



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

GERMANA JOYCE BEZERRA LEÔNIO

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS DE AMIDO
EXTRAÍDO DO CAROÇO DA JACA (*Artocarpus Heterophilus*) E
POLIVINILPIRROLIDONA PARA UTILIZAÇÃO COMO CURATIVO.**

**CAMPINA GRANDE – PB
2019**

GERMANA JOYCE BEZERRA LEÔNCIO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS DE AMIDO
EXTRAÍDO DO CAROÇO DA JACA (*Artocarpus Heterophilus*) E
POLIVINILPIRROLIDONA PARA UTILIZAÇÃO COMO CURATIVO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharelado em Química Industrial.

Área de concentração: Biomateriais

Orientador: Profa. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto.

CAMPINA GRANDE
2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L563d Leôncio, Germana Joyce Bezerra.
Desenvolvimento e caracterização de filmes poliméricos de amido extraído do caroço da jaca (*Artocarpus Heterophilus*) e polivinilpirrolidona para utilização como curativo [manuscrito] / Germana Joyce Bezerra Leoncio. - 2019.
56 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto , Departamento de Química - CCT."
1. Biomateriais. 2. Biopolímeros. 3. Tratamento de feridas.
I. Título

21. ed. CDD 660.6

GERMANA JOYCE BEZERRA LEÔNIO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS DE AMIDO
EXTRAÍDO DO CAROÇO DA JACA (*Artocarpus Heterophyllus*) E
POLIVINILPIRROLIDONA PARA UTILIZAÇÃO COMO CURATIVO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharelado em Química Industrial.

Área de concentração: Biomateriais

Aprovada em: 06/10/2019.

BANCA EXAMINADORA

Maria Roberta de Oliveira Pinto

Profa. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
DQ/UEPB

Edilane Laranjeira Pimentel

Profa. Dra. Edilane Laranjeira Pimentel (Examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
DQ/UEPB

Márcia Ramos Luiz

Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz (Examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
DESA/UEPB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a **Deus** por iluminar sempre meu caminhar, por ter me dado forças nos momentos em que pensei não conseguir, por nunca ter me desamparado, por ser o meu maior refúgio e por ter me dado oportunidade e capacidade de concluir essa jornada. A Ele toda honra e toda glória.

A minha mãe **Geralda Bezerra** por ser minha base, meu aconchego, meu exemplo de vida, por ter lutado pra que eu conseguisse chegar até aqui e por todo amor, carinho, preocupação e dedicação. Ao meu noivo **Maurício Tavares** por todo incentivo, pela compreensão, pelas contribuições ao meu conhecimento, por sempre ter me apoiado, pelo amor e carinho, pelas palavras de força nos dias difíceis e por sempre ter acreditado em mim. A minha Tia **Djanira Chaves**, meu Pai de coração **Sandro Frasão** e aos demais familiares, por todo carinho, amor, preocupação e incentivo.

Ao meu avô **Pedro Florêncio** (*in memoriam*) e ao meu sogro **Leopoldo Maurício** (*in memoriam*), que foram pessoas muito especiais em minha vida. Embora fisicamente ausentes, sentia sua presença ao meu lado, dando-me força.

A minha amiga/irmã **Helen Kaysa** por ter sido sempre tão presente em minha vida, pelos conselhos, pelo carinho, incentivo, pelas risadas, por sempre ter me escutado e me apoiado. A minha duplinha e amiga que o curso me deu, **Mayara Larissa**, e que quero levar por toda vida, por todo apoio, por ser um grande exemplo pra mim, pelos conselhos, pela amizade, por ser luz em minha vida e por todo carinho. A minha amiga **Monaliza Layse**, muito obrigada pela amizade, por compartilhar tantos momentos comigo, pelo apoio, carinho, incentivo, pelos conselhos, por sempre ter me apoiado e pelas vibrações com minhas conquistas. A **Igor Maciel**, por ter se tornado um grande amigo com quem sempre pude contar, pelas parcerias nos estudos, na pesquisa e no estágio, pela troca de conhecimento, pelos conselhos e pelo carinho. À **Seu Noé**, por ter tornado meus dias na Universidade mais leves e alegres com sua simplicidade e sua generosidade, pelo carinho e por ter me ensinado muito sobre a vida durante esse tempo.

Aos meus colegas do grupo “Os 7 monstros”, **Mayara, Igor, Vitor, Bruno, Heloyza e Sayonara**, pelos conhecimentos compartilhados, pelos momentos de muita risada, estudo, desabafo pré e pós-provas e pelo apoio.

A minha orientadora, Prof. Dra. **Maria Roberta**, por ter me recebido e acreditado em mim. Quero expressar o meu reconhecimento e admiração pela sua competência profissional e minha gratidão pela sua amizade, por ser uma profissional extremamente qualificada e pela forma humana que conduziu minha orientação. Obrigada pela oportunidade, confiança e por ouvir pacientemente minhas considerações, partilhando comigo suas ideias, conhecimento, experiência e ensinamentos que sempre levarei comigo.

As professoras Dra. **Edilane Laranjeira** e Dra. **Márcia Ramos** por terem aceitado com tanto carinho participar da banca examinadora. Quero expressar minha gratidão pelas contribuições, sugestões e por toda colaboração durante minha vida acadêmica. Tenho grande admiração pelas professoras e pessoas que vocês são.

Aos pesquisadores do CERTBIO Dr. **Solomon Amoah**, Ms. **Pedro Queiroz**, Ms. **Kleilton Oliveira** e **Filipe Bacalhau** pelas valiosas contribuições.

Ao laboratório **CERTBIO**, e seus gestores, por ter me acolhido tão bem e pela disponibilização de toda estrutura necessário para o desenvolvimento desta pesquisa.

A **Universidade Estadual da Paraíba** e seus profissionais que contribuíram para minha formação.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para essa conquista, meu muito obrigado!

“Dar o melhor de si é mais importante que ser o melhor”.

