apesar de ter uma filha tão imperfeita nunca pensou em desistir e sempre esteve comigo sendo meu chão. Obrigada mãe essa luta vencida não é só minha, é sua também.

Ao meu pai que eu posso dizer com todas palavras, que se não fosse ele eu não estaria chegando onde cheguei, eu não seria essa pessoa direita e responsável, eu não seria essa pessoa que quer conquistar o mundo e não depender de ninguém, todas essas qualidades eu tirei do homem que eu chamo de pai, o homem que eu admiro por ser honesto e trabalhador, admiro a sua fé e por sempre estar pedindo para Deus proteger sua filha, e mesmo eu sendo uma filha ausente na maior parte do tempo ele nunca mediu esforços para me fazer bem e para fazer o melhor para mim. Ele foi incrível nessa caminhada, ele me aconselhou e confiou que a filha dele conseguiria, e olha só pai a sua filha conseguiu sim, agora o senhor pode se orgulhar.

Quero agradecer ao rei dos estresses, mas conhecido com meu irmão Reylheer. Falo assim brincando, ele é estressado sim, mas ele tem o coração tão bom, apesar das brigas ele sempre esteve do meu lado e disse que eu seria capaz e que eu era o orgulho dele, ele não mede palavras quando o assunto é falar ou me elogiar, ele me defende com garras e unha, ele é meu protetor, ele é meu apoio, ele me ajuda, ele confia em mim, ele é o meu irmão mais velho, ele é a minha base, meu anjo da guarda. Essa vitória não é só minha mas também dele, e outra coisa que me deu força e que se hoje eu estou vencendo e para agora ajudar ele a vencer também e realizar o tão sonhado sonho que é virar um Agrônomo. Reylheer, você

pode ter certeza que sua irmã fará o impossível para você realizar o seu tão esperado sonho e para que esse orgulho que eu tenho de você só aumente aqui dentro do meu peito.

Quero agradecer minha família de sangue, minha família de coração e as famílias de amigos que me adotaram em Rio Verde, que me deram apoio e que me disse que eu nunca deveria desistir dos meus sonhos. A minha família de coração que o Wilson me deu, sou muito grata a vocês, porque o que vocês fizeram por mim e por minha mãe, não existe recompensa nesse mundo que pague. Obrigada famílias, agora vocês tem uma engenheira de alimentos na família.

Ao professor Alexandre, meu professor do ensino médio, hoje não somos tão próximos, mas a cinco anos atrás eu peguei minhas coisas e pensei em desistir, meus pais falaram que eu deveria fazer o que meu coração pedisse, mas ele não me deu essa escolha, ele não me deixou desistir, ele sentou numa mesa comigo e me deu conselhos, ele me fez acreditar que seria possível, ele me fez confiar, ele me fez voltar, ele foi o motivo por eu ter voltado. E agora depois de 5 anos estou aqui e muito feliz e realizada e isso tudo graças a ele. Muito obrigada 'tiulixande', mesmo não sabendo você foi essencial nessa caminhada, e dedico essa vitória a você também.

Já falando de professores, quero aproveitar para agradecer todos os professores que me tornaram quem eu sou. Em especial quero agradecer a professora e minha orientadora Geovana que em momento algum duvidou que eu e as meninas não seríamos capazes, a qual se dedicou a gente da maneira que ela conseguia, até a gente duvidou que não conseguiríamos, mas ela não, ela confio deste do começo na gente, e somos extremamente gratas a ela. Quero também agradecer a professora Ana Carolina e ao Jáliston Júlio que me aperfeiçoaram na pesquisa e na escrita, os dois tiveram bastante paciência, puxaram minha orelha quando foi preciso, mas também me fizeram um bem danado, são pessoas incríveis que me tiraram sorrisos fáceis.

Os meus sinceros agradecimentos ao laboratório de Frutas e Hortaliças o qual me deu total apoio no desenvolvimento desse trabalho, agradecer aos integrantes do laboratório e em especial ao Glaydson o qual nos apresentou os filmes no nosso nono período e por esse motivo optamos por essa escolha para o nosso trabalho de conclusão e agradecer também por ter estado sempre disposto a nos ajudar até nos sábados, feriados e férias.

Quero agradecer aos grupos C.D.M, pega no breu, X/6 e as 5 moças, por ter sido minha família da faculdade, por terem aguentado meus estresses e nunca ter me deixado desamparada, vocês foram essenciais nesse caminhada. Em especial quero agradecer ao Lucas e o Gustavo, que foram pessoas que deram muito apoio dentro de casa e me deram muitos



conselhos, me acalmaram e me fizeram rir quando eu pensei que não seria possível. Quero também agradecer ao José Rubens, Kesley e Soraia, que tiveram mais próximos esse final e começo de ano o qual não foi nada fácil, vocês três não calculam o quão incríveis vocês são e como me fizeram e me fazem bem. Obrigada por tudo, vocês sempre estarão comigo não importa onde eu for.

E por fim quero agradecer as três meninas que foram e são o meu coração fora do peito, que são minhas irmãs, minhas companheiras, meu chão. Começar agradecendo a Ana Luiza que está ao meu lado a 8 anos a pessoa em que juntas já passamos os melhores e os piores momentos das nossas vidas, sou muito grata por ter você do meu lado todos esses anos, sem nenhum pingote de dúvida você realmente é minha pessoa, e minha pequena eu sempre estarei do seu lado cuidando e te protegendo para tia Elcimar, e que venha mais desafios porque todos que vieram até hoje nos fizeram ser mais fortes, podemos até cair mas sempre nos levantamos juntas e assim será até Deus nos permitir. Em segundo quero agradecer a Lorena Carolina que entrou em minha vida no começo da faculdade, essa menina é incrível as vezes nem sei se sou merecedora da amizade dela, eu apenas sou muito grata por tudo, e só estou chegando onde cheguei hoje porque ela foi meu braço direito, porque ela foi meu chão quando estava sem um, ela esteve comigo nos meus piores eu, e mesmo com isso nunca desistiu de mim, ela é meu grande orgulho, não só meu tenho certeza que sua mãe e onde quer que seu pai esteja eles também transbordam orgulho dessa menina incrível que eles tem como filha. Por último, mas não menos importante, quero agradecer a Marina por todo o companheirismo e por todo apoio que me deu até hoje, por saber me dar colo quando eu preciso ou até mesmo me chamar pra fazer algo por perceber que eu preciso, por chorar e rir igual umas idiotas, enfim por estar do meu lado, ela é uma pessoa com o coração fechado mas com o coração incrível, ela tem o mundo para abraçar só falta ela fechar os olhos e abrir os braços e confiar mais em si, porque quando ela fizer isso tenho certeza que ninguém será capaz de parar ela, porque eu como ninguém confio muito no potencial dela. Enfim meninas, amo vocês e sempre estarei aqui para tudo que vocês precisarem e meu muito obrigado.

