

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**Análise físicas e reológicas de biofilme obtido
através do mesocarpo externo do pequi (*Caryocar
brasiliense Camb*)**

MARCOS ANDRE FREITAS BARROS

**RIO VERDE - GO
2019**

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

**Análise físicas e reológicas de biofilme obtido através do
mesocarpo externo do pequi (*Caryocar brasilense Camb*)**

MARCOS ANDRE FREITAS BARROS

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.

Orientadora: Prof. Dra. Geovana Rocha Plácido

Coorientador: Lazaro Sátiro de Jesus

**RIO VERDE – GO
JULHO, 2019**

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

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor:

Matrícula:

Título do Trabalho:

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

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:

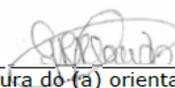
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal 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 _____, 12 /08/2019.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo: _____



Assinatura do (a) orientador (a)

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

BB277a BARROS, MARCOS ANDRE
Análise físicas e reológicas de biofilme obtido através do mesocarpo externo do pequi (Caryocar brasilense Camb) / MARCOS ANDRE BARROS; orientadora Geovana Rocha Plácido; co-orientador Lazaro Sátiro de Jesus. -- Rio Verde, 2019.
33 p.

Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) -
- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. solução filmogênica. 2. biofilme. 3. pectina.
4. pequi. I. Rocha Plácido, Geovana , orient. II. Sátiro de Jesus, Lazaro , co-orient. III. Título.

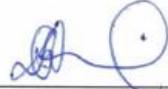
MARCOS ANDRÉ FREITAS BARROS

**ANÁLISES FÍSICAS E REOLÓGICAS DE BIOFILMES OBTIDAS
ATRAVÉS DO MESOCARPO EXTERNO DO PEQUI**

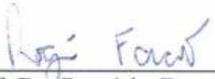
Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 04 de julho de 2019 pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



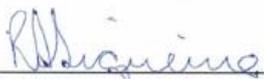
Prof.^a. Dr.^a. Geovana Rocha Plácido
IF Goiano Campus Rio Verde



Prof. Msc. André Luiz Borges Machado
IF Goiano Campus Rio Verde



Prof. Dr. Rogério Favareto
IF Goiano Campus Rio Verde



Rafaela Anunciação Siqueira
Eng^a de Alimentos

Rio Verde – GO

Julho, 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por todas as conquistas que me concedeu, e por ter colocado em meu caminho pessoas boas e especiais que muitas das vezes não mediram esforços para me ajuda. Obrigado meu Deus por jamais me abandonar, mesmo que eu não mereça.

Quero agradecer meus amados pais, senhor Eli José de Barros e senhora Nair Rodrigues Freitas Barros, por tudo que fizeram e ainda fazem por mim. Obrigado por me ensinarem a caminhar e assim poder seguir meus próprios passos. Pela educação que me deram e por sempre estarem ao meu lado, tanto nas alegrias como nos momentos difíceis. Já me consideraria uma pessoa afortunada se tivesse somente um de vocês em minha vida, mas ter vocês dois, ainda mais como pai e mãe, faz de mim uma pessoa abençoada. E aos meus irmãos Jackson e Vanessa que as vezes são chatos, tem horas que eu tenho vontade de matá-los, mas vocês podem ter a certeza de que se mexerem com algum de vocês, lutarei com garras e dentes para defendê-los. Eles podem ser chato e brigar comigo às vezes, mas sempre que eu precisei eles estiveram do meu lado e eu faço o mesmo por eles. Defendo, cuido, ajudo e os amo.

Agradeço a Deus novamente por te me dado o maior presente de todos, minha filha, Sophia Ivanhez Freitas Barros, que e minha alegria. Quando olhei para os seus olhos e a tive em meus braços pela primeira vez, imediatamente o meu mundo se transformou. De repente senti como se a minha vida já não me pertencesse. Senti a alma cheia de amor e o meu coração fora de mim, entendendo assim o que é amor incondicional.

Agradeço a minha orientadora e a professora Dr.^a Geovana, pela paciência, compreensão e companheirismo, ajuda e suporte nesse período, que esteve ao meu lado ajudando no desenvolvimento de ideias, conversando, e por todo aprendizado por ela a me ensinado.

Agradeço ao meu grande amigo e coorientador Mestre Lázaro Sátiro, pela grande amizade e parceria não medindo esforço para me ajuda mesmo quando não podia. E que gostaria de dizer que esse trabalho não sairia sem você. Agradeço também ao seus pais, senhor Ednaldo e senhora Erivalda, por todo acolhimento amizade, por vocês eu tenho enorme consideração.

Agradeço a todos os professores que estiveram presentes em minha vida acadêmica, muitos considero mais que professores, alguns deles posso chamar de amigo, como professor Dr. Rogerio Favaretto. Dizer obrigado não é o suficiente para agradecer, saiba que e o curso de engenharia de alimentos do IFGoiano não existiria sem vocês.

Quero agradecer aos amigos que fiz na academia, saibam que os levarei pra vida toda Allan Dione, Higor, Bruno Wenceslau e Mariana por estarem comigo e terem me apoiado nesse percurso. E agradeço as minhas amigas “das antigas” que mesmo longe ou a muito tempo sem se falar sempre sei que posso contar e que é um grande apoio Arthur Resende.

RESUMO

Barros, Marcos André. Instituto Federal Goiano campus Rio Verde – GO, Junho de 2019. **Análise físicas e reológicas de biofilme obtido através do mesocarpo externo do pequi (*Caryocar brasiliense Camb*)**. Orientador(a): Geovana Rocha Plácido. Coorientador(a) . Lázaro Sátiro de Jesus

A utilização de polímeros biodegradáveis vem crescendo dia a dia e a pectina é um polissacarídeo natural que pode ser utilizada para elaboração de biofilmes. Objetivou-se verificar a potencialidade da utilização de pectina extraída do mesocarpo externo do pequi para a produção de embalagens biodegradáveis. A metodologia utilizada foi extração da pectina do mesocarpo do pequi, elaboração de um biofilme com 50% de pectina extraída e 50% de pectina comercial. Foram realizadas 4 análises, sendo elas, análise de solubilidade em água, permeabilidade a vapor de água, propriedades óticas e análises reológicas. Os filmes analisados foram totalmente solúveis em água que se justifica principalmente pelo fato da pectina ser solúvel em água que é também um fator que justifica a alta permeabilidade a vapor de água que é de 1,0968 g.mm/h.m².kPa, comparados a outros filmes que são hidrofílicos. A análise colorimétrica obtiveram valores médios de 1,909 e 9,471 para o eixo a* e b* e de 18,72833 para L de acordo com a Cor de Hunter Lab. Para a análise reológica, constatamos que a solução filmogênica se adequa a modelo matemático de newton com coeficiente de determinação de 0,9999 e calculado o erro qui-quadrado de 0,0001, sendo assim considerado uma solução filmogênica Newtoniana, tendo ainda uma viscosidade de 0,005 Pa.s para a temperatura de 40°C. Concluindo que esse estudo contribuiu para que possamos verificar sua viabilidade de produção, e o seu comportamento como embalagem.