(Mike Lerner)

RESUMO

O desenvolvimento de biomateriais à base de biopolímeros, como o amido, têm sido alvo de muitas pesquisas que visam reduzir problemas ambientais, dando o destino adequado e agregando valor a resíduos que são comumente descartados pela agroindústria, a exemplo da semente de jaca que possui um alto teor de amido, apresentando grande potencial para utilização como matéria prima amilácea na obtenção de biomateriais com propriedades bactericidas e fungicidas, podendo ser aplicado em várias áreas, inclusive na biomedicina. Estas propriedades podem ser potencializadas com a adição do Polivinilpirrolidona (PVP), ampliando as limitações de aplicabilidade do amido. Mediante os benefícios do amido de jaca e do PVP, este trabalho tem como objetivo desenvolver e caracterizar filmes poliméricos à base de amido extraído do caroço de jaca com PVP. Os filmes foram confeccionados utilizando a técnica de *casting* e caracterizados por Espessura, FTIR, Ensaio Mecânico, DSC e Intumescimento. Os resultados da espessura demonstraram que os filmes estão dentro da faixa para serem usados como curativo. O FTIR revelou que o filme com PVP apresentou um aumento na intensidade da banda de absorção referente às ligações de hidroxila, sugerindo uma interação entre o amido e o PVP. As propriedades mecânicas mostraram que os filmes que tiveram adição de PVP, apresentaram boa resistência e uma boa elasticidade. O DSC evidenciou que os filmes sem PVP apresentaram uma maior resistência térmica. A adição do PVP aumentou consideravelmente o percentual de intumescimento dos filmes. Assim, os filmes produzidos à base de amido de jaca com PVP apresentaram propriedades físicas e funcionais que os tornam favoráveis para serem empregados em possíveis aplicações, como curativo, para liberação controlada de fármacos ou antimicrobianos, expondo uma alternativa de renovação de baixo custo, uma vez que os curativos atualmente encontrados no mercado são demasiadamente caros.

Palavras-Chave: Biomateriais. Biopolímeros. Tratamento de feridas.

ABSTRACT

The development of biopolymer-based biomaterials, such as starch, has been the subject of much research aimed at reducing environmental problems, giving proper destination and adding value to waste that is commonly discarded by the agro-industry, such as jackfruit seed that has a high starch content, presenting great potential for use as a starchy raw material to obtain biomaterials with bactericidal and fungicidal properties, and can be applied in various areas, including biomedicine. These properties can be enhanced with the addition of Polyvinylpyrrolidone (PVP), increasing the limitations of starch applicability. Through the benefits of jackfruit starch and PVP, this work aims to develop and characterize starch-based polymeric films extracted from jackfruit core with PVP. The films were made using the casting technique and characterized by Thickness, FTIR, Mechanical Assays, DSC and Swelling. The thickness results demonstrated that the films are within range for use as a dressing. The FTIR revealed that the PVP film showed an increase in the absorption band intensity related to hydroxyl bonds, suggesting an interaction between starch and PVP. The mechanical properties showed that the films that had PVP addition had good strength and good elasticity. The DSC showed that films without PVP had a higher thermal resistance. The addition of PVP considerably increased the swelling percentage of the films. Thus, films made from jackpea starch based on PVP showed physical and functional properties that make them favorable to be used in possible applications, such as dressing, for controlled drug or antimicrobial release, exposing a low cost renewal alternative. Since the dressings currently on the market are too expensive.

Keywords: Biomaterials. Biopolymers. Wound care.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química da amilose (A) e amilopectina (B).....	20
Figura 2 – Fruto da Jaqueira (A) e a Semente de Jaca (B).....	22
Figura 3 – Estrutura química da glicerina.....	24
Figura 4 – Representação da estrutura e ressonância de parte da cadeia do PVP.....	25
Figura 5 – Semente de jaca.....	26
Figura 6 – Glicerina.....	27
Figura 7 – Polivinilpirrolidona.....	27
Figura 8 – Etapas realizadas para obtenção dos filmes.....	28
Figura 9 – Suspensão de amido.....	29
Figura10 – Fluxograma da extração do amido do caroço de jaca.....	29
Figura11 – Aquecimento e agitação constante.....	31
Figura12 – Secagem da solução filmogênica.....	31
Figura13 – (A) Paquímetro digital; (B) medição da espessura.....	32
Figura14 – Amido extraído do caroço de jaca.....	34
Figura15 – Filme de amido extraído do caroço de jaca.....	35
Figura16 – Erro normalizado e tendência.....	37
Figura17 – (A) Filmes com 10% e (B) 15% de PVP.....	38
Figura18 – (A) Filme de amido com 10% e (B) 15% de PVP.....	38
Figura19 – Absorbância do filme de amido em FTIR.....	40
Figura20 – Espectro de FTIR do filme de amido com adição de PVP.....	41
Figura21 – Sobreposição dos espectros do filme de amido e amido + PVP.....	42
Figura22 – Termograma de DSC para amido de jaca sem PVP.....	44
Figura23 – Termograma de DSC para amido de jaca com PVP.....	45
Figura24 – Intumescimento dos filmes de jaca sem PVP.....	46
Figura25 – Intumescimento dos filmes de jaca com PVP.....	46
Figura26 – (A) Filme de amido sem PVP e (B) com PVP.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do ensaio de Tração dos filmes de amido com glicerina.....	36
Tabela 2 – Estudo de comparação do teor de amido com o teor de plastificante.....	37
Tabela 3 – Média das espessuras dos filmes de amido puro, com 10 e 15% de PVP.....	39
Tabela 4 – Propriedades mecânicas dos filmes de amido puro e com PVP.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>I</i>	Intumescimento
PBS	Solução Tampão Fosfato
Ps	Peso seco
Pu	Peso úmido
PVP	Polivinilpirrolidona

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Curativo	14
2.2	Biomateriais	15
2.2.1	<i>Filmes biodegradáveis</i>	16
2.3	Biopolímeros	17
2.3.1	<i>Amido</i>	18
2.4	Semente de Jaca	21
2.5	Plastificante	22
2.6	Polivinilpirrolidona (PVP)	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	Matéria-prima	26
3.1.1	<i>Semente de jaca (Artocarpus heterophilus)</i>	26
3.1.2	<i>Glicerina</i>	26
3.1.3	<i>Polivinilpirrolidona (PVP)</i>	27
3.1.4	<i>Ácido Acético</i>	28
3.1.5	<i>Hidróxido de Amônio</i>	28
3.1.6	<i>Solução Tampão Fosfato</i>	28
3.1.7	<i>Solução Fisiológica</i>	28
3.2	Metodologia	28
3.2.1	<i>Extração do amido da semente de jaca (Artocarpus heterophilus)</i>	29
3.2.2	<i>Estudo da influência do percentual de amido e do teor de plastificante na confecção dos filmes</i>	30
3.2.3	<i>Preparação dos filmes com adição do Polivinilpirrolidona (PVP)</i>	31
3.2.4	Caracterização dos filmes	32
3.2.4.1	<i>Espessura</i>	32
3.2.4.2	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	32
3.2.4.3	<i>Ensaio Mecânicos</i>	33
3.2.4.4	<i>Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)</i>	33
3.2.4.5	<i>Intumescimento</i>	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Amido	34
4.2	Filme	34
4.3	Estudo estatístico da influência do percentual de amido e do teor de plastificante na confecção dos filmes	35
4.4	Filme de amido de jaca com Polivinilpirrolidona (PVP)	38
4.5	Caracterização dos filmes	39
4.5.1	<i>Espessura</i>	39