## RESUMO

MORAES, Nathalya Ferreira de Souza. **DESENVOLVIMENTO DE FILMES SUSTENTÁVEIS À BASE DE PECTINA EXTRAÍDA DO ALBEDO DO POMELO (*Citrus Grandis*)**. 2020. 35p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Bacharelado de Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio verde, Rio verde, GO, 2020.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver filmes à base de pectina extraída do albedo do pomelo e assim determinar as suas propriedades físico-química e mecânicas. Os filmes foram elaborados pelo método *casting*, a partir de uma solução filmogênica com 0,5% m/v de glicerol e 2% m/v de pectina extraída do albedo do pomelo que foi mantida sob agitação até total dissolução e posteriormente foi colocada em placas para secagem em estufa. Como formulação controle foram produzidos filmes de pectina cítrica comercial. Foram avaliados os seguintes parâmetros: Rendimento da pectina, cor, espessura, pH, umidade, solubilidade em água e propriedades mecânicas. Os filmes de pectina do albedo do pomelo apresentaram resultados dentro do padrão encontrado na literatura para os parâmetros de rendimento de pectina e umidade. Os filmes qual apresentaram coloração mais clara voltada para a coloração amarela e o de pectina do pomelo se mostrou mais opaco. O filme de pectina comercial apresentou pH e solubilidade em água maior. As propriedades mecânicas mostraram que os filmes são frágeis. Todavia, o filme desenvolvido pode ser uma alternativa para embalagem sustentáveis em alimentos.

**Palavra-chave:** revestimento, embalagens biodegradáveis, propriedades mecânicas.

## LISTAS TABELAS, QUADROS E FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fruto pomelo ( <i>citrus gradis</i> ) e farinha extraída do fruto .....	18
<b>Figura 2</b> - Pectina do pomelo antes da secagem .....	19
<b>Figura 3</b> - Pectina do pomelo tritura e armazenada em saco plástico.....	19
<b>Figura 4.</b> Solução Filmogênica.....	20
<b>Figura 5.</b> Solução filmogênica antes da secagem .....	20
<b>Figura 6.</b> Filme da pectina do albedo pomelo .....	20
<b>Figura 7.</b> Amostras de filmes de 4cm <sup>2</sup> , filme da pectina do albedo do pomelo e filme da pectina cítrica comercial.....	21
<b>Figura 8.</b> Solução no processo de filtração em papel filtro.....	22
<b>Tabela 1.</b> Dados dos Parâmetros de Cor .....	23
<b>Tabela 2.</b> Valores obtidos para espessura.....	24
<b>Tabela 3.</b> Dados do Potencial Hidrogeniônico .....	24
<b>Tabela 4.</b> Valores obtidos de umidade .....	25
<b>Tabela 5.</b> Dados da análise de solubilidade em água .....	25
<b>Tabela 6.</b> Dados das propriedades mecânicas do filme de pectina do albedo do pomelo e do filme da pectina cítrica comercial.....	26

## LISTAS DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1.</b> Cálculo do rendimento da pectina .....	19
<b>Equação 2.</b> Cálculo do teor de umidade.....	21
<b>Equação 3.</b> Cálculo da quantidade de matéria seca .....	21

## LISTAS DE ABREVIACOES E SIMBOLOS

°C	Graus Celsius
CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de Cálcio
cm	Centímetro
EL	Elongação
FDA	Food and Drug Administration
g	Grama
GRAS	Generally Recognized as Safe
L	Litro
ME	Modelo de elasticidade
Min	Minutos
mL	Mililitro
mm	Milimetro
N	Newton
PAP	Pectina do Albedo do Pomelo
PCC	Pectina Cítrica Comercial
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
rpm	Rotações por minuto
TM	Tensão máxima
TR	Tensão de ruptura

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
2.1 Pomelo.....	16
2.2 Pectina .....	16
2.3 Embalagens Sustentáveis.....	18
2.4 Filmes .....	18
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1 Materiais .....	20
3.2 Métodos .....	20
3.2.1 Preparo do fruto .....	20
3.2.2 Preparo da farinha .....	20
3.2.3 Extração da pectina .....	20
3.2.4 Rendimento da pectina .....	21
3.2.5 Preparação do filme.....	21
3.2.6 Caracterização físico-química.....	22
3.2.7 Propriedades mecânicas.....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
4.1 Rendimento da Pectina.....	25
4.2 Propriedades Físico-química .....	25
4.2.1 Cor.....	25
4.2.2 Espessura .....	26
4.2.3 pH.....	26
4.2.4 Umidade.....	27
4.2.5 Solubilidade em Água .....	27
4.3 Propriedades Mecânicas .....	28
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>30</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As frutas cítricas foram introduzidas no Brasil pelas expedições colonizadoras e são de origem asiática. No Brasil essas frutas tiveram uma fácil adaptação às condições climáticas, sendo que encontraram melhores condições para produção e vegetação do que nas suas próprias regiões de origens. Os citros possuem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros semelhantes (*Fortunella e Poncirus*) ou híbridos da família *Rutaceae* (JUNIOR et al., 2005).

Os citros apresentam benefícios sobre a saúde humana e por esse motivo têm despertado bastante interesse devido suas propriedades nutricionais e antioxidantes (DEL CARO et al., 2004). Os principais tipos de citros cultivados no Brasil são os limões verdadeiros, as limeiras ácidas, as tangerineiras e as laranjeiras. (MATTOS JÚNIOR et al., 2005). O Brasil é o maior produtor de citros do mundo, assim os produtos desses frutos possui uma grande importância para as indústrias alimentícias (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009).

Além dos citros citados, os pomelos são frutos que estudos genéticos indicam terem sido provenientes de hibridização natural entre uma laranjeira doce (*Citrus sinensis*) e uma toranjeira (*Citrus máxima Merrill*). Os primeiros plantios comerciais de pomelo no Brasil, na Jamaica e no Israel foram implantados na década de 40. No Brasil o maior estado produtor é São Paulo, sendo que esse fruto possui potencial para o cultivo na maioria dos estados por possuir uma grande adaptabilidade da espécie a diferentes condições climáticas (OLIVEIRA, 2007).

Os frutos pomelos contém fonte de nutrientes e de fitoquímicos excelentes que são importantes para uma dieta saudável, ressaltando o alto teor de vitamina C, carotenoides, flavonoides, sendo o principal componente a naringina. Os pomelos se destacam também por serem ricos em fibras solúveis, ácido fólico e potássio (PETERSON et al., 2006; VANAMALA et al., 2006).

Os pomelos possuem características bem específicas do fruto, como apresentar teor de acidez um pouco elevado para hábitos alimentares dos brasileiros, possui um sabor adocicado e um pouco amargo. A forma principal de consumo desse fruto é *in natura* e como subprodutos a partir do suco do pomelo podem ser fabricados bebidas, vinagres e vinhos com excelente qualidade (OLIVEIRA, 2007).