Palavras-chave: solução filmogênica; biofilme; pectina; pequi

ABSTRACT

Barros, Marcos Andre. Instituto Federal Goiano campus Rio Verde – GO, Junho de 2019. **Analysis of packages made through the mesocarp of pequi (*Caryocar brasiliense Camb*)**. Orientador(a): Geovana Rocha Plácido. Coorientador(a) . Lázaro Sátiro de Jesus

The use of biodegradable polymers is growing day by day, pectin is a natural polysaccharide that can be used for biofilm elaboration, in this work it was verified the potentiality of the utilization of pectin extracted from the external mesocarp of pequi for the preparation of biodegradable packages. The methodology used was extraction, and the elaboration of a biofilm with 50% pectin extracted and 50% commercial pectin. Four analyzes were performed: water solubility, water vapor permeability, optical properties and rheological analysis, where the analyzed films were totally soluble in water, which is mainly due to the fact that the pectin is soluble in water, which is also a factor that justifies the high permeability to water vapor that is of 1.0968 g.mm/h.m².kPa, compared to other films that are hydrophobic. Its optical properties according to the analysis obtained mean values of 1.909 and 9.471 for the a * and b * axis and 18.72833 for L according to the Hunter Lab Color Dye. For the rheological analysis, we verified that the filmogenic solution fit the mathematical model of newton with determination coefficient of 0.9999 and calculated the chi-square error of 0.0001, thus being considered a Newtonian film-forming solution, still having a viscosity of 0.005 Pa.s for the temperature of 40 ° C . Concluding that this study contributed to enable it to know about production feasibility, if there is pilot or industrial scale production.

Keywords: filmogenic solution; biofilm; pectin. Pequi

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 Pequi.....	9
2.2 Pectina	11
2.3 Biofilmes.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Elaboração dos Biofilmes	15
3.2 Solubilidade em água.....	17
3.3 Permeabilidade ao vapor de água	17
3.4 Colorimetria	19
3.5 Reologia	20
4. RESULTADOS E DISCURSÕES	21
4.1. Solubilidade em água.....	21
4.2. Permeabilidade a vapor de Água	22
4.3. Colorimetria	23
4.4 Reologia	24
5. CONCLUSÃO.....	28

INTRODUÇÃO

O pequi é um fruto de grande importância econômica para região centro-oeste do Brasil, sendo utilizados em diversos pratos culinários. No entanto a parte utilizada para o alimento é pequena, gerando uma grande quantidade de resíduo (mesocarpo externo) (BORGE, 2014).

O mesocarpo externo do pequi é rico em nutrientes, tais como, fibras, vitaminas e minerais. O aproveitamento deste resíduo como matéria prima de um novo produto pode contribuir para o aumento potencial e econômico do fruto. A pectina é um nutriente interessante presente no mesocarpo externo deste fruto, sendo uma substância utilizada em vários produtos (OLIVEIRA, 2006).

As primeiras extrações de pectinas foram feitas de bagaço de maçãs e posteriormente extraídas de frutas cítricas. Os seus atributos estão associados a habilidade de reter açúcar. As pectinas se localizam em tecidos de muitas plantas, pertencem às hemiceluloses e se consideram como coloides reversíveis. O elemento interno da parede da célula que investe o protoplasma é de celulose pura, que se modifica aos poucos em hemicelulose até que a parte externa da parede transforme em hemicelulose pura (CANTERI, 2011).

As pectinas são polissacarídeos ácidos, adquiridos comercialmente e produzidos a partir de frutas (maçã, citrus), porém presentes integralmente em matrizes de parede celular de plantas. O comportamento gelificante das pectinas é a sua propriedade mais vital e essa característica é diferem as pectinas de alta metoxi e de baixo metoxi. (STEPHEN *et al.*, 2006)

Existem duas classificações para a pectina: pectinas com alto grau de esterificação, maior que 50 %, e pectinas com baixo grau de esterificação, menor que 50%. Existe uma combinação na pectina de alto grau de esterificação nas ligações hidrogênio, e interações hidrofóbicas encarregada pela agregação na cadeia e pela gelatinização (KJONIKSEN, HIORTH e NYSTROM, 2005).

A pectina pelo o fato de forma géis têm diversas utilidades sendo uma dela a formação de biofilmes. As características como não-toxicidade e a biocompatibilidade permite que a pectina esteja cada vez mais sendo utilizada nas áreas biotecnológica e farmacêutica, (LIU *et al.*, 2007).

Nesse estudo, pretende-se avaliar as características físicas do filme de pectina extraída do mesocarpo externo do pequi (*Caryocar brasiliense Camb*), sendo elas solubilidade a água, permeabilidade a vapor de água e análise de cor. Analisou-se ainda as características reológicas da solução filmogênica utilizado na produção do filme.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pequi

Original do Brasil, o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) se encontra predominantemente nas regiões onde o bioma consistente é o Cerrado, podendo também ser encontrado em zonas de transição com outros biomas como Mata Atlântica e Caatinga (CAMARGO *et al*, 2014). O pequizeiro uma árvore resistente que pode atingir até a altura de 15 metros, com o tronco de 2 a 3 metros de circunferência, com uma casca escura e galhos longo e curvados, sua madeira é amarelada e suas folhas são limbo ovais de base aguda de cor verde brilhante e com ausência de pelos e de glândulas (BORGE, 2014).

A fruta do pequizeiro o pequi, contém em média de 10 a 15 centímetros de diâmetro tendo o peso variado entre 100 e 300 gramas, sendo o pericarpo (casca) geralmente de cor acinzentada ou verde-amarelado, o mesocarpo externo de cor amarelo-claro, mesocarpo interno que contém uma camada polposa de cor amarela de tom mais forte que o mesocarpo externo com aroma forte característico do fruto e endocarpo (envoltório do caroço) contendo de 1 a 4 unidades em média sendo rígido com envoltório lígneo e com uma camada de pequenas farpas (espinhos) de 2 a 5 mm de comprimento com sementes (amêndoa) o interior (Figura 1) (ALMEIDA & SILVA, 1994; ALMEIDA *et al.*, 1998).



Figura 1: Aspectos morfológicos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) Fonte Alves *et.* (2012)

O pequi é uma das frutas do cerrado que tem maior rentabilidade, devido seu uso em diversos pratos culinários, além de seu óleo ser usado em diversos produtos

cosméticos tendo propriedades terapêutica, sendo assim um fruto de mercado bastante vasto (ALMEIDA & SILVA, 1994). (BORGE, 2014).

No cultivo do pequizeiro além da fruta a árvore também pode ser explorada. Tendo ao valor de sua madeira um valor agregado, pois é uma madeira bastante resistente e com boa durabilidade. Sua madeira pode ser fonte de energia para fábrica como carvão pois possui um elevado teor de carbono. Em certas regiões do país as folhas são usadas usada como ração para gado bovino e caprinos. (ALMEIDA *et al.*, 1994).

Em média o mesocarpo externo e a casca formam aproximadamente 76,7% do volume do pequi, respectivamente o caroço (mesocarpo interno e espinho) tem aproximadamente 21,6% e sua amêndoa de 1,7% do volume do fruto (VERA, 2005). Com isso percebemos que a maior parte do fruto geralmente vai para descarte.

Em Goiás existe regiões que embora o processamento dessa fruta não seja grande tem uma pequena parte da economia voltada para o pequi, por exemplo Iporá que possui um viveiro com produção de muda relevante. No município de Ivolândia existe uma agroindústria de conserva de pequi. Os produtos processados do pequi têm um selo de qualidade, que busca expor ao mercado apenas produtos de qualidade para seus clientes. Porém há uma grande dificuldade nesse tipo de mercado, o período entresafra é muito grande, dificultando assim o consumo e a comercialização desses produtos nesse período (OLIVEIRA, 2006).