4.5.2	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	40
4.5.3	<i>Ensaio mecânicos</i>	42
4.5.4	<i>Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)</i>	43
4.5.5	<i>Intumescimento</i>	45
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O mercado relacionado à área de biomateriais tem crescido significativamente tanto do ponto de vista do número de unidades comercializadas anualmente quanto da movimentação financeira (PIRES, 2015). Esse mesmo crescimento também tem sido observado quanto ao interesse por novas fontes de amidos naturais, os chamados biopolímeros, que podem ser usados na indústria, tanto de alimentos quanto de biomateriais (BARRETO, 2014).

Uma das diversas áreas em que os estudos sobre a aplicação dos biopolímeros, a exemplo do amido natural, vêm ganhando um enfoque especial é a da medicina regenerativa, principalmente quanto ao tratamento de feridas, visando desenvolver materiais alternativos com baixa toxicidade e que apresentem eficiência no reparo de tecidos (SOUZA, 2018).

Muitos biopolímeros estão sendo aplicados como materiais para a engenharia de tecidos, que visa desenvolver materiais substitutos para os tecidos vivos que possam restaurar ou melhorar tecidos lesionados (HUTMANCHER, 2000). Entre eles estão os polímeros naturais como o alginato, a gelatina, o colágeno, a quitosana, o amido, entre outros, e alguns polímeros sintéticos (FERNANDES *et al.*, 2019).

Uma das possibilidades de extração de polímero natural é através da semente de jaca, considerada uma fonte não convencional de amido, além de ser um resíduo agroindustrial muitas vezes não aproveitado, ainda apresenta grande potencial para uso como matéria-prima amilácea, tendo em vista uma grande quantidade de amido, apresentando bom rendimento na extração. De forma que, o aproveitamento do amido da semente de jaca também significa uma valorização deste resíduo, aumentando a viabilidade deste tipo de cultura (ASCHERI, 1987; LORETO, 2017; SILVA *et al.*, 2007).

Outro polímero – nesse caso, sintético – que vem sendo utilizado em diversos tipos de materiais é o Polivívilpirrolidona (PVP), que segundo UNESP (2019) apresenta boa adesão, baixa toxicidade química e alta higroscopicidade. O PVP incorporado ao amido e ao agente plastificante na formulação de uma solução filmogênica pode melhorar significativamente as propriedades biofuncionais do filme de amido de jaca.

Mediante os benefícios do amido do caroço de jaca e do PVP, o presente trabalho visa desenvolver e caracterizar filmes poliméricos à base de amido de jaca com e sem adição do Polivinilpirrolidona para aplicação na área biomédica como uma nova opção, de baixo custo, de curativo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Curativo

As queimaduras, juntamente com os traumas por choque, estão entre as maiores causas de danificação cutânea, ocorrendo a partir de agentes térmicos, químicos, elétricos, biológicos ou radioativos que agem no tecido de revestimento do corpo humano, destruindo parcial ou totalmente a pele e seus anexos (SAMUEL *et al.*, 2011).

Não é de hoje que o estudo e tratamento de feridas vêm sendo realizado. Desde o antigo Egito, as bordas da ferida limpa eram unidas com fita adesiva ou pontos e um pedaço de carne era colocado sobre a lesão. Pomadas à base de camomila e mel também eram utilizadas e suas propriedades antibacterianas e anti-sépticas foram mais tarde elucidadas. Desta forma, curativos e unguentos ou pomadas vêm sendo utilizados com sucesso ao longo da história (GANTWERKER, 2012; PIRES 2013).

O curativo é o método clínico mais frequentemente utilizado no tratamento de queimaduras e feridas para auxiliar a reparação do tecido lesionado. Dentre as substâncias e coberturas atualmente utilizadas nos curativos de queimaduras, pode-se citar a sulfadiazina de prata, materiais substitutivos de pele, oxigenoterapia hiperbárica e coberturas impregnadas com prata (SILVA e TAVARES, 2015).

Por definição, curativo ou cobertura é um meio terapêutico que consiste na limpeza e aplicação de material sobre uma ferida para sua proteção, absorção e drenagem, com o objetivo de melhorar as condições do leito da ferida e auxiliar em sua resolução (SMANIOTTO *et al.*, 2012).

Com relação à classificação, os curativos podem ser categorizados em:

Curativos Primários: Colocado diretamente sobre a ferida;

Curativos Secundários: Colocados sobre o curativo primário.

Ainda podem ser especificados de acordo com a natureza e o tamanho da ferida, sendo esta última especificação dividida em:

Curativo Pequeno: Aquele que é realizado em ferida pequena, com aproximadamente 16 cm². (ex: cateteres venosos e arteriais, cicatrização de coto umbilical, pequenas incisões, traqueotomia, etc.).

Curativo Médio: Aquele que é realizado em ferida média, variando de 16,5 a 36 cm². (ex: Cesáreas infectadas, lesões cutâneas, escaras infectadas, incisões de dreno, etc.).

Curativo Grande: Aquele que é realizado em ferida grande, variando de 36,5 a 80 cm². (ex: Incisões contaminadas, grandes cirurgias – incisões extensas (cirurgia torácica, cardíaca), queimaduras (área e grau), toracotomia com drenagem, úlceras infectadas, etc.)

Curativo Extra Grande: Aquele realizado em ferida grande, com mais de 80 cm². Todas as ocorrências de curativos extragrandes deverão obrigatoriamente constar de justificativa médica (PORTAL EDUCAÇÃO, 2019).

Um curativo ideal deve proteger a ferida, prevenir a infecção, promover a cicatrização, deve agir como uma barreira para os microrganismos, remover o excesso de exsudato, devendo ser não tóxico, não alergênico e propiciar um microambiente ótimo para a cura (JAYAKUMAR *et al.*; SINGH e CHACHARKAR, 2011).