O bagaço de frutas cítricas é uma das principais fontes comerciais de pectina. A pectina é um polissacarídeo que é extremamente explorado para o desenvolvimento de filmes

devido a sua capacidade de formar géis. A pectina de acordo com a Food and Drug Administration (FDA) é considerada um polímero seguro para o uso em alimentos (BIERHALZ, 2010; SILVA, 2014).

Para melhor conservação de alimentos o uso de revestimento vem sendo utilizado há alguns anos, mas os estudos sobre esse tema vêm crescendo nas últimas décadas (FONSECA, 2009). Nos últimos anos tem se destacado um crescente desenvolvimento de formulações de filmes e coberturas comestíveis aplicáveis à superfície de frutas e hortaliças (REIS et al., 2006).

Os filmes possuem um custo elevado, e por possuir espessura flexível e fina contém propriedades mecânicas fracas. As misturas poliméricas biodegradáveis além de diminuir o custo podem aprimorar essas propriedades mecânicas. As misturas de hidrocoloides, como proteínas ou polissacarídeos e, substâncias hidrofóbicas, como lipídios, geralmente quando são combinados ocorre uma interação física e química e resultam em filmes com propriedades superiores (CANDÉO et al., 2016; BATISTA, 2004).

Neste contexto foram elaborados filmes de pectina extraída do albedo do pomelo (*Citrus grandis*) e assim determinar as propriedades físico-química (cor, espessura, pH, umidade e solubilidade em água) e mecânicas (tensão máxima, tensão de ruptura, alongação e módulo de elasticidade).



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Pomelo

Os frutos cítricos são um dos tipos de frutas mais consumidas em todo o mundo, por possuir um baixo custo e grande produtividade a granel, além de conter propriedades nutricionais saudáveis, que consistem em vitamina C, A e B, minerais, fibras alimentares e muitos fitoquímicos (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2008; ROUSSOS, 2011). O consumo de frutas cítricas levou à alta geração de resíduos (casca, polpa e sementes), os quais representam aproximadamente 50% do peso total da fruta (GARCIA-CASTELLO et al., 2001; PEREZ-ALVAREZ, 2001).

Pomelo também conhecido como *Citrus grandis* o maior tipo de frutos cítricos nativos do sul da Ásia, incluindo a Malásia. Esse fruto é conhecido por ser a maior fruta cítrica, sendo o tamanho médio e grande podendo ter diâmetro superior a 15 cm (OLIVEIRA, 2007). O fruto possui uma casca que pode ser amarelo-esverdeada ou amarelo-pálido, e a polpa varia de amarelo-esverdeado ou amarelo-pálido a rosa ou vermelho. O fruto normalmente é ingerido fresco e o seu sabor varia de levemente doce a sem graça para pouco ácido ou muito ácido e às vezes com um leve amargo (FORSYTH, DAMIANI, 2003; ROUSEFF et al., 2007).

*Citrus grandis* contém a casca cítrica a qual é dividida em duas partes, a primeira que é o albedo (mesocarpo) e a segunda que é o flavedo (epicarpo). O flavedo representa 30% do peso do fruto e a parte do albedo por ser bastante grossa representa mais de um quilograma do peso total do pomelo (ZAIN, 2015; CHEONG, 2011).

O albedo possui um tecido branco, esponjoso e celulósico. O principal componente do albedo é a grande fonte para a extração de celulose em comparação a outros tipos de cítricos por possuir grande tamanho e espessura, além de ser uma fonte potencial de fibra, devido seu alto teor. Além disso, o albedo possui uma boa capacidade de retenção de água e óleo e baixo teor calórico (FERNANDO et al., 2005).

No hábito alimentar dos brasileiros o fruto pomelo não faz parte da rotina alimentar pelas características sensoriais. Apesar disso seu consumo deve aumentar no país, por possuir propriedades nutracêuticas e por ser utilizado em indústrias alimentícias para a produção de sucos, óleos, essências, vinagres, pectinas e vinhos (OLIVEIRA, 2007).

### 2.2 Pectina

As pectinas são hidrocolóides naturais, encontradas em plantas que formam um grupo heteromolecular de polissacarídeos estruturais e estão presentes na parede celular primária das

células vegetais e nas camadas intercelulares, os quais contribuem para firmeza, adesão entre as células e para resistência mecânica do tecido (MESBAHI et al., 2005).

A substância encontrada na pectina (substâncias pécticas) são carboidratos complexos a qual se encontra nas paredes celulares de angiospermas e gimnospermas, que tem uma função de agente cimentante. Nas camadas intercelulares é encontrada a concentração mais elevada de pectina. Em frutos cítricos essas substâncias pécticas influenciam diretamente na firmeza das frutas e no aumento da viscosidade dos sucos (ZANELLA, 2013).

A pectina exerce um papel importante no crescimento das células vegetais e, além disso, estão relacionadas às interações com agentes patogênicos. A sua quantidade e natureza são determinantes para a textura dos frutos durante a fase de crescimento, amadurecimento, armazenamento e processamento (MESBAHI et al., 2005).

O processo de extração da pectina é dividido em várias etapas físicas e químicas em que a hidrólise, a extração de macromoléculas do tecido vegetal e sua solubilização acabam sofrendo influência de diversos fatores, como pH, temperatura, tipo de ácido que é utilizado e tempo de extração (PAGÁN et al., 2001). A forma em que a pectina é extraída pode influenciar na sua capacidade de formar géis, devido a diferença de tamanho da cadeia de ácidos poligalacturônicos e o grau de esterificação (DE) dos seus grupos carboxílicos (STOLLE, COLODEL, 2014; BATISTA, 2004).

Existem várias fontes comerciais da pectina, entre as principais fontes estão o bagaço de frutas cítricas (25% da matéria seca) e o bagaço seco da maçã (15-18% da matéria seca). A extração da pectina pode ser realizado em meio ácido ou básico (BIERHALZ, 2010).

A pectina é constituída em um colóide por excelência, possui função de caráter hidrofílico que se dá devido à presença de grupos polares, apresentando assim a capacidade de envolver grande quantidade de água e produzir uma solução viscosa. (COELHO, 2013).

Na indústria de alimentos a aplicação da pectina é muito utilizada em diversos alimentos, por ser um aditivo que apresenta propriedades geleificantes, espessantes e estabilizantes, podendo assim ser aplicada em uma ampla variedade de alimentos como produtos lácteos, cárneos, de panificação, geléias, entre outros (MUNHOZ, 2008).

Como um material polimérico a pectina ganhou destaque no desenvolvimento de filmes e revestimento de base biológica, a qual está amplamente disponível a partir de resíduos agrícolas subutilizados e pode ser facilmente modificado por desmetilação, para assim desenvolver ótimos filmes com as características desejadas (FRAEYE et al., 2010).