É evidente que o pequi tem uma porcentagem considerável de carboidratos que pode ser usado para muitos fins principalmente a parte da casca e mesocarpo externo que geralmente são descartados. Sendo os carboidratos, uma das substâncias sólidas essenciais dos alimentos, estão abundantemente distribuídos pela natureza e abrangem componentes com estruturas e propriedades funcionais primordiais. Assim sendo dividido em várias classes como os poli-hidroxiáldeídos, os poli-hidroxiálcoois, os poli-hidroxiácidos, seus derivados e, as poli-hidroxicetonas, e polímeros desses compostos unidos por ligações hemiacetálicos. Além da divisão citada os carboidratos ainda são subdivididos em função de seu peso molecular, em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos (RIBEIRO *et al.*, 2007).

2.2 Pectina

Amplamente aplicados nas tecnologias de alimentos, principalmente pelas propriedades reológicas de suas soluções, os polissacarídeos são compostos com elevado peso molecular e formam soluções coloidais, visto que uma molécula do polissacarídeo liga-se a uma vasta quantidade de água, devido ao elevado número de grupos hidroxilas existentes sua molécula (BOBBIO, 2003).

As estruturas moleculares dos polissacarídeos alimentares obtidos a partir de fontes vegetais geralmente são bem definidas, embora os polissacarídeos geralmente contêm combinações complexas. Diversas unidades de monossacáridos incorporadas resultam em um polissacarídeo, predominando D-glucose, mas os tipos de ligações glicosídicas entre açúcar são relativamente conservados (WASCHECK *et al.*, 2008).

Existem moléculas de polissacarídeo lineares e moléculas de polissacarídeos ramificadas, à medida que o grau de ramificação aumenta, existem moléculas correspondentes em propriedades físicas tais como solubilidade em água, viscosidade e comportamento de gelificação (CAPEL *et al.*, 2006).

As pectinas são polissacarídeos ácidos, adquiridos comercialmente e produzidos a partir de frutas (maçã, citrus), porém presentes integralmente em matrizes de parede celular de plantas. As substâncias pécticas são compostas de cadeias de ácido D-galacturônico por ligações glicosídicas a (1→4), parcialmente acetiladas (Figura 2), em sequências que são interrompidas, possivelmente em intervalos regulares, por unidades de α -L-ramnopiranosilo que proporcionam centros de hidrofobicidade relativa. Outras unidades (L-arabinose, D-xilose, D-galactose e ácido D-glucurônico) estão ligadas covalentemente em cadeias laterais ligadas particularmente aos resíduos de ramnose e afetam as propriedades físicas da pectina. (STEPHEN *et al.*, 2006)

A característica gelificante das pectinas é uma propriedade vital e essa característica é diferem as pectinas de alta metoxi e de baixo metoxi. Os polissacarídeos menos esterificados reagem com cátions divalente (ou multivalentes) tais como o cálcio, dando soluções de viscosidade crescente. Se forem esterificadas em quantidades suficientes de unidades de ácido urônico (tal como ocorrem em muitas pectinas naturais), a gelificação é induzida pela adição de compostos solúveis em água tais como sacarose (que aumenta de forma eficaz a concentração de polissacarídeos) e a introdução gradual de acidez (por hidrólise de D-glucono-1,4-lactona) (KLIEMANN, 2006).

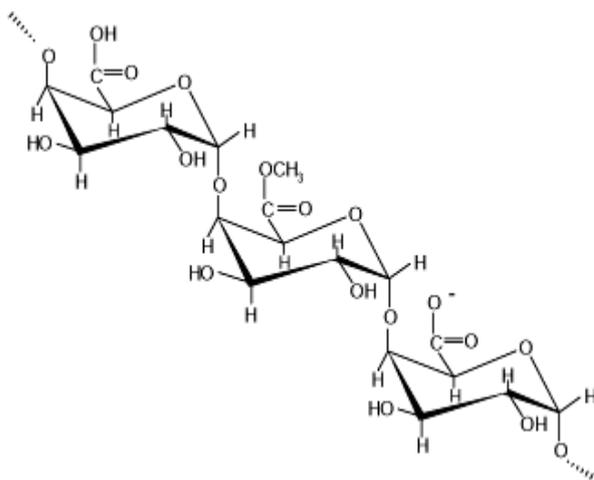


Figura 2: Estrutura química da cadeia de pectina; Sousa (2017)

As primeiras extrações de pectinas foram feitas de bagaço de maçãs e posteriormente extraídas de frutas cítricas. Os seus atributos estão associados a habilidade de reter açúcar. As pectinas se localizam em tecidos de muitas plantas, pertencem às hemiceluloses e se consideram como coloides reversíveis. O elemento interno da parede da célula que investe o protoplasma é de celulose pura, que modifica-se aos poucos em hemicelulose até que a parte externa da parede transforme em hemicelulose pura, isto é, à medida em que se ocorre a maturação das frutas, a protopectina modifica-se em pectina solúvel, acontecendo o amolecimento das frutas (CANTERI, 2011).

A protopectina é originada da ligação de uma pectina com a celulose e hemicelulose através de uma ligação covalente, sendo insolúvel em água, mas com facilidade decomposta por ácidos diluídos, liberando a pectina. Essa pectina é formada por cadeias de ácido D-galacturônico unidos em α 1,4 (Figura 2). A pectina pode incluir grupos acetila unidos ao carbono 2 ou ao carbono 3 de determinadas moléculas de ácido D-galacturônico. Esses substituintes presentes, pode afetar a habilidade da pectina de constituir géis. Na cadeia existem moléculas de ramnose, onde há uma quebra linearidade da estrutura molecular (UENOJO, 2007).

Que de acordo com Bobbio (2001), os ácidos poligalacturônicos pode ter as seguintes características:

Grande número dos seus grupos carboxílicos metilados: são os ácidos pectínicos: formam géis. Grande número dos seus grupos carboxílicos não-metilados: são os ácidos pécticos: não gelificam.

A hidrólise e a degradação da pectina podem ser feita por ácidos e álcalis. A pectina em meio ácido pode sofrer hidrólise das ligações glicosídicas α 1->4 e desmetoxilação das moléculas esterificadas. A não ser que o meio esteja muito ácido ou muito alcalina essas reações não comprometem a pectina, que geralmente é extraída com soluções ácidas (pH-3,0 a 4,0). Em condições adequadas a ruptura da cadeia se dará nas ligações glicosídeas ácido urónico-ramnose. Na presença de uma base alcalina como PO_4^{-3} incide uma desmetoxilação acelerada, bem como degradação que inicia pela ruptura da ligação glicosídica em β (C 4), ao grupo carboxílico do éster (receptor de elétrons), por meio do mecanismo de β -eliminação. O complexo - COOH é um ruim receptor de elétrons quando ionizado. Impedindo a saída do grupo ligado em C 4 (BOBBIO, 2001).

A formação dos géis da pectina está diretamente relacionada com o grau de metoxilação que é definido como a relação de moléculas de ácido galacturônico esterificados por molécula de ácido galacturônico total. A proporção de grupos carboxílicos esterificados (metoxilação) desempenha uma importante função na capacidade da pectina de forma um bom gel, assim sendo um parâmetro que indica propriedades físicas ou funcionais das pectinas (WONG, 1995).