2.2 Biomateriais

Biomaterial é definido como qualquer substância ou combinação de substâncias, naturais ou não, que não sejam drogas ou fármacos, que interagem com sistemas biológicos, que tratam, aumentam ou substituem quaisquer tecidos, órgãos ou funções do corpo (VON RECUM e LABERGE, 1995).

Somente no final do século XIX os biomateriais tiveram a utilização segura colocada em prática, quando houve o avanço de técnicas cirúrgicas assépticas. Após a segunda guerra mundial, muitos polímeros foram liberados para o público e adotados para aplicações médicas. Desde então, vários desses Biomateriais têm sido investigados tornando, assim, sua aplicação relevante para a indústria médica, especialmente para produção de curativos modernos (CARNEIRO *et al.*, 2018).

Independentemente da sua composição ou aplicação, os materiais utilizados para o reparo do corpo devem atender requisitos quanto à biofuncionalidade e à biocompatibilidade. A biofuncionalidade está associada à capacidade do material de executar o propósito para o qual foi designado, está relacionada com as propriedades mecânicas, químicas, físicas e biológicas que permitem o desempenho de sua função. Já a biocompatibilidade é definida como a capacidade de um material de proporcionar uma resposta adequada ao hospedeiro em uma aplicação específica, ou seja, o material não pode ser afetado pelo meio fisiológico e o organismo não pode sofrer danos pela presença desse material (BARRÈRE *et al.*, 2008; PIRES, 2013).

Os biomateriais representam uma fração dos produtos utilizados na área de saúde, estimados em aproximadamente 300 mil há cerca de 10 anos. Dentre eles, podem ser

exemplificados os dispositivos biomédicos (como biossensores, tubos de circulação sanguínea, sistemas de hemodiálise), materiais implantáveis (como suturas, placas, substitutos ósseos, tendões, telas ou malhas, válvulas cardíacas, lentes, dentes), dispositivos para a liberação de medicamentos (na forma de filmes, implantes subdérmicos e partículas), órgãos artificiais (como coração, rim, fígado, pâncreas, pulmões, pele) e curativos, dentre muitos outros (BIERHALZ *et al.*, 2015).

O processo até a análise do produto final é constituído de diversas etapas. O procedimento para a obtenção do biomaterial se inicia com a identificação da necessidade do biomaterial para uma dada aplicação, que pode ser desde o tratamento de uma doença, substituição de um órgão ou regeneração de tecido até a cicatrização.

Nessa perspectiva, destacam-se propriedades biológicas, como a biocompatibilidade, citotoxicidade, alergenicidade, estimulação de adesão e proliferação celular e as propriedades físicas, como morfologia da superfície, energia superficial, encaixe anatômico, rugosidade, porosidade, cor, transparência e permeabilidade, propriedades mecânicas como tensão de ruptura, alongamento e flexibilidade, e propriedades químicas, como densidade, estabilidade, resistência à esterilização e forma de degradação quando em contato com o organismo. (CARNEIRO *et al.*, 2018).

2.2.1 Filmes biodegradáveis

Em casos de traumas provocados por queimaduras, por exemplo, a solução consagrada pela cirurgia plástica é a enxertia de pele autógena, porém nem sempre há disposição de uma área doadora cutânea, o que desperta o interesse por materiais sintéticos ou biológicos que possam ser utilizados como substitutos cutâneos (FERREIRA *et al.*, 2011).

Dentre os diversos materiais utilizados como substitutos, destacam-se os materiais poliméricos, a exemplo dos filmes biodegradáveis, que, além de atuar na reparação do tecido lesionado também realiza a liberação controlada de fármacos. A utilização dessa técnica está sendo aprimorada ao longo dos anos e vem obtendo resultados promissores, devido sua atividade local e sua habilidade em manter a constância nos perfis de liberação controlada de fármacos (INNOCENTINI- MEI e MARIANI, 2005).

De acordo com Henrique (2008) filme biodegradável é um biofilme preparado a partir de materiais biológicos, que age como uma barreira a elementos externos, consequentemente, protegendo a pele lesionada do paciente contra ataques bacterianos que culminaria em uma infecção daquela região atingida.

Os filmes biodegradáveis confeccionados à base de biopolímeros, isto é, polímeros naturais, como o amido, além de terem as funções citadas anteriormente também apresentam propriedades de biocompatibilidade, ou seja, não causam reações adversas, tóxicas ou carcinogênicas ao paciente, e biodegradabilidade. Tais propriedades apresentadas por esse tipo de filme se tornam um estímulo para a busca, produção e melhoramento desses biomateriais.

A obtenção dos filmes biodegradáveis está baseada na dispersão ou solubilização dos biopolímeros em um solvente (água, etanol ou ácidos orgânicos) e acréscimo de aditivos (plastificantes ou agentes de liga) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica. Após o preparo, estas coberturas devem passar por uma operação de secagem para a formação dos filmes tipo *casting* (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1992).

A técnica de “*casting*” é um procedimento bastante difundido na formação de biopolímeros. Este processo consiste na solubilização da macromolécula em um solvente, a aplicação desta solução filmogênica sobre um suporte e posterior evaporação do solvente (SANTANA, 2013).

2.3 Biopolímeros

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias primas de fontes renováveis, como: milho, semente de fruta, cana-de-açúcar, celulose, quitina, e outras. As fontes renováveis são conhecidas desta forma por terem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis as quais levam milhares de anos para se formar (BRITO *et al.*, 2011).

Há muito tempo, os polímeros naturais servem de base para a medicina popular, pois, muitos medicamentos foram sintetizados devido ao uso desses recursos naturais, o que varia de acordo com as reservas locais de cada comunidade (FARIAS, 2016). Estes polímeros, também conhecidos como biopolímeros, podem ser classificados da seguinte forma: renováveis, isto é, que são os extraídos diretamente da biomassa como amido, celulose, gelatina, caseína e outros; polímeros que são produzidos pela síntese de microorganismos ou bactérias modificadas geneticamente (polihidroxicanoatos – PHAs, polihidroxibutirato – PHB, etc.); polímeros produzidos por síntese química clássica usando monômeros de fonte renovável, como políácido lático – PLA e biopoliéster polimerizado a partir de ácido lático e monômero, que podem ser desenvolvidos pela fermentação de carboidratos (GABOARDI, 2007).