### **2.3 Embalagens Sustentáveis**

Com a inovação na vida da população e inúmeras mudanças nos últimos anos, ocorreram algumas modificações para facilitar a vida das pessoas, com foco na praticidade, já que as pessoas estão cada vez mais ocupadas com suas responsabilidades diárias. Por este motivo ocorreu um aumento nos resíduos gerados, dentre eles, pode-se ressaltar as embalagens para alimentos (LANDIM et al., 2016).

Ao passar dos anos a atenção ao meio ambiente aumentou, visto que a sociedade está mais consciente com os impactos que esse acréscimo de resíduos pode causar para o meio ambiente a curto e longo prazo. De modo geral, os alimentos são produtos altamente perecíveis. Dessa forma, desenvolver um modo que a preservação seja eficiente, econômica e barata é um desafio grande para o ramo de produtos alimentícios (SILVA, 2011).

A maior parte das embalagens demora um tempo significativo para se degradar naturalmente ou não possuem essa capacidade. Foram propostas algumas alternativas para que possam diminuir esse problema, como a reciclagem podendo fazer o reuso das mesmas e o desenvolvimento de embalagens que sejam comestíveis e também as embalagens verdes (STOLLE, 2018).

A implantação das embalagens verdes e embalagens comestíveis elaboradas com materiais naturais têm sido utilizadas com o foco de manter ou até mesmo aumentar o tempo de prateleira e a qualidade dos alimentos, assim, substituir uma porcentagem do uso das embalagens formadas com derivados de petróleo, já que elas possuem a capacidade de se decompor mais rápido, ou melhor, não gerar nenhum resíduo (BIERHALZ; KIECKBUSCH, 2009).

A ciência está elaborando embalagens mais sustentáveis com materiais que são de rápida degradação e que possa ser comestíveis. A maior parte desses materiais é obtida a partir de polímeros naturais, como os polissacarídeos (amido e pectina), as proteínas (glúten e gelatina) e os lipídeos (ceras e resinas). Essas embalagens podem agir como antioxidantes e antimicrobianos, controlar a migração de água e lipídeos, conforme a sua composição (SILVEIRA, 2016; KESTER, FENNEMA, 1986).

### **2.4 Filmes**

Os filmes são obtidos através de polímeros naturais, vegetais ou animais. Esses filmes são finos e utilizados como barreiras, protegendo o produto de agentes externos que possam causar interferências na sua qualidade (HENRIQUE et al., 2016). Podem ser elaborados com inúmeros polímeros naturais, como os polissacarídeos, lipídios e as proteínas. Os materiais

mais utilizados são o amido, a quitosana, a celulose e a pectina, além desses materiais, podem ser adicionadas outros compostos de modo que melhore suas propriedades conforme a necessidade do produto (SOARES et al., 2009; ASSIS, BRITO, 2014).

O filme é uma embalagem que é categorizada como “embalagem ativa”, além de possuir barreira entre o meio externo e interno exerce outras funções na preservação do alimento. Com essas funções tem como resultado adição de compostos antimicrobianos, agentes reticulantes, reguladores de pH e plastificantes (ANTONIOU et al., 2015). O custo desses filmes é mais elevado e por conter uma espessura fina e flexível possui baixas propriedades mecânicas (CANDÉO et al., 2016; BATISTA, 2004).

Para a escolha do revestimento mais adequado as propriedades funcionais dos filmes devem ser levadas em consideração, pelo fato de não possuir um filme que seja universal. As propriedades ópticas que é a cor, brilho e transparência dos filmes, relacionam-se com o visual do produto. O filme deve apresentar uma boa resistência mecânica e ser flexível, para que assim tenha uma excelente qualidade para ser utilizado em produtos (SAKANAKA, 2007).

Existem dois métodos de aplicação desses filmes. O primeiro dos métodos é feito por revestimento, onde é formada uma película sobre o produto, por meio de uma aspersão ou uma imersão e o segundo método é por meio de um filme pré-formado. Os dois métodos são utilizados para separar ou conter o alimento (UGALDE, 2014).

Sendo o filme comestível, na sua composição envolve materiais que devem ser considerados ‘Geralmente reconhecidos como seguro’, do inglês ‘Generally Recognized as safe’ (GRAS), sendo assim, alimentos atóxicos e seguros para o uso (FDA, 2013).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

O fruto pomelo (*Citrus grandis*) foi colhido na fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano nas coordenadas 17°48'19,2"S e 50°53'59,3"W, no mês de novembro e na cidade de Rio Verde, Goiás.

Para a extração da pectina e para produção do filme sustentável foram utilizados como reagente o Ácido Cítrico P.A., Álcool Etílico 96% e Álcool 70%, Glicerol e Cloreto de Cálcio.

#### 3.2 Métodos

##### 3.2.1 Preparo do fruto

Os frutos do pomelo colhidos foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio à 200 ppm em um período de tempo de 15 a 20 minutos. Após a sanitização, a casca foi retirada e o albedo foi separado da polpa.

##### 3.2.2 Preparo da farinha

O albedo cortado foi submetido a secagem em Estufa com Circulação e Renovação de Ar (MA 035 - MARCONI) à 60°C por 24 horas. Após seco, o albedo foi moído em Moinho de Rotor tipo Ciclone (STAR FT 51 - FORTINOX) e transformado em uma fina farinha (Figura 1). Essa farinha foi colocada em sacos plásticos e armazenada em BOD (TECNAL), com temperatura controlada de 20°C.



**Figura 1.** Fruto pomelo (*Citrus gradis*) e farinha extraída do fruto.  
Fonte: Autoral

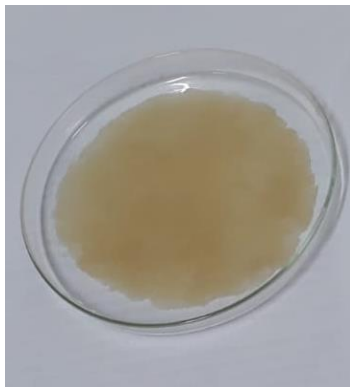
##### 3.2.3 Extração da pectina

A extração de pectina foi realizada com a adição de 16 g da farinha extraída do pomelo e 32 g de ácido cítrico em 800 mL de água destilada. A extração foi realizada em

condições levemente ácidas e altas temperaturas, sendo a solução deixada sob agitação constante e aquecimento até a temperatura de 80°C e deixada por mais 1 hora e 20 minutos em agitação após atingir a temperatura desejada.

Após esse processo a solução foi resfriada até atingir a temperatura de 4°C, sendo em seguida filtrada em um erlenmeyer contendo 1 L de álcool etílico 96%. O resíduo do filtro foi descartado e a solução foi deixada por 1 hora em repouso. Após o repouso, a solução foi novamente filtrada e lavada com 200 mL de álcool 70% e 200 mL de álcool 96%. O resíduo do filtro é a pectina, que foi colocado em placa pétri (Figura 2) e levado para secagem por 24 horas à 60°C em estufa de secagem e esterilização (SL 100 – SOLAB).