Existem duas classificações para a pectina: pectinas com alto grau de esterificação, maior que 50 %, e pectinas com baixo grau de esterificação, menor que 50%. Existe uma combinação na pectina de alto grau de esterificação nas ligações hidrogênio, e interações hidrofóbicas encarregada pela agregação na cadeia e pela gelatinização. Nessa situação, a agregação na cadeia é estabilizada por ligações de hidrogênio no meio de grupos de álcoois secundários e grupos carbóxila não dissociados e por relações hidrofóbicas por entre grupos metoxi. Diante de soluções de pectina de baixo grau de esterificação aquosa, o grupo intermolecular de ligações hidrogênio é encarregado pela associação da cadeia (KJONIKSEN, HIORTH e NYSTROM, 2005).

2.3 Biofilmes

A pectina pelo o fato de forma géis têm diversas utilidades sendo uma dela a formação de biofilmes. Há várias aplicações, a mais conhecida é como agente espessante e gelificante na produção de diferentes alimentos como sucos de frutas, geleias, e produtos lácteos (THAKUR *et al.*, 1997). Porém, as características como não-toxicidade e a biocompatibilidade permite que a pectina esteja cada vez mais sendo

utilizada nas áreas biotecnológica e farmacêutica, com evidência para o uso em compostos de liberação controlada de princípios ativos (LIU *et al.*, 2007).

Os filmes que utilizam alginato e pectina como matéria-prima apresentam a tendência de formarem filmes com alta tensão na ruptura, porém com pouca resistência à água devido a suas características hidrofílicas. No entanto, essas propriedades podem ser melhoradas, pois a pectina e o alginato fazem associações do tipo cadeia-cadeia, formando géis fortes e insolúveis com a adição de cátions divalentes. Essa característica é responsável pelo grande campo de aplicações na indústria de alimentos, farmacêutica, biotecnológica e no tratamento de efluentes (FANG *et al.*, 2008).

Embora seja uma tecnologia emergente, o emprego de filmes ou coberturas comestíveis em alimentos não é um método recente. De acordo com Bierhalz (2010), na China, frutas cítricas eram revestidas por um biofilme para retardar a desidratação e resistir ao transporte por grandes distâncias desde o século XII. A utilização de coberturas comestíveis para revestimento de frutas e vegetais frescos, tem com o objetivo de melhorar a aparência (brilho e cor), retardar a perda de umidade e controlar o amadurecimento.

Soluções poliméricas sobreposta diretamente sobre o produto cobrindo a sua área com uma película aderente a ela, recebem a designação de cobertura ou recobrimento. Já os filmes constituem estruturas destacadas que podem ser usados envolvendo o produto ou separado em diversas partes no produto. (THARANATHAN, 2003).

De acordo com Mchugh *et al.* (1994), o aumento gradativo do plastificante glicerol proporciona uma maior permeabilidade de gases e vapor de água em filmes hidrofílicos, devido as ligações da pectina com o glicerol aumentado assim a flexibilidade do filme e diminuindo a densidade entre as moléculas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Elaboração dos Biofilmes

Utilizando o método de Jesus (2017), foram utilizados na extração da pectina os seguintes reagentes: Ácido Cítrico Anidro PA, e Álcool Etilico 96%, Glicerol e Cloreto de Cálcio.

Os frutos de pequi (Figura 3), foram obtidos na feira municipal de Rio Verde localizada no estado de Goiás, Brasil no dia 18 de setembro de 2016.

Com água clorada (20ppm de cloro ativo) os frutos foram sanitizados e retirado a casca (exocarpo). Após a sanitização e descascamento (Figura 4), o mesocarpo externo foi submetido ao processo de branqueamento a temperatura de 90°C seguido de resfriamento com água a temperatura ambiente 25°C.



Figura 3: Fruto antes do processo



Figura 4: Fruto após ser sanitizado e descascado

Após o processo de descascamento e branqueamento o mesocarpo externo foi cortado transversalmente e posteriormente seco a temperatura de 70°C em uma estufa com circulação e renovação de ar. Com o mesocarpo seco foi realizado a moagem (Figura 5 e 6):



Figura 5: Mesocarpo externo do pequi seco;



Figura 6: Mesocarpo externo moído;

De acordo com metodologia aplicada por Jesus (2017), para a extração, inicialmente foi utilizado 5g de farinha do mesocarpo externo do pequi, dissolvido em 250 mL de ácido cítrico (0,5M) com uso de ultrassom, a uma temperatura de 25°C e um pH de 1,9 seguindo o tempo de 60 min. A mistura foi peneirada (peneira de furos de 0,8 mm) e filtrado com papel filtro sendo descartados o conteúdo retido e utilizado o conteúdo filtrado. Foi feita uma solução do material filtrado com álcool etílico (96° GL) sendo colocada em repouso por um período de 1 hora para que ocorresse a coagulação da pectina. Após esse período a solução foi filtrada, sendo descartada a parte filtrada e utilizada à parte retida, sendo colocado em bandejas com profundidade de aproximadamente 1cm (tendo uma boa superfície de contato com o meio), sendo levada a Estufas com Circulação e Renovação de Ar a uma temperatura de 45°C durante um período de 48 horas, e finalmente em estado seco foi triturada em um moinho de facas.

O processo de produção dos filmes seguiu a metodologia adaptada de Jesus (2017), onde a matéria-prima utilizada foi a pectina extraída do mesocarpo externo do

pequi e a pectina comercial. Os filmes confeccionados seguiram as proporções de 50% de pectina extraída e 50% de pectina comercial.

Primeiramente foi elaborada uma solução filmogênica, diluindo 0,15 gramas de glicerol por grama pectina solubilizada em 1L de água destilada e agitada em agitador magnético. A solução foi aquecida a 70°C com adição de 30mL de solução de CaCl₂. Tendo preparado a solução foi transferido 100mL para placas de acrílico (14 cm de diâmetro por 1 cm de profundidade), sendo assim colocadas para secar em uma BOD a 60°C durante um período de 20 horas.

3.2 Solubilidade em água

A análise de solubilidade do filme em água foi feita em triplicata, de acordo com o método adaptado de Gontard *et al.* (1994). Inicialmente foram retiradas amostra de filmes com 2 cm de diâmetro imersos em 50 mL de água destilada, posteriormente foram deixando em agitação lenta e periódica por 24 h à temperatura controlada de 25°C em banho-maria. Após esse período os fragmentos de filme remanescente foram retirados do banho e secos em estufa 105 °C durante um período 24 h e pesados em balança analítica para determinação da massa seca final da amostra, e confrontados com massa seca inicial da mesma.

3.3 Permeabilidade ao vapor de água

Foi determinada a permeabilidade ao vapor de água por método gravimétrico, segundo proposto por Gontard (1994) e modificado por Vincentini (2003), baseado no teste ASTM E96-80 (ASTM, 1989). As células de permeação onde foram aplicados os biofilmes continham 5,0 cm de diâmetro e 5,7 cm de altura (Figura 8), contendo parafina nas bordas de modo a garantir que a migração do vapor de água ocorra unicamente através do filme com o interior da mesma preenchido com sílica gel. Após o preenchimento da célula de permeação com sílica gel e selagem com parafina as células foram levadas para pesagem e posteriormente colocados em um dessecador contendo água destilada pura (UR=100%), onde a umidade é transferido através do filme foi absorvido pela sílica gel (Figura 9).