Os biopolímeros provenientes da biomassa podem ser divididos em três classes gerais: hidrocoloidais representados por proteínas (gelatina, zeína, glúten) e os polissacarídeos (celulose e derivados, amidos e derivados, gomas e outros); lipídicos constituídos por ceras, lipídios e derivados; e compostos (que apresentam componentes tanto dos lipídicos como dos hidrocoloidais) (MATHLOUTHI, 1994; BALDWIN, 1995).

O grande potencial da biodiversidade brasileira estimula o desenvolvimento de produtos inovadores (MEDEIROS *et al.*, 2016), o que leva a importância de explorar o uso de semente de fruta como matéria prima amilácea, pelos seus efeitos bactericidas e fungicidas, neste trabalho.

Um dos biopolímeros mais utilizados para compor materiais biodegradáveis é o amido. Essa utilização se justifica pelo problema do desperdício de resíduos agroindustriais e possíveis danos que estes venham a acarretar ao meio ambiente agregados ao potencial que eles apresentam como a biodegradabilidade, baixo custo e disponibilidade. Os tipos de amido utilizados para este fim podem ser os naturais, obtidos de diversas fontes vegetais, ou os modificados (HENRIQUE, 2008).

2.3.1 Amido

O amido é o polissacarídeo de armazenamento mais importante nas células vegetais, acumulado nos cloroplastos das folhas e nos amiloplastos dos órgãos de reservas, tais como, sementes, raízes, tubérculos, rizomas. Forma-se dos resíduos de glicose desenvolvidos durante o processo de fotossíntese. Essas moléculas de glicose unidas pela ação de enzimas, na presença de Adenosina Trifosfato - ATP, formam estruturas complexas, amilose e amilopectina, constituintes majoritários do amido (BASTOS, 2010).

Quanto à nomenclatura, são utilizados os termos “amido” e “fécula”. Para a legislação Brasileira amido e fécula são sinônimos, em alguns países apenas é utilizado o termo amido e logo após a sua fonte botânica (COSTA, 2016).

As propriedades dos amidos são determinadas pela estrutura química e molecular dos polímeros e pela quantidade de outros componentes do amido, que apesar de serem constituídos praticamente de carboidratos, algumas substâncias como lipídeos, proteínas, fibras e cinzas (principalmente fosforo) estão presentes em sua composição (CAVALCANTE, 2011). De modo que, a funcionalidade do amido está diretamente relacionada com a proporção entre essas moléculas e sua organização dentro dos grânulos (CEREDA *et al.*, 2002; PERONI, 2003).

Basicamente, o amido é composto por dois polímeros de glicose: a amilose (20 a 30%) e amilopectina (70 a 80% restantes do amido). Onde, a diferença apresentada entre esses polímeros é a ramificação da cadeia, mostrada pela Figura 1 (FRANCISCO JR., 2008).

A morfologia dos biopolímeros está diretamente relacionada com a relação entre a amilose e amilopectina, isto é, um alto teor de amilose proporciona a confecção de filmes mais homogêneos, enquanto que um alto teor de amilopectina resulta em aumento na tendência de separação de fases. Os biopolímeros produzidos com amido que possui maior concentração de amilose apresentam melhores propriedades de força mecânica e barreira, filmes de amilopectina são mais frágeis e quebradiços (KROGARS, 2003).

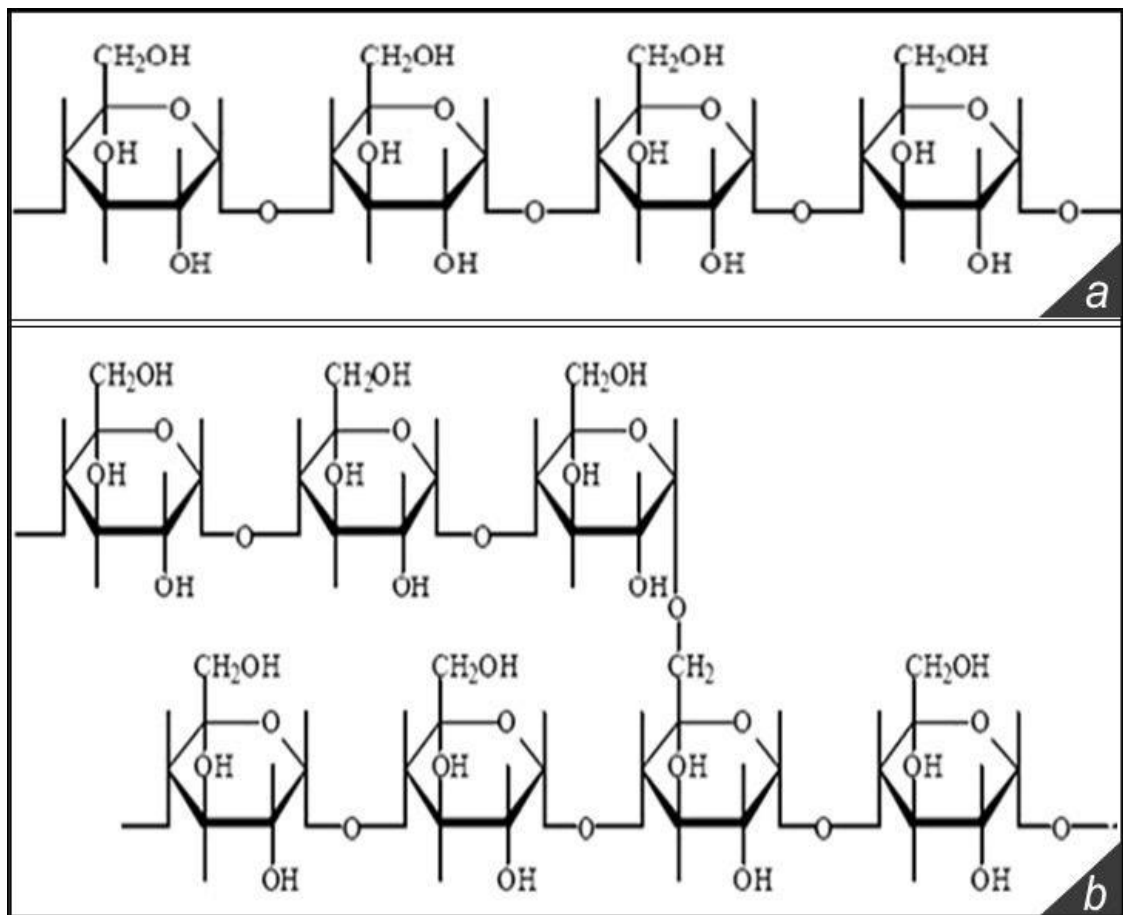
Devido a sua linearidade, as moléculas de amilose em solução tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se para que se formem ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. Deste modo favorecem a formação de filmes fortes, estáveis e flexíveis (SHIMAZU *et al.*, 2007).