Depois de seca, a pectina foi retirada da placa de pétri, triturada, acondicionada em sacos plásticos e armazenada em dessecadores.



**Figura 2.** Pectina do pomelo antes da secagem.  
Fonte: Autoral.



**Figura 3.** Pectina do pomelo tritura e armazenada em saco plástico.  
Fonte: Autoral

### 3.2.4 Rendimento da pectina

O rendimento foi calculado através da massa gasta de farinha e da quantidade de pectina produzida através da farinha. O cálculo é feito seguindo a Equação 1:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Massa final da pectina}}{\text{Massa inicial da farinha}} * 100 \quad [\text{Equação 1}]$$

### 3.2.5 Preparação do filme

Para a preparação do filme, é feita a preparação da solução filmogênica (Figura 4) com a adição de 2% (10 g) de pectina do pomelo e 0,5% (2,5 g) de glicerol em 500 mL de água destilada. Essa solução é deixada sob agitação constante até atingir a temperatura de 70°C e após isso permanece em agitação por cerca de 30 minutos para que ocorra a diluição de toda a

pectina. Em seguida, a solução foi reticulada com solução de  $\text{CaCl}_2$  à 5% por gotejamento lento (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2014).

Depois de pronta, a solução foi colocada em tubos Falcon e levada à Centrífuga (SL 700 - SOLAB) por cerca de 5 minutos à 3000 rpm, para haver a separação de resíduos que impedem o filme de permanecer homogêneo. Em seguida, a solução foi colocada em placas de acrílico de 14 cm de diâmetro (Figura 5) e levada em estufa de secagem e esterilização (SL 100 - SOLAB) à  $60^\circ\text{C}$  por 24 horas. Após seco, o filme é retirado da placa (Figura 6), acondicionado em sacos plásticos e armazenado em dessecadores.

A preparação do filme controle foi realizada a partir do mesmo método, porém fez se a substituição da pectina do albedo pomelo por pectina comercial, e a solução não foi reticulada com  $\text{CaCl}_2$ .



**Figura 4.** Solução Filmogênica  
Fonte: Autoral



**Figura 5.** Solução filmogênica antes da secagem.  
Fonte: Autoral



**Figura 6.** Filme da pectina do albedo pomelo.  
Fonte: Autoral.

### 3.2.6 Caracterização físico-química

Todas as análises dos filmes foram realizadas em triplicata. A seguir, estão descritas todas as análises que foram realizadas.

Na análise de cor foi realizada utilizando um colorímetro (ChromaMeter CR – 400 – KONICA MINOLTA), sendo realizada a leitura dos parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ),

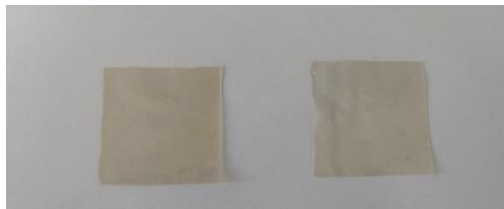
cromaticidade do verde para o vermelho ( $a^*$ ), cromaticidade do azul para o amarelo ( $b^*$ ), tonalidade cromática ( $h$  ou *hue*) e a saturação ( $C^*$ ) (CARDOSO et al., 2007).

Para realizar a análise de espessura foi utilizado um micrômetro que possui resolução de 0,0001 mm (Qualitylabor modelo MEP/Q, Perus), e para um melhor resultado a espessura foi medida em quadrantes diferentes e com 10 repetições e em seguida foi realizado a média (TURBIANI; KIECKBUSCH, 2011).

Na determinação do pH foi utilizado um potenciômetro (Tenopon-Luca 210P) para medição direta, de acordo com o método N° 981.12 – AOAC, 1997, no qual foi utilizado 5 g de amostras diluídas em 100 ml de água deionizada.

A determinação da análise de umidade foi realizada utilizando-se amostras do filme de 4 cm<sup>2</sup> (Figura 7), que foram pesadas e colocadas na estufa à 105°C durante 24 horas, de acordo com o método de Stander Methodos (1967), que foi descrito por Silva (2011). Após 24 horas decorridas, o filme foi retirado e pesado e o percentual de umidade foi calculado de acordo com a Equação 2:

$$\text{Teor de umidade \%} = \frac{\text{Massa inicial} - \text{Massa final}}{\text{Massa inicial}} * 100 \quad [\text{Equação 2}]$$



**Figura 7.** Amostras de filmes de 4cm<sup>2</sup>, filme da pectina do albedo do pomelo e filme da pectina cítrica comercial, respectivamente.

Fonte: Autoral.

Para determinação da solubilidade em água imergiu-se 0,1 g do filme em 50 mL de água destilada e manteve sob agitação constante e aquecimento de 40 °C durante 2 a 5 horas (ALTMANN et al., 2018). Em seguida, a solução é filtrada em papel filtro (Figura 8), já pesado, e leva-se à Estufa com Circulação e Renovação de Ar (MA 035 - MARCONI) por cerca de 24 horas à 105 °C. O papel filtro é resfriado em dessecador e a quantidade de matéria seca é determinada pela Equação 3:

$$\text{Matéria Seca \%} = \frac{\text{Massa inicial} - \text{Massa final}}{\text{Massa inicial}} * 100 \quad [\text{Equação 3}]$$





**Figura 8.** Solução no processo de filtração em papel filtro.  
Fonte: Autoral

### **3.2.7 Propriedades mecânicas**

Essa análise foi realizada a partir do método ASTM D882-10 (2010) o qual determina as propriedades mecânicas de tensão máxima (TM), tensão de ruptura (TR), alongação (EL) e o modelo de elasticidade (ME). Foi utilizada uma máquina universal de ensaios Instron, modelo 3367, Grove City em uma local climatizado a  $25 \pm 1$  °C e com umidade relativa de  $55 \pm 3\%$ . As amostras dos filmes foram cortadas em tiras com uma largura de 2 cm e comprimento de 10 cm. Essas tiras foram colocadas em dessecadores contendo cloreto de magnésio com uma temperatura em torno de 25°C e com umidade de 55% por um tempo de 48 horas. As amostras foram colocadas no equipamento contendo um espaço entre os ganchos de 100 mm e em seguida foram tracionadas com velocidade de 12 mm/min e carga de 500 N (SILVA et al., 2009; CHIUMARELLI; HUBINGER, 2012).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rendimento da Pectina

O rendimento da extração da pectina do pomelo foi calculado o rendimento a partir da Equação 1. A média dos resultados obtidos foram 38,15%, que de acordo com a literatura encontrada é considerada uma porcentagem de rendimento satisfatória.

De acordo com a pesquisa realizada por Zanella (2013), o rendimento obtido da extração da pectina do albedo da laranja-pera com solução diluída de ácido cítrico variou entre 29,79 e 38,21%.