A célula foi pesada diariamente durante o período de 7 dias em BOD 25°C, Com os dados pesados realizou-se o cálculo da taxa de permeabilidade ao vapor de água, conforme as equações 1 e 2.

$$TPva = \frac{m}{t} \times \frac{1}{A} \quad \text{Equação 1}$$

$$PVA = \frac{(TPVA \times e)}{Ps \times (UR1 - UR2)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: PVA = Permeabilidade ao vapor de água ($\text{g} \cdot \text{dia}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$); e = Espessura média do corpo-de-prova (m); Ps = Pressão de saturação e vapor a temperatura do ensaio (Pa); UR1 = Umidade relativa dentro do dessecador (%); UR2 = Umidade relativa dentro da cápsula (%); TPVA = Taxa de permeabilidade ao vapor de água ($\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$); m = Ganho de massa de água (g); t = Tempo (s); A = Área de permeação do corpo de prova (m^2).

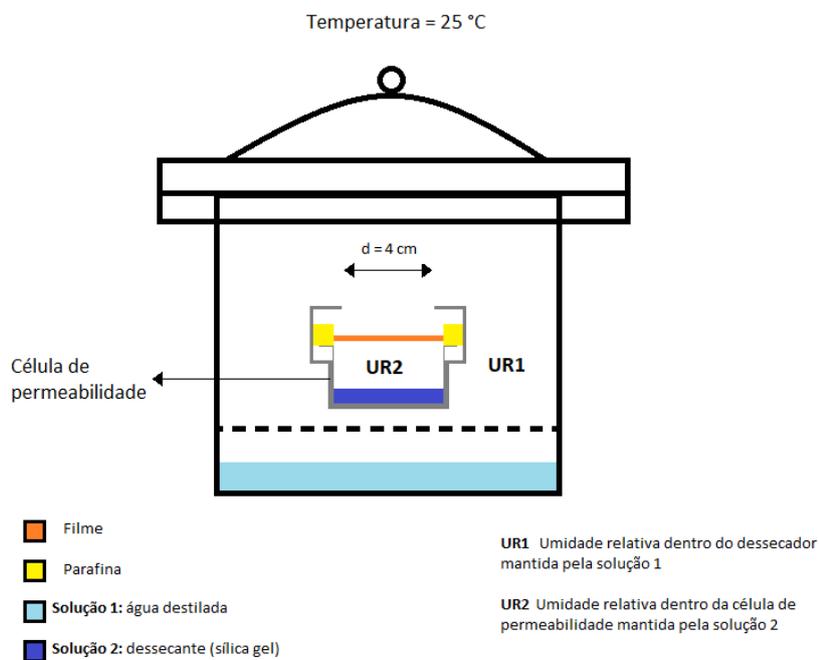


Figura 7: Esquema do dispositivo utilizado para o cálculo da permeabilidade do vapor de água. Transporte de vapor de água através do filme $UR1 > UR2$.



Figura 8: UR2 Umidade relativa dentro da célula de permeabilidade mantida pela solução 2

3.4 Colorimetria

No biofilme foi medida a cor da superfície utilizando Colorímetro HunterLab, modelo Color Flex EZ, no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. As amostras foram divididas em quatro quadrantes e efetuada três leituras em cada ponta do quadrante, obtendo triplicata de análises. Assim obteve-se os parâmetros L (luminosidade), a^* (tonalidades de verde -60 a vermelho +60) e b^* (tonalidades de azul -60 a amarelo +60) e calculados os parâmetros C, h° e ΔE . Onde termos brilho (“lightness”), cromaticidade e ângulo hue, respectivamente (Mcguire, 1992).

Para a cálculo do ângulo hue e cromaticidade C^* , foram usadas as coordenadas a^* e b^* (KONICA, 1998), conforme as Equações 3 e 4:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Equação 1}$$

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 2}$$

Empregou como padrão as medidas obtidas no primeiro dia de análise no calculo da diferença de cor total (ΔE) como referência para as medições de cor, e foi calculada conforme Equação 5:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{Equação 3}$$

ΔL , Δa , e Δb são as diferenças entre valores de cor de cada amostra e placa de cor.

3.5 Reologia

Utilizando um reômetro Physica modelo MCR 101 (Anton Parr, Ostfildern, BadenWürttemberg, Germany), foi feita a análise para determinar a curva de escoamento da solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi a temperatura estabelecida de 40°C e mantida constante na placa inferior e após com a temperatura variando de 5°C a 80°C.

Foi utilizado a geometria placa-placa, com 50 mm de diâmetro e a taxa de deformidade alternando de 0 a 500 s⁻¹ para curva ascendente, 500 s⁻¹ a 0 para curva descendente, para exclusão de tixotropia de acordo com Silva *et al.* (2012). Uma porção de solução filmogênica foi distribuída uniformemente sobre a placa e submetida a análise, onde se obteve a média aritmética de cada ponto. Foi analisado em qual modelo matemático de escoamento de fluido que melhor se adequa a solução filmogênica sendo elas apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Modelo matemático para escoamento de fluido

Modelo	Equação
Newton	$\tau = \mu\gamma$
Ostwald-De-Waele	$\tau = K\gamma^n$
Bingham	$\tau = \tau_0 + n_\infty\gamma$
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + K\gamma^n$

Onde τ = Tensão de cisalhamento (Pa), γ = taxa de deformação (s⁻¹), μ = viscosidade, K = índice de consistência (Pa. sⁿ), n = índice de comportamento do escoamento (adimensional), τ_0 = tensão limite de escoamento (Pa) e n_∞ = viscosidade plástica (Pa. sⁿ).

Com a utilização do software Microsoft Excel (Microsoft, Washington, Redmond, USA), foi elaborada uma planilha para o cálculo do coeficiente de determinação (R²) e o cálculo do qui-quadrado (χ^2) utilizando a equação 6 de acordo com Talla (2014):

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1} (VO - VP)^2}{N - p} \quad \text{Equação 6}$$

4. RESULTADOS E DISCURSÕES

4.1. Solubilidade em água

O filme foi 100% solúvel em água, dados encontrados na literatura corroboram esse resultado. Em comparação com trabalhos que utilizaram pectina como matéria prima da solução filmogênica foi constatado que os níveis de solubilidade do filme produzido são próximos às concentrações de pectina utilizadas na solução filmogênica que resultou no filme elaborado. O trabalho de filmes como Lopes *et al.* (2017) apresentou valores de solubilidade entre 51,12 a 73,98% e Seixas *et al.* (2013) entre 32,88 e 51,98%. A concentração de pectina utilizado no trabalho de Lopes (2017) variou entre 50 e 100% de pectina e no trabalho de Seixas foi de 50%. As variações da solubilidade se dão por diversos motivos, dentre eles a concentração de glicerol, que é responsável pelo o aumento da elasticidade do biofilme produzido e redução da sua espessura agindo de maneira de que quanto maior a sua concentração, maior sua solubilidade.

Quantidade de pectina	Solubilidade	
50 e 100%	51,12 a 73,98%	Lopes I. A. <i>et al.</i> (2017)
50%.	32,88 e 51,98%	Seixas <i>et al.</i> (2013)
100%	100%	Batista (2004)

Quadro 1: Solubilidade de filmes de pectina de outros trabalhos

Outro fator de influência diretamente na solubilidade dos biofilmes é a concentração de íons de Ca⁺⁺ que promovem a reticulação das cadeias poliméricas, que nada mais é que o agrupamento de ligações moleculares organizadas gerando estruturas de maior estabilidade e, por conseguinte, de maior coesividade das cadeias formadas dado o alto nível de organização. Fazendo com que, quanto maior seja a concentração da solução reticulante, menor a solubilidade do biofilme produzido.