Dentro do grânulo de amido, a amilose e a amilopectina encontram-se em camadas sucessivas em torno de um núcleo conferindo-lhe um caráter semicristalino (HULLEMAN *et al.*, 1999; STADING *et al.*, 2001).

A região cristalina (regiões mais ordenadas) do amido é mais densa e confere maior resistência à penetração da água e ação enzimática. Esta zona é formada pelas partes lineares das moléculas de amilopectina, que possuem estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por ligações de hidrogênio entre grupamentos hidroxila. Enquanto que a região amorfa (menos organizada) é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da amilopectina (SOUZA e ANDRADE, 2000). A zona amorfa do grânulo de amido é a região menos densa, o que os deixam mais susceptível ao ataque de enzimas, além de permitir a penetração da água entre suas camadas nas temperaturas abaixo do ponto de gelatinização (ALMEIDA, 2012; VIÉGAS, 2016).

A amilose, apresentada na Figura 1, é uma macromolécula de caráter linear constituída de uma cadeia de unidades de D-glicose unidas por meio de uma ligação α -1,4'-glicosídica. Já a amilopectina é uma macromolécula com característica ramificada e de elevada massa molar, que consiste em longas cadeias de unidades de D-glicose unidas entre a ligação α -1,4'-glicosídica, sendo esta uma molécula ramificada, com ligações cruzadas entre o carbono número 1 de uma unidade de glicose e o carbono número 6 de outra unidade (ligação α -1,6'-glicosídica), ocorrendo a cada 20 a 25 unidades de glicose (BRUICE, 2006; FRANCISCO JUNIOR; RUDNIK, 2008).

Figura 1 – Estrutura química da amilose (A) e amilopectina (B).



Fonte: SANTANA, 2013.

O amido encontra-se distribuído em diversas espécies vegetais, sendo abundante em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso seco) e frutas imaturas ou verdes (40% a 70% do peso seco) (LAJOLO e MENEZES, 2006).

A utilização do amido é uma opção promissora porque, além de ser biodegradável, derivado de fonte renovável (biopolímero), apresenta baixo custo de produção (MALI, 2002; SHIRAI, *et al.*, 2013). O uso das sementes como fonte de amido, pode ser uma opção já que as mesmas normalmente são descartadas (ASCHERI, 1987).

Oliveira e Cereda (1999) relataram que o amido quando gelatinizado possui a propriedade de formar géis, e esses quando desidratados originam películas rígidas, transparentes, brilhantes e resistentes semelhantes às películas de celulose. Sendo assim, a obtenção de filmes de material amiláceo baseia-se na gelatinização com posterior retrogradação.

2.4 Semente de Jaca

Dentre as várias alternativas de fontes de amidos naturais podem estar os frutos da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* L.), como mostra a Figura 2, pertence à família *Moraceae*, é uma planta originária da Ásia (Malásia e Índia) que se encontra difundida de forma endêmica em quase todas as regiões tropicais do mundo, por apresentar uma grande facilidade de disseminação nas regiões de clima mais quente. A jaqueira foi introduzida no Brasil pelos portugueses e aqui se adaptou muito bem (CAVALCANTE, 1991; SOUZA, 2009).

De acordo com Rahman *et al.*(1999) as variedades mais encontradas da jaqueira são: jaca-dura e jaca-mole; as sementes numerosas, até 500 unidades por fruto, são envolvidas individualmente por uma polpa (bago) amarela, visguenta, aromática, de sabor doce e de consistência mole a dura (CAVALCANTE, 1991). Sua produção concentra-se entre os meses de dezembro e abril.

O fruto da jaqueira é popular nas regiões tropicais e uma grande quantidade de subprodutos, como cascas e sementes, estão disponíveis como resíduos da agroindústria do doce (SILVA *et al.*, 2007).

As sementes frescas são consideradas ricas em amido, por isso, apresenta grande potencial para uso como matéria-prima amilácea, além de boas fontes de vitaminas do complexo B principalmente tiamina e riboflavina. Silva *et al.*, (2008), realizou a caracterização centesimal do amido da semente de jaca, e encontrou valores de umidade, cinzas, lipídeos e açúcares redutores respectivamente igual a, 5,45, 0,12, 0,35 e 76,8%.

Várias plantas exóticas possuem características desejáveis quanto ao teor de amido, porém vem sendo pouco exploradas. A espécie *Artocarpus heterophyllus* L. vem ganhando espaço, pois, o amido encontrado nas sementes dos frutos possui características cobiçáveis e pelo fato de a espécie poder ser comumente encontrada em várias regiões brasileiras. (SANTANA, 2013). As sementes da jaca, ilustrada pela da Figura 2, também apresentam resultados satisfatórios em relação ao rendimento e baixa concentração de material secundário (ASCHERI, 1987). Assim, surge a necessidade de estudar a utilização do amido dessa espécie vegetal no desenvolvimento de filmes a ser destinada a área biomédica.

A utilização do amido extraído da semente da jaca justifica-se pelo problema do desperdício de resíduos agroindustriais e pelo potencial que eles apresentam como a biodegradabilidade, resultando em grande atrativo científico na área dos biomateriais, buscando-se simplificação tecnológica e absorção desse valioso insumo atualmente descartado. Na área de saúde o problema apesar de ser, relativamente recente, tem crescido

em virtude do progressivo aumento da expectativa de vida das pessoas e da possibilidade de intervenção em problemas congênitos ou traumas. Assim, o avanço impelido pela necessidade do desenvolvimento pode ser sustentável, à medida que se buscam novas fontes de matéria-prima a partir de recursos renováveis.

Figura 2 – Fruto da Jaqueira (A) e a Semente de Jaca (B).



Fonte: Benefícios da semente de jaca para a saúde (2018).

2.5 Plastificante

O plastificante é uma molécula pequena, de baixa volatilidade e de natureza química similar a do polímero usado na constituição do filme (SWAIN et al., 2004).