### 4.2 Propriedades Físico-química

#### 4.2.1 Cor

O filme de pectina do albedo do pomelo (filme PAP) e o de pectina cítrica comercial (filme PCC) não apresentaram variações para os parâmetros L\* e h (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dados dos Parâmetros de Cor.

	Parâmetros de Cor				
	L*	h	a*	b*	C*
<b>Filme de Pectina do Albedo do Pomelo</b>	89,83±0,37	92,75±1,31	-0,51±0,19	9,86 ± 0,93	9,65 ± 0,65
<b>Filme de Pectina Cítrica Comercial</b>	88,77 ± 0,15	91,11 ± 0,21	-0,21 ± 0,04	11,72 ± 0, 10	11,75 ± 0,08

O parâmetro L\* e h foram bem próximos para os filmes PAP e PCC, os resultados mostraram uma tendência para coloração mais clara e para o amarelo.

O filme PAP apesar de ter mostrado o valor menor do que o filme PCC para o parâmetro a\*, ambos indicam uma tendência para a cor esverdeada.

Avaliando o parâmetro b\*, o filme PCC apresentou valor maior que o filme PAP, mas ambos indicam coloração amarelada.

Analisando os resultados do parâmetro C\* o filme PCC obteve valor maior que o filme PAP, mostrando assim que o filme PAP é mais opaco.

Os parâmetros de cor são de extrema importância para a caracterização dos filmes e está ligada a matéria prima utilizada para a formulação dos filmes (BERTUZZI et al.,2007).

#### 4.2.2 Espessura

As espessuras encontradas no filme PAP e PCC não demonstram diferenças entre eles, podendo ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores obtidos para espessura.

	<b>Filme de Pectina do Albedo do Pomelo</b>	<b>Filme de Pectina Cítrica Comercial</b>
<b>Espessura (mm)</b>	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,06

A espessura do filme PAP foi de 0,12 mm e do filme PCC de 0,13. Os coeficientes de variação foram abaixo de 0,06, assim podendo identificar filmes com as espessuras homogêneas.

Os filmes podem possuir espessuras variáveis, esse motivo pode ser devido ao processo de *casting*, o qual os filmes são colocados em suportes para serem secos, assim, gerando filmes com espessuras diferentes dependendo da massa que é utilizada (SOBRAL et al., 2000; MALI, 2002)

Na pesquisa realizada por Silva (2011), a espessura foi de 0,11 ± 0,03 mm e esse resultado foi considerado positivo, por mostrar homogeneidade do filme formado. Liu e Kerry (2005), realizaram um estudo que no qual a espessura de filmes de amido de ervilha obtidos tiveram valores mais elevados de espessura que foi de 0,327 a 0,422 mm.

#### 4.2.3 pH

O pH do filme PAP e PCC demonstraram diferença entre si, podendo ser notado ao analisar os dados da Tabela 3.

**Tabela 3.** Dados do Potencial Hidrogeniônico.

	<b>Filme de Pectina do Albedo do Pomelo</b>	<b>Filme de Pectina Cítrica Comercial</b>
<b>pH</b>	2,26 ± 0,02	4,06 ± 0,06

O pH do filme PAP e do PCC foi de 2,26 e 4,06, respectivamente. A diferença entre eles pode se explicar pelo método utilizado para a extração da pectina do albedo do pomelo à qual é uma extração que contém adição de ácido cítrico.

Segundo Franco e Landrraf (2005) o valor de pH baixo no filme o qual é determinado como ácido, exerce uma função inibidora de microrganismos, assim, auxiliando na manutenção da qualidade microbiológica do filme e do produto embalado.

#### 4.2.4 Umidade

Na Tabela 4 contém a porcentagem de umidade do filme PAP e PCC, sendo que os filmes obtiveram resultados aproximados como pode ser observado.

**Tabela 4.** Valores obtidos de umidade.

	<b>Filme de Pectina do Albedo do Pomelo</b>	<b>Filme de Pectina Cítrica Comercial</b>
<b>Umidade (%)</b>	21,21% ± 0,009	23,39% ± 0,0005

A umidade do filme PAP e do PCC apresentaram uma média e desvio padrão de 21,21% e 23,39%, respectivamente. No estudo realizado por Stolle (2018), trabalhando com filmes de pectina para uso na conservação de tomates-cereja encontrou umidade de 23,15%.

Os valores de umidade geralmente encontrados em estudos com filmes foram entre 15 a 30% (BIERHALZ; 2009, BIERHALZ, KIECHBUSCH, 2010). A partir deste dado é possível determinar a umidade do filme PAP e PCC está dentro da normalidade.

Segundo Kester e Fennema (1986), para a elaboração dos filmes com adição de pectina é esperado que a umidade seja alta, por apresentar características hidrofílicas.

#### 4.2.5 Solubilidade em Água

Os resultados de solubilidade em água dos filmes apresentaram diferença entre si, podendo ser notada na Tabela 5. O filme PCC demonstrou possuir maior solubilidade em água do que o filme PAP.

**Tabela 5.** Dados da análise de solubilidade em água.

	<b>Filme de Pectina do Albedo do Pomelo</b>	<b>Filme de Pectina Cítrica Comercial</b>
<b>Solubilidade em água (%)</b>	82,30 ± 0,05%	90,70% ± 0,006%

O filme PCC demonstrou ter maior porcentagem de solubilidade em água, contendo uma média de 90,70%, e o filme PAP 82,30%. Os filmes durante solubilizou-se completamente na água durante a agitação.

A justificativa dos filmes de possuírem uma alta solubilidade pode ser devido ao glicerol que é bastante higroscópico, e também por possuir um alto teor de água no filme, como pode se observar nos dados de umidade (PECTINA, 2015; MATTA et al., 2011).

A alta solubilidade pode ser considerada uma boa vantagem para aplicação de filmes em produto semipronto, que antes do consumo é aquecido (BOURTOOM; CHINNAN, 2008).

### 4.3 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas dos filmes PAP e PCC apresentaram diferenças maiores na alongação e no módulo de elasticidade, como pode ser observado na Tabela 6.

**Tabela 6.** Dados das propriedades mecânicas do filme de pectina do albedo do pomelo e do filme da pectina cítrica comercial.

	<b>Filme de Pectina do Albedo do Pomelo</b>	<b>Filme da Pectina Cítrica Comercial</b>
<b>Tensão Máxima (MPa)</b>	4,99 ± 1,5	4,69±2,08
<b>Tensão de Ruptura (MPa)</b>	4,66 ± 2,1	4,19±2,52
<b>Elongação (%)</b>	21,75 ± 6,99	12,8±3,97
<b>Módulo de elasticidade (MPa)</b>	36 ± 4,63	101,04±31,65

Tanto o filme de PAP quanto o filme de PCC apresentaram valores próximos a 4,5 para as análises de tensão máxima e tensão de ruptura. Em relação a resistência oferecida pelos filmes não houve grande diferença entre as amostras, o que sugere semelhança entre os mesmos.