O trabalho que mais se aproximou dos resultados relatados foi o de Batista (2004), no qual a solubilidade do biofilme foi de 100%, para biofilmes com 100% de pectina e sem adição de glicerol como agente plastificante e utilização de solução reticulante de CaCl₂ que variaram de 0,02 a 0,16%.

Em determinados produtos a alta taxa de solubilidade de um filme pode ser um aspecto desejável. Além disto, ecologicamente é um produto muito bom pelo do fato a sua degradação pela natureza ser bastante rápida, sendo um material de baixo impacto ambiental.

4.2. Permeabilidade a vapor de Água

Conforme a Figura 9 verifica-se o ganho de peso das células de permeabilidade, utilizando a equação 2 para a media dos ensaios de PVA obtemos um valor de 1,0968 g.mm/h.m² .kPa para o experimento .. Compreende-se que o aumento de peso da célula foi linear desde o inicio dos ensaios indicando que a permeação ocorreu em regime constante onde a quantidade de água absorvida de um lado do filme foi dissolvida do lado contrário.

A permeabilidade a vapor de água (PVA) teve valores entre 0,9922 e 1,1342 g. mm / m. h. k. Pa que se comparada com valores de Lopes (2017) e Bierhalz (2012) que tiveram valores altos de permeabilidade a vapor de água, percebemos que a permeabilidade esta relacionada diretamente com a solubilidade do filme em água, Othman (2017) afirma que os filmes de polissacarídeos que tem grupos polares hidrofílicos como os filmes de pectina, interagem com as moléculas de água incitando desvios na constante de permeabilidade.

Tendo também como aspecto a ser questionado que influencia a Pva é a quantidade de matéria prima plastificante adicionada a solução filmogênica, se esse material tiver características hidrofóbicas

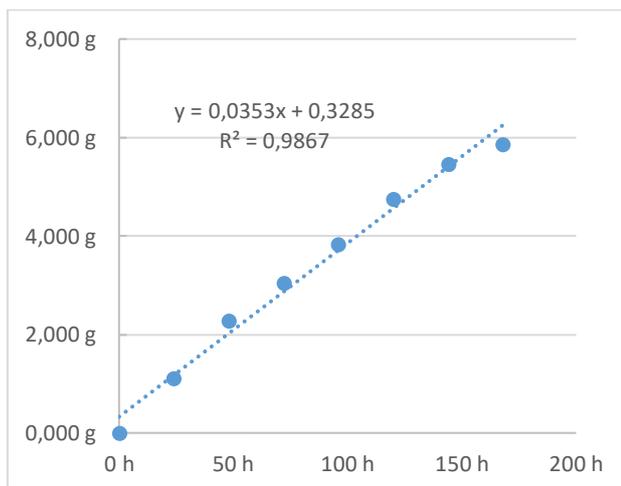


Figura 9: curva da média de ganho de peso das células de permeabilidade; onde o eixo x está em horas; e o eixo y está em gramas.

Tabela 2: Tabela de filmes

Filme	Espessura (mm)	Temperatura (°C)	Condições UR (%)	Permeabilidade (g.mm/m².h.kPa)	
Amido:acetato celulose	1,119	38	100-30	9,210	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
MC	0,075	30	11-0	0,339	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
HPC	0,075	30	11-0	0,187	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Glúten de trigo	0,050	30	100-0	0,329	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Caseinato de sódio	¾	25	100-0	1,602	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Zeína de milho	¾	26	100-50	1,479	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Proteína de soja (pH=3) 0	0,083	25	100-50	1,492	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Proteína miofibrilar	0,060	25	100-0	0,254	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Cera de abelha	0,120	25	87-0	0,00207	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Cera de carnaúba	0,100	25	100-0	0,00120	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
PEAD	0,025	38	97-0	0,00079	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
PEBD	0,025	38	95-0	0,00310	<i>Cuq et al. (1995a)</i>
Celofane	3/4	38	90-0	0,303	<i>Cuq et al. (1995a)</i>

Onde MC = metil celulose; HPC = hidroxipropil celulose; PEAD = polietileno de alta densidade; PEDB = polietileno de baixa densidade

Comparando o valor obtido de PVA com de outros materiais observamos que esse material tem um alto valor de PVA, onde sua barreira ao vapor de água é baixa. Esse valor de certa forma já era esperado por ser um material bastante solúvel em água, onde provavelmente a diminuição porosidade não aumentará a barreira de vapor de água significativamente.

4.3. Colorimetria

A partir da análise feita pelo Colorímetro HunterLab, modelo Color Flex EZ obtemos os valores médios para o eixo a* e b* respectivamente de 1,909 e 9,471 e para L de 18,72833 tendo um desvio padrão do a*, b* L de 5,857; 1,076; 2,430 respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3:Valores médio para a análise feita no Colorímetro HunterLab (modelo Color Flex EZ)

	a*	b*	L
Valores médios	1,909 ±5,857	9,471 ±1,076	18,728 ±2,430

Onde a*é a tonalidades de verde -60 a vermelho +60, b* tonalidades de azul -60 a amarelo +60 e L luminosidade.

Submetendo os dados obtido as equações 3, 4 e 5 obtemos o valor de 9,6624 para C* (cromaticidade) um ângulo de 1,3719° para h, e um valor de 21,074 para a diferença de cor total (ΔE), no qual está representado no diagrama (Tabela 4).

Tabela 4: Valores calculados de Colorimétrica

	C*	h	ΔE
Valores calculados	9,6624	1,3719°	21,074

Onde C* é cromaticidade, h o ângulo hue e ΔE a diferença total de cor.

4.4 Reologia

Foram testados quatros modelos matemáticos calculando o coeficiente de determinação (R^2) e o erro calculado qui-quadrado (χ^2). Todos os modelos apresentaram um valores de 0,9999 para R^2 como mostrado na tabela 5 .

Tabela 5: Parâmetros reológicos estimados e fatores estatísticos calculados para os modelos reológicos solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi.

Modelo	Parâmetro Estimado		Fatores Estatísticos		
Newton	μ	0,0050	R^2	0,9999	
			χ^2	0,0001	
Ostwald-De-Waele	K	0,0054	R^2	1,0000	
		n	0,9883	χ^2	0,0000
Bingham	τ_0	0,0121	R^2	1,0000	
		η_∞	0,0050	χ^2	0,0000
Herschel-Buckley	τ_0	0,0089	R^2	1,0000	
		K	0,0051		
		n	0,9961	χ^2	0,0000

Onde μ = viscosidade, K = índice de consistência (Pa. s^n), n = índice de comportamento do escoamento (adimensional), τ_0 = tensão limite de escoamento (Pa) e η_∞ = viscosidade plástica (Pa. s^n), R^2 cálculo do coeficiente de determinação e χ^2 cálculo do qui-quadrado.

De acordo com Santos *et al.* (2012), a determinação do R^2 não é capaz de determinar sozinho o melhor modelo. Sendo assim preciso necessário calcular mais coeficiente para que ocorra uma melhor definição a que modelo que melhor se adequa.

O teste de qui-quadrado, é um teste que de acordo com Costa *et al.* (2015), determina se os dados tem uma frequência significativa ou não, comparado a uma frequência desejada. Observando que quanto maior for o χ^2 maior será diferença entre os valores esperado e os valores experimentais.