A incorporação de um agente plastificante é necessária para superar a fragilidade dos filmes poliméricos à base de amido, que ficam quebradiços devido às extensivas forças intermoleculares. Os plastificantes reduzem essas forças, suavizam a rigidez da estrutura do filme e aumentam a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, melhorando as propriedades mecânicas do filme (DIAS, 2008).

Quando o amido é solubilizado em água fria, no máximo 30% de água consegue penetrar nas regiões amorfas do grânulo, sem alterar as micelas (zonas cristalinas). Porém, quando o amido é aquecido na presença de um plastificante em excesso (água), as moléculas do amido começam a vibrar intensamente, resultando na quebra das ligações de hidrogênio

intermoleculares que conduzem a perda da cristalinidade decorrente da entrada de água nas regiões micelares, fragmentação dos grânulos de amido, e despolimerização parcial das moléculas de amido. Mediante o aquecimento contínuo na presença de água, resulta em perda total das zonas cristalinas, a birrefringência desaparece e o amido se torna transparente (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007; TAGHIZADEH et al., 2012).

De acordo com Veiga-Santos et al., (2005), a água também é considerada um plastificante em filmes hidrofílicos, obtendo-se filmes com alto brilho. A água é adicionada a formulação, pois possibilita o inchamento do grânulo e permite a desnaturação do mesmo, através da quebra de ligações de hidrogênio entre as cadeias, além de atuar como um plastificante. Apesar disso, é necessária a introdução de outro agente plastificante, que consiste em substâncias de baixo peso molecular que são incorporadas durante o processamento de plásticos, para tornar os filmes mais flexíveis e facilitar o seu processamento.

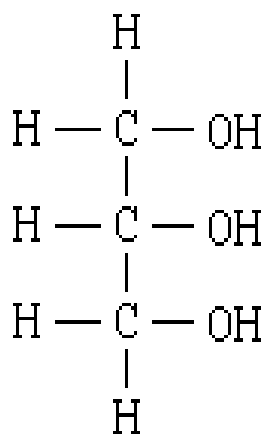
Sem a adição de plastificantes, os filmes de amido são altamente frágeis, provocando a evaporação (exsudação) da água, e quebradiços quando em condições ambientes (ZHANG e HAN, 2006).

Quando um plastificante é acrescentado ao polímero, as moléculas do plastificante começam a penetrar na matriz polimérica, modificando seu arranjo. Se o plastificante é compatível com a matriz, ele se difunde entre as macromoléculas do polímero, aumentando a mobilidade entre as cadeias (RABELO, 2000).

Os agentes plastificantes são responsáveis por reduzir as forças intermoleculares, ao acoplar-se entre as cadeias da rede polimérica, ou seja, eles atuam basicamente diminuindo a intensidade de ligação entre as moléculas do polímero, ligações conhecidas como força de Van der Waals, que conferem rigidez extremamente alta a alguns polímeros. O plastificante diminui estas forças, reduzindo a atração intermolecular e por consequência aumentando a flexibilidade da cadeia polimérica, com diminuição de possíveis descontinuidades e zonas quebradiças, provocando interferências nas condições de processamento e propriedades do produto final (BOLETIM TÉCNICO, 2002). Além disso, propiciam a transição do material de um estado vítreo, caracterizado por uma menor mobilidade molecular entre as cadeias do polímero e por uma maior rigidez, para um estado borrachento ou gomoso, de maior mobilidade molecular e, consequentemente, maior flexibilidade (MALI *et al.*, 2006).

Nesse contexto, um dos plastificantes mais utilizados na produção de filmes com amido é a glicerina, mostrada na Figura 3, devido seu bom desempenho como aditivo em filmes.

Figura 3 – Estrutura química da glicerina



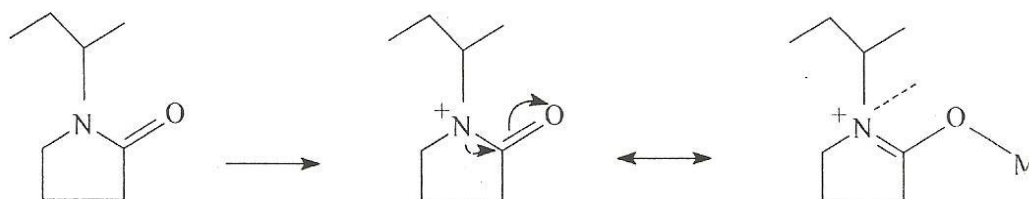
Fonte: LORENA, (2011).

Glicerina ou glicerol é um líquido claro, viscoso e incolor, de paladar adocicado e higroscópico à temperatura ambiente. O termo glicerol aplica-se somente ao composto puro 1,2,3-propanotriol, enquanto que o termo glicerina aplica-se aos produtos comerciais purificados que normalmente contêm quantidades maiores ou iguais a 95% de glicerol. Vários tipos de glicerina estão disponíveis comercialmente. Eles diferem um pouco em seu conteúdo de glicerol e em outras características como cor, odor e teor de impurezas (KNOTHE *et al.*, 2006).

2.6 Polivinilpirrolidona (PVP)

O Polivinilpirrolidona (PVP), comercialmente conhecido como Povidone, é um polímero sintético, formulado a partir de formaldeído e acetileno (LITTER, 1964). O PVP é caracterizado como amorfo e solúvel em água e em solventes orgânicos, capaz de formar complexos estáveis com polímeros e surfactantes. Esse polímero contém um anel lactama “pendurado” que é uma parte da unidade monomérica de repetição. A alta polaridade do anel pode ser atribuída a forte estabilização de ressonância, como observado pela Figura 4, facilitada pela geometria quase planar do anel (PARZIANELLO, 2012; RODRIGUEZ, 2009).

Figura 4 – Representação da estrutura e ressonância de parte da cadeia do PVP.



Fonte: TOKMAN *et al.*, (2004).

Devido a sua estrutura constituída de um grupo polar imida e grupos não polares metileno e metil, o PVP tem um caráter anfílico. Sua estrutura possibilita a formação de complexos macromoleculares com uma variedade de compostos, através de ligação de hidrogênio, e em certos casos, outras forças como as forças polares e interações hidrofóbicas podem ser responsáveis pela forte habilidade de complexação do PVP (RODRIGUEZ, 2009).