Ao estudar filmes á base de glúten de trigo Gontard e colaboradores (1993) notaram que o glicerol reduz a força de ruptura e causa um aumento no alongamento. Também afirmam que resultados semelhantes têm sido reportados a respeito do efeito plastificante do glicerol em filmes com característica hidrofílica como é o caso do amido e da pectina. Assim, a % de alongamento dos filmes é aumentada com o aumento do conteúdo plastificante (GALIETTA et al., 1998)

Quando o porcentual de alongação é baixo, os filmes apresentam ser mais quebradiços. Os resultados obtidos foram consideravelmente baixos, sendo que o filme PAP obteve o porcentual de alongação maior que o filme PCC.

No estudo de Stolle (2018), o filme de pectina obteve uma alongação de 9% sendo considerado baixo e assim confirmando a limitação do uso do filme elaborado com 2% de pectina comercial e 70% HM (alta metoxilação). Segundo McHugh e Olsen (2002), a faixa de alongação para filmes que são à base de frutas é de 27 a 38%.

O filme PCC apresentou maior módulo de elasticidade do que o filme PAP (Tabela 5). De acordo com o estudo de Andrade (2014), os valores encontrados de módulo de elasticidade não apresentaram diferença significativa entre as formulações, exceto o filme formulado com adição de 4% de farinha de casca de batata que teve um valor superior, que foi de 0,004 MPa.

As propriedades mecânicas dependem das interações que ocorrem entres os componentes da matriz reticular do filme. A interação de compostos bioativos, proteínas e outros incluindo a água, influencia diretamente na tensão de ruptura e na alongação dos filmes (BOURBON et al. 2011).

## **5 CONCLUSÃO**

O filme de pectina do albedo do pomelo apresentou resultados satisfatórios para as análises de cor, pH, umidade e solubilidade à água. Devido sua alta solubilidade em água sugere seu uso em alimentos que possuem baixo teor de água e seu pH ácido atua como inibidor de microrganismos que ajuda a manter a qualidade microbiológica do filme e do alimento embalado. Em relação às propriedades mecânicas, o filme de pectina do albedo do pomelo não apresentou bons resultados, entretanto, pesquisas devem ser feitas para melhorar esse quesito.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.** Química nova escola. São Paulo. v. 40, n. 1, p. 53-58, 2018.
- ANDRADE, R. M. S. de. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base de resíduos de frutas e hortaliças.** Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2014
- ANTONIOU, J. et al. **Characterization of tara gum edible films incorporated with bulk chitosan and chitosan nanoparticles: a comparative study.** Food Hydrocolloids, v. 44, p. 309 - 319, 2015.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 16 ed. Washington D.C.: AOAC, 1997.
- ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. **Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações.** Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, v. 17, n. 2, p. 87-97. 2014.
- BATISTA, J. A. **Desenvolvimento, Caracterização e Aplicações de Biofilmes a Base de Pectina, Gelatina e Ácidos Graxos em Bananas e Sementes de Brócolos.** Dissertação Mestrado em Alimentos e Nutrição - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2004.
- BERTUZZI, M. A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. **Physico chemical characterization of starch based films.** Journal of Food Engineering, Oxford, v. 82, n. 1, p. 17-25, 2007.
- BIERHALZ, A. C. K. **Confecção e Caracterização de Biofilmes Ativos à Base de Pectina BTM e de Pectina BTM/Alginato Reticulados com Cálcio.** 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2010.
- BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCK, T. G. **Caracterização de Biofilmes de Pectina Reticulados com Íons Cálcio: efeito da concentração de plastificante.** Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros. Foz do Iguaçu, PR. 2009.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. **Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas.** Química Nova. v.32, n.3. São Paulo, 2009.
- BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; CERQUEIRA, M. A.; ROCHA, C. M. R.; AVIDES, M. C.; QUINTAS, M. A. C.; VICENTE, A. A. **Physico-chemical characterization of chitosan based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight.** Journal of Food Engineering, v. 106, n. 2, p. 111–118, 2011.
- BOURTOOM, T.; CHINNAN, M. S. **Preparation and properties of rice starch–chitosan blend biodegradable film.** LWT - Food Science and Technology, v. 41, n. 9, p. 1633–1641, 2008.
- CANDÉO, M. et al. **Qualidade Pós-Colheita de Tomates Tipo Rasteiro com Aplicação de Soluções de Amido, Glicerol e Poliacetato de Vinila por Aspersão.** Perspectivas da Ciência e Tecnologia. v.8, n.1, 2016.
- CARDOSO, W. S.; PINHEIRO, F. A.; PATELLI, T.; PEREZ, R.; RAMOS, A. M. **Determinação da concentração de sulfio para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada.** Revista Analytica, São Paulo, n. 29, p. 127-132, 2007
- CHEONG, M.W., LOKE, X.Q., LIU, S.Q. **Characterization of Volatile Compounds and Aroma Profiles of Malaysian Pomelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) Blossom and Peel.** Journal of Essential Oil Research Vol. 23, 2011.
- COELHO, M. T. **Pectina: Características e aplicações em alimentos.** Trabalho acadêmico (Seminários em alimentos). Curso de Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS. 2008.