Segundo Steffe, (1996) existem fluidos de tensão residual estáticas e fluido de tensão residual dinâmica. Onde a tensão residual estática é quando o fluido não sofre qualquer tipo de deformação até determinada tensão, e fluido de tensão residual dinâmica, na medida que a amostra é tensionada sofre deformação.

Como mostrado na tabela 5 a solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi obteve um valores para τ_0 próximos de zero, sendo assim valores insignificante caracterizando o fluido como um fluido de tensão residual dinâmica, e não se adequando aos modelos matemáticos de Bingham e Herschel-Buckley. Podendo ter uma melhor visualização no Figura 10 que o fluido começa a deformar a partir da tensão inicial zero.

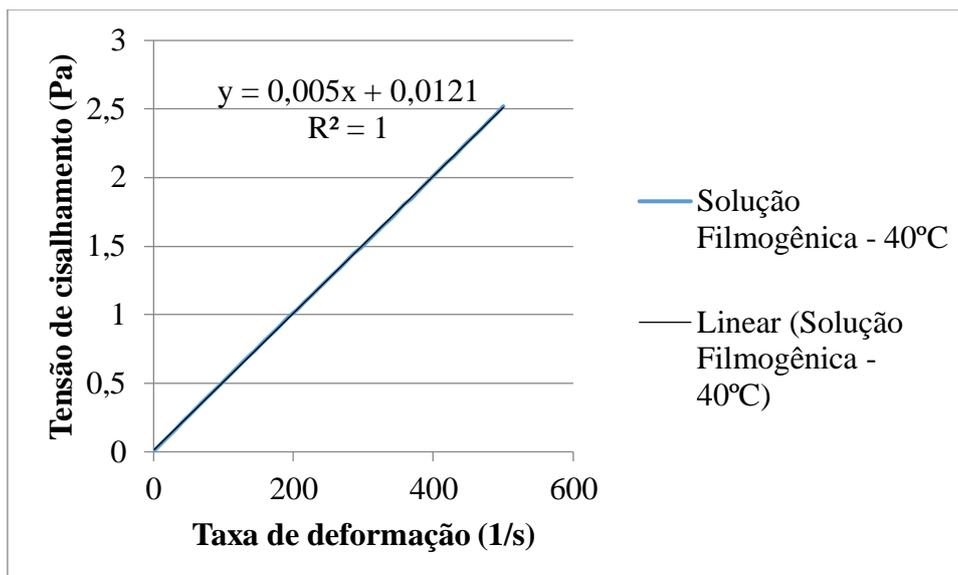


Figura 10: Curvas de escoamento solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi.

De acordo com Toneli; Murr; Park, (2005), nos fluidos de tensão residuais dinâmicas o afastamento do valor de “n” da unidade, caracteriza o fluido como um fluido não newtoniano, podendo dilatante quando $n > 1$ e ser um pseudoplástico para $n < 1$. Sendo assim para fluido de valores de “n” muito próximo a um temos fluido com características newtonianas, se adequando ao modelo matemático de Newton.

Observando a Tabela 5, vemos o valor do expoente “n” de 0,9883, que é um valor próximo a um, e visualizar no Figura 10, que a deformação da solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi perante a tensão de cisalhamento ocorre de maneira linear. Assim mostrando que a solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi se adequa melhor ao modelo matemático de Newton.

Na deformação de um fluido newtoniano, a tensão de cisalhamento é diretamente proporcional à taxa de deformação do mesmo. Sendo chamada de viscosidade newtoniana a resistência que este fluido concede ao escoamento, assim mostrado na equação de Newton na tabela 1. Não existem fluidos ideais, que sejam perfeitamente newtonianos, mas apenas fluido que seu comportamento se aproxima do newtoniano. Portanto a viscosidade de um fluido newtoniano tenderá a um valor específico (TONELI; MURR; PARK, 2005).

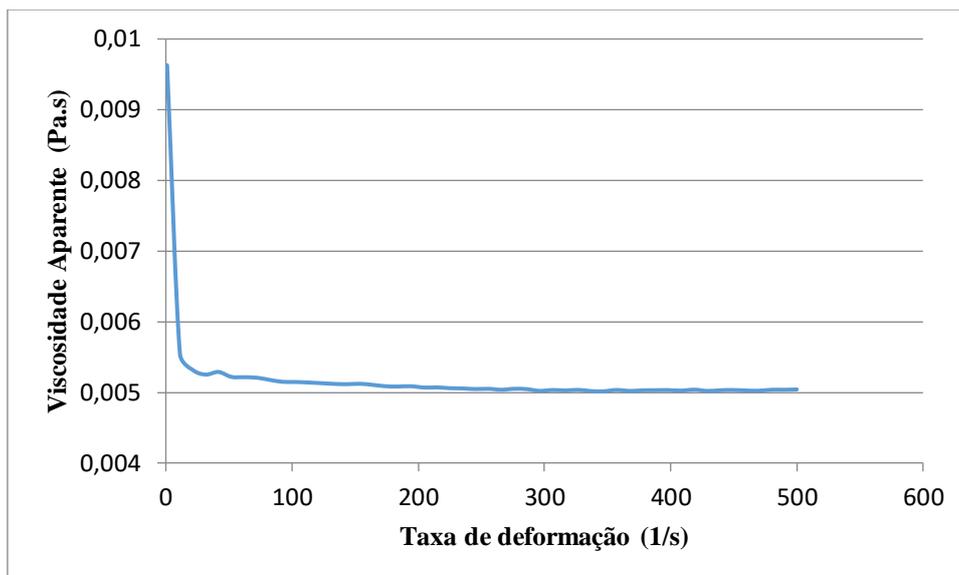


Figura 11: Curvas de viscosidade da solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi.

Como vimos no paragrafo acima que não existem fluidos perfeitamente newtonianos, temos que a viscosidade do fluido tende a um valor. Sendo que a solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi se caracteriza como um fluido newtoniano, como se pode ver na Figura 11 que o valor da viscosidade tende ao valor de 0,005 Pa.s para a temperatura de 40°C, observado também na Tabela 5.

De acordo com Gratão (2004) a temperatura promove uma elevação da mobilidade das partículas em suspensão promovendo uma diminuição na viscosidade do fluido. Podemos observar essa diminuição da viscosidade na Figura 12.

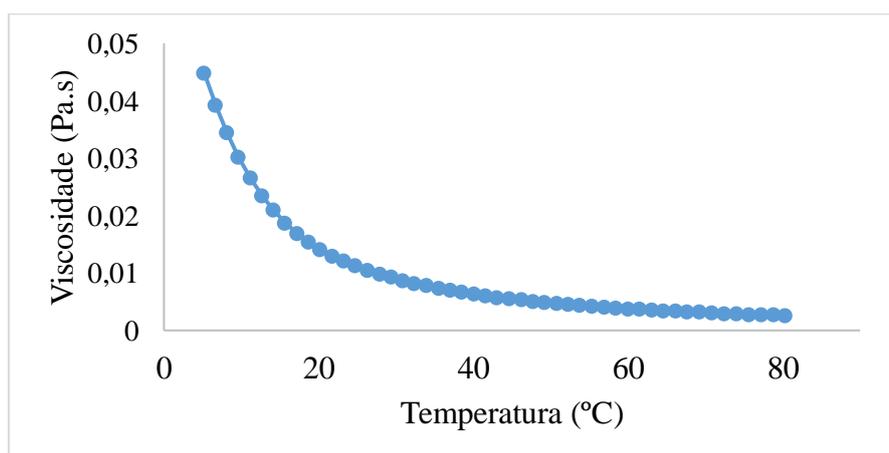


Figura 12: Curva da viscosidade em função da temperatura dada solução filmogênica de pectina elaborada do mesocarpo externo do pequi.