- DEL CARO, A.; PIGA, A.; VACCA, V.; AGABBIO, M. **Alterações de flavonóides, vitamina C e capacidade antioxidante em segmentos e sucos cítricos minimamente processados durante o armazenamento.** Química de Alimentos. v.84, ed.1, p.99-105. 2004.
- FDA, FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Generally recognized as safe (GRAS).** Silver Spring. Disponível em:<<http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2020.
- Fernando F, María LH, Ana ME, Italo C, Fernando A. **Fibre concentrates from Apple pomace and citrus peel as potential fibres our ces for food enrichment.** Food Chemistry. 2005.
- FONSECA, S. F. **Utilização de Embalagens Comestíveis na Indústria de Alimentos.** 2009. 34f. Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Bacharelado em Química de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2009.
- FORSYTH, J., DAMIANI, J. **Citrus fruits / types on the market.** In: 1. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Editor, C. Benjamin, p. 1329-1335, Academic Press, Amsterdam. 2003.
- FRAEYE, I.; DUVETTER, T.; DOUNGLA, E.; LOEY, A.V.; HENDRICKX, M. **Fine-tuning the properties of pectin-calcium gels by control of pectin fine structure, gel composition and environmental conditions.** Trends Food Sci. Technol, p. 219-228. 2010.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos Alimentos. Ed. Atheneu, São Paulo, 182 p. 2005.
- GALIETTA, G.; DI GIOIA, L.; GUILBERT, S.; CUQ, B. **Mechanical and thermo mechanical properties of films based on whey proteins as affected by plasticizer and crosslinking agentes.** Journal of Dairy Science. Vol. 81. 1998.
- GARCIA-CASTELLO, E.M., MAYOR L., CHORQUES, S., ARGUELLES, A., VIDAL-BROTOS, D., et al. **Reverse osmosis concentration of press liquid from Orange juicesolidwastes: flux decline mechanisms.** J FoodEng. 2001.
- GONTARD, N.; GUILBERTO, S.; CUQ, J.L. **Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of naediblewheatgluten film.** Journal of Food and Science. Vol.58. 1993.
- HENRIQUE, C. M.; PRATI, P.; PARISI, M. C. M. **Diferentes alternativas para embalagens.** Pesquisa & Tecnologia, vol. 13, n. 1. 2016.
- JÚNIOR, D. de M.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; JÚNIOR, J. P.. **Citros.** Campinas, Fundag. p.929 2005
- KESTER, J.J., FENNEMA, O. R. **Edible films and coatings: a review.** Food Technology. v. 10, n. 12, p. 47-59, 1986.
- LANDIM, A. P. M. et al. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil.** Revista Polímeros: Ciência e tecnologia, v.26, n. especial, p. 82-92, 2016.
- MATTA J. M; SARMENTO B.S.S; SARANTOPOULOS I.G.L.C; ZOCCHI S.S. **Barrier properties of films of peastarchas sociated with xanthan gum and glycerol.** Polímeros, v. 21, n. 1, p. 67-72, 2011
- MCHUGH, T. H.; OLSEN, C. W. **Tensile properties of fruit and vegetable edible films.** In: AnnualMeetingandFood Expo, Anaheim, California. 2002.
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ AJ, Britto G, Vicario IM, Heredia FJ. **The complex carotenoid pattern of orange juices from concentrate.** FoodChem. 2008.
- MESBAHI, G.; JAMALIAN, J.; FARAHNAKY, A. **A comparative study on functional properties of beet and citrus pectins in foods systems.** Food Hydrocolloids, v. 19, p. 731-738. 2005.
- MUNHOZ, C. L. **Efeito das condições de extração sobre o rendimento e características da pectina obtida de diferentes frações de goiaba cv. Pedro Sato.** Dissertação (Mestrado

- em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- OLIVEIRA, R. P. D., KOLLER, O. C., SCIVITTARO, W. B., OLIVEIRA, S. P. D.. **Pomelos: Informações Básicas sobre o Cultivo e Cultivares Apirênicas Recomendadas para o Rio Grande do Sul**. EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Pelotas. RS, 28 p. 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/745896/1/documento198.pdf>>. Acesso em: jan. 2020.
- PAGÁN, J.; IBARZ, A.; LLORCA, M.; PAGÁN, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Extraction and characterization of pectin from stored peach pomace**. Food Research International, Barking, v. 34, n. 7, p. 605-612. 2001.
- PECTINA. **Pectinas propriedades e aplicações**. Revista Food Ingredients, n. 35, p. 12, 2015. Disponível em <<http://www.revista-fi.com/materias/380.pdf>> acessado em 17 de janeiro de 2020.
- PEREZ-ALVAREZ JÁ, Fernandez-Lo pez J, Sayas-Barbera E, Navarro C, Sendra E. **Effect of citrus fiber (alberto) incorporation in cooked porksausages**. In Proceedings of International Food Technologists Annual Meeting. 2001.
- PETERSON, J.J.; BEECHER, G.R.; BHAGWAT, S.A.; DWYER, J.T.; GEBHARDT, S.E.; HAYTOWITZ, D.B.; HOLDEN, J.M. **Flavanones in grapefruit, lemons, and limes: a compilation and review of the data from the analytical literature**. Journal of Food Composition and Analysis, Rome, v. 19, n. 1, p. S74-S80, 2006.
- REIS, K. C. et al. **Pepino japonês (Cucumissativus L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 30, n. 3, p. 487-493, 2006.
- ROUSEFF R., PEREZ-CACHO P.R., **Citrusflavour. Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability**. Editor, R.G. Berger, p. 117-134, Springer, Heidelberg. 2007.
- ROUSSOS PA. **Phyto chemicals and antioxidant capacity of orange (Citrus sinensis (L.) Osbeck cv. Salustiana) juice produced under organican dinteegrated farming system in Greece**. Sci Hortic. 2011.
- SAKANAKA, L.S. **Confecção de filmes biodegradáveis por extrusão de blendas de amido termoplástico e polibutilenosuccinatoco-adipato (PBSA)**. Dissertação (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2007.
- SILVA, E. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido do pinhão. Dissertação (Graduação)**. Universidade do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011.
- SILVA, G. D., et al. **Produção e Caracterização de Filmes Comestíveis à Base de Alginato e Pectina**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, SC. 2014.
- SILVA, M. A. DA; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH, T. G. **Alginate and pectin composite films cross linked with Ca<sup>2+</sup> ions: Effect of the plasticizer concentration**. Carbohydrate Polymers, v. 77, n. 4, p. 736–742, 2009.
- SILVEIRA, E. da. **Embalagens Verdes**. Revista Pesquisa FAPESP, ed. 242. p. 7275. 2016.
- SOARES, N. F. F.; et al. **Novos Desenvolvimentos e Aplicações em Embalagens de Alimentos**. Revista Ceres, p. 370-378. 2009.
- STOLLE, A. M. **Elaboração e caracterização de filmes de pectina para uso na conservação de tomates-cereja (Solanum lycopersicum)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, PR. 2018.
- STOLLE, A. M.; COLODEL, C. **Extração da Pectina da Maçã para Preparação de Geleias com Teor Reduzido de Açúcar**. III Feira de Ciências dos Campos Gerais. Ponta Grossa, PR. 2014.

- TURBIANI, R. B. F.; KIECKBUSCH, T. G. **Propriedades mecânicas e de barreira de filmes de alginato de sódio reticulados com benzoato de cálcio e/ou cloreto de cálcio.** BrazilianJournalofFood Technology, v. 14, n. 02, p. 82–90, 2011.
- UGALDE, M. L. **Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais.** 2014. 168 f. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos – Universidade Regional Integrada, Departamento de Ciências Agrárias. Erechim, RS. 2014.
- VANAMALA, J.; REDDIVARI, L.; YOO, K.S.; PIKE, L.M.; PATIL, B.S. **Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grape fruit juices.** JournalofFoodCompositionandAnalysis, Rome, v. 19, n. 2-3, p. 157-166, 2006.
- ZAIN, N. F. M.; YUSOP, S. M.; AHMAD, I. **Preparation and characterization of cellulose and nanocellulose from pomelo (*Citrus grandis*) Albedo.**Journal of Nutrition & Food Sciences.v.5. 2015.
- ZANELLA, K. **Extração da pectina da casca da laranja-pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) com solução diluída de ácido cítrico.** Campinas, SP. 2013.