5. CONCLUSÃO

Os biofilmes elaborados da pectina extraída do mesocarpo externo do pequi apresentaram alta solubilidade em água e uma baixa barreira a vapor de água, logo se entende que se trata de uma embalagem destinada para produtos secos.

A partir desse estudo observa a necessidade de mais avaliação de mais características deste produto, para que possa haver uma ampliação do seu uso já que ele apresenta algumas características boas para um biofilme.

A solução filmogênica de pectina extraída do mesocarpo externo do pequi se adequou no modelo matemático de Newton, sendo considerado assim um fluido Newtoniano, tendo em visto que para esse modelo matemático obteve valores para o coeficiente de determinação (R^2) a cima de 0,99 e o parâmetro para o erro estatístico qui-quadrado apresentou valores próximo a zero. Obtendo valores para a temperatura de 40°C da viscosidade próxima a 0,005 Pa.s.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Pequi e buriti: importância alimentar à população dos cerrados. Brasília: Documentos**, p.1-38. 1994.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMPRAPA-CEPAC. 1998.
- BIERHALZ, Andréa Cristiane Krause. **Confecção e caracterização de biofilmes ativos à base de pectina BTM e pectina BTM/alginate reticulados com cálcio / Andréa Cristiane Krause Bierhalz**. --Campinas, SP: [s.n.], 2010.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 63-64p, 2003.
- BOBBIO, Paulo A.; BOBBIO, Florinda O. **Química do Processamento de Alimentos**. UNICAMP, Campinas-SP, 2001
- BORGES, J. C. - **características botânicas, aspectos nutricionais e efeitos terapêuticos do pequi (Caryocar brasiliense)**, Universidade Federal de Goiás ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL. Goiânia, 2014.
- BUIOCHIL FLAVIO; HIGUTILL RICARDO; *et al.* **Medição de viscosidade de líquidos pelo método de múltiplas reflexões acústicas com conversão de modo**. Escola Politécnica da USP,
- CAMARGO et. Al - A cultura do pequi (caryocar brasiliense camb.) na de áreas degradadas e como alternativa para a produção de biodiesel no brasil, **Journal of Agronomic Sciences, Umuarama**, v.3, n. especial, p.180-192, 2014
- CANTERI M. H. G.; MORENO L.; WOSIACKI G.; SCHEER A. P.; Pectina: da matéria-prima ao produto final; **Polímeros** vol.22 no.2 São Carlos 2012 Epub Apr 10, 2012
- CANTERI, Maria H. G. *et al.* Pectin: from raw material to the final product. **Polímeros, São Carlos**, v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012
- CAPEL, F. *et al.* Calcium and acid induced gelation of (amidated) low methoxyl pectin. **Food Hydrocolloids**. Volume 20, Issue 6, Pages 901-907, Publisher:Elsevier. August 2006.
- COELHO, Miguel Telesca. **Pectina: Características e Aplicações em Alimentos**. Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Bacharelado em Química de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.
- DOMBROSKI, J. L. D. **Estudos sobre a propagação do pequizeiro (Caryocar brasiliense Camb.)**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, p. 78,1997
- GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 39-50, 1994.

GONTARD, N. **Films et enrobages comestibles: etude et amélioration des propriétés filmogène du gluten.** Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 1991. 174p. These de Doctorat.

JESUS, L. S. **Produção de Biofilmes à partir do mesocarpo externo do Pequi (Caryocar brasiliense Camb)** Instituto Federal Goiano campus Rio Verde – GO, janeiro de 2017

KJONIKSEN, A. L., HIORTH, M., NYSTROM, B. Association under shear flow in aqueous solutions of pectin. **European Polymer Journal**, v.41, p. 761-771, 2005.

KLIEMANN, E. **Extração e caracterização da pectina da casca do maracujá amarelo (Passiflora edulis flavicarpa).** Florianópolis, 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

LIU, L., MARSHALL, L. F., HICKS, K. B. Pectin in controlled drug delivery – a review. **Cellulose**, v.4, p-15-24, 2007.

MARTINS, Y. A. A. - **Conservação pós-colheita de frutos de pimenta bode vermelha (Capsicum chinense jacq.) estocados em sistema de biofilme à base de soro de leite,** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, 2017.

MCGUIRE, R. G. **Reporting of objective color measurements.** **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1555, 1992.

OLIVEIRA, E. **Exploração de espécies nativas como uma estratégia de sustentabilidade socioambiental - o caso do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) em Goiás.** Tese de doutorado, Universidade de Brasília, UNB CDS, p. 294, 2006.

PEIXOTO, ALINE LEITE. **Qualidade do leite refrigerado e o uso de solução filmogênica de fécula de mandioca no pós-dipping em vacas leiteiras;** Dissertação para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia/Recursos Pesqueiros, 2014.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos.** 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 33 – 75p, 2007.

SANTOS, B. R.; PAIVA, R.; DOMBROSKI, J. L. D. Pequizeiro (Caryocar brasiliense Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro, 2004. **Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras**, Available at: <http://editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-64.pdf>. Accessed August, v. 10, p. 64, 2011.

SANTOS J. A. B.; SILVA G. F., Pagani a. a. c. estudo da cinética de secagem da pimenta malagueta (capsicum spp) cultivada no estado de Sergipe. **Revista GEINTEC** – ISSN: 2237-0722. São Cristóvão/SE – 2012. Vol. 2/n.5/ p.465-471.

SEIXAS, F. L.; FUKUDA, D. L.; TURBIANI, F. R. B.; GARCIA, P. S.; PETKOWICZ, C. L. O.; JAGADEVAN, S.; GIMENES, M. L. **Extraction of pectin from passion fruit peel (Passiflora edulis f. flavicarpa) by microwave-induced heating.** **Food Hydrocolloids**, v. 38,

n. 1, p. 186-192, 2014. SOUSA A. L. Modificação Química da pectina do melão caipira (Cucumis melo Var. Acidulus). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza - CE, Brasil; Quím. Nova vol.40 no.5 São Paulo June 2017.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Isotermas de dessecção das sementes de nabo forrageiro obtidas pelos métodos dinâmico e estático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 216-222, 2013.

Steeffe, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2nd edition. East Lansing -Freeman Press. 1996. 412p.

STEPHEN AM and CHURMS SC.; **Food Polysaccharides and Their Applications**, Second Edition p. 1-25, 2006.

THAKUR, B. R., SINGH, R. K., HANDA, A. K. Chemistry and uses of pectin – a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.37, p.47-73, 1997.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**. v.14, n.3, p.71-78, 2003.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.2, p.181-204, 2005.

UENOJO, M. e PASTORE, M. P. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Quim. Nova**, Vol. 30, No. 2, 388-394, 2007. Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

VERA, Rosângela *et al.* Caracterização física de frutos do pequizeiro (Caryocar brasiliense Camb) no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**, 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

WASCHECK, Roberto de Camargo *et al.* Pectina: Um carboidrato complexo e suas aplicações. **Estudos**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 343-355, maio/jun. 2008.

WONG, D.W.S. **Química de los alimentos: mecanismos y teoría**. Zaragoza: Acribia, 446p,1995.