O polivinilpirrolidona é bastante utilizado em diversos tipos de materiais, embora sua atuação seja sempre associada a outros sistemas poliméricos, materiais biofuncionais ou cerâmicos. Este polímero apresenta boa adesão e propriedades de complexação, baixa toxicidade química, alta higroscopicidade – podendo reter até mais de 0,5 mols de água por unidade monomérica –, excelente compatibilidade físico-química, alto valor de temperatura de transição vítrea (T_g) por causa de seu grupo rígido pirrolidona, biocompatibilidade e boa solubilidade em água e vários solventes orgânicos (UNESP, 2019).

De acordo com Silveira (1993) o polivinilpirrolidona é muito inerte em reações fisiológicas, só é letal se ingerido em grande quantidade, como por exemplo, para o grau K30 é necessário mais de 100 g/kg e não é irritante de pele ou olhos.

A grande frequência de aplicações do PVP e seus copolímeros na medicina e nas indústrias farmacêuticas ocorrem devido a essas propriedades do PVP (OLIVEIRA, 2019). Tais propriedades são de suma importância para sua utilização como constituinte do filme de amido de jaca para ser usado como curativo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

3.1.1 Semente de jaca (*Artocarpus heterophilus*)

O amido utilizado como matéria prima para a confecção dos filmes foi obtido a partir da Semente de jaca (*Artocarpus heterophilus*), obtidas de jacas imaturas do tipo “jaca mole”, proveniente das feiras livres da cidade de Campina Grande – PB. Após coletadas, as sementes foram previamente higienizadas por lavagem em água corrente e descascadas, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Semente de jaca.

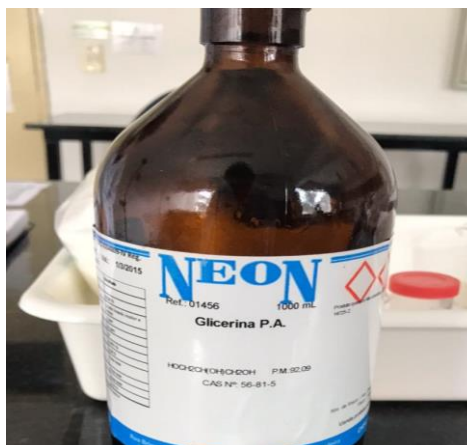


Fonte: Própria (2019).

3.1.2 Glicerina

O agente plastificante utilizado para proporcionar maior flexibilidade ao filme foi a Glicerina P.A , ilustrada na Figura 6, obtida na NEON química. É um líquido claro, viscoso e incolor, de paladar adocicado e higroscópico à temperatura ambiente.

Figura 6 – Glicerina.



Fonte: Própria (2019).

3.1.3 Polivinilpirrolidona (PVP)

O PVP foi utilizado para proporcionar uma maior adesão do filme à pele e para melhorar as propriedades mecânicas do filme. O Polivinilpirrolidona, exibido na Figura 7, foi obtido na Casa das Essências. É um polímero sintético, formulado a partir de formaldeído e acetileno, caracterizado como amorfo e solúvel em água e em solventes orgânicos, capaz de formar complexos estáveis com polímeros e surfactantes.

Figura 7 – Polivinilpirrolidona.



Fonte: Própria (2019).

3.1.4 Ácido Acético

O Ácido Acético, utilizado no intumescimento, foi obtido do almoxarifado de química do CCT/ UEPB.

3.1.5 Hidróxido de Amônio

O Hidróxido de Amônio, utilizado no intumescimento, foi obtido do almoxarifado de química do CCT/ UEPB.

3.1.6 Solução Tampão Fosfato

A Solução Tampão Fosfato, ou, *Phosphate Buffered Saline (PBS)*, utilizada no intumescimento, foi obtida do Laboratório de Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste – CERTBIO – UFCG.

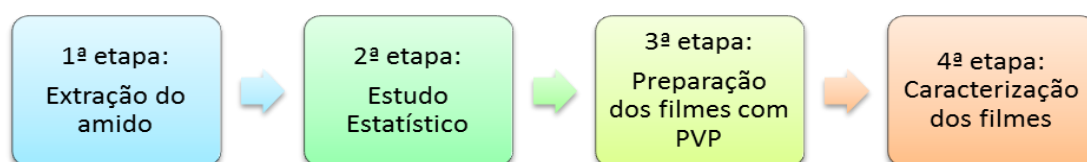
3.1.7 Solução Fisiológica

A Solução Fisiológica, utilizada no intumescimento, foi obtida na SORIMAX.

3.2 Metodologia

A metodologia desse estudo foi dividida em quatro etapas, como ilustra a Figura 8.

Figura 8 – Etapas realizadas para a obtenção dos filmes.



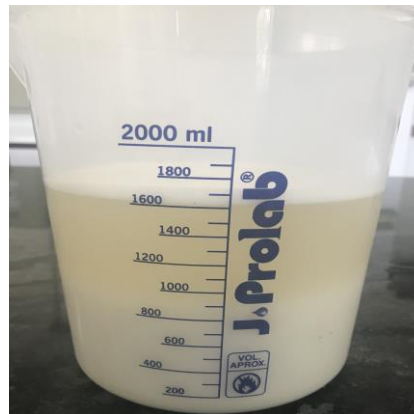
Fonte: Própria (2019).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste CERTBIO – UFCG.

3.2.1 Extração do amido da semente de jaca (*Artocarpus heterophilus*)

As sementes de jaca foram lavadas, descascadas e trituradas em um liquidificador industrial até a obtenção de uma massa densa e uniforme, acrescentando-se água destilada. A massa obtida foi filtrada em sacos confeccionados com organza (abertura da malha próxima a 100 mesh). A suspensão de amido filtrada foi decantada, em ambiente refrigerado, como mostra a Figura 9. O sobrenadante foi descartado e o amido suspenso com água destilada, decantado novamente. Após esta etapa o amido foi levado ao liofilizador, para a obtenção do amido desidratado. O amido obtido passado em peneira 200 mesh. A Figura 10 ilustra o fluxograma da extração do amido.

Figura 9 – Suspensão de amido.



Fonte: Própria (2019).

Figura 10 – Fluxograma da extração do amido do caroço de jaca.



Fonte: Própria (2019).

3.2.2 Estudo da influência do percentual de amido e do teor de plastificante na confecção dos filmes

Para a confecção dos filmes foram testadas três concentrações de amido (3%, 4% e 5%), e duas concentrações de plastificante (glicerina) (30% e 40%), calculadas sobre a massa do amido utilizado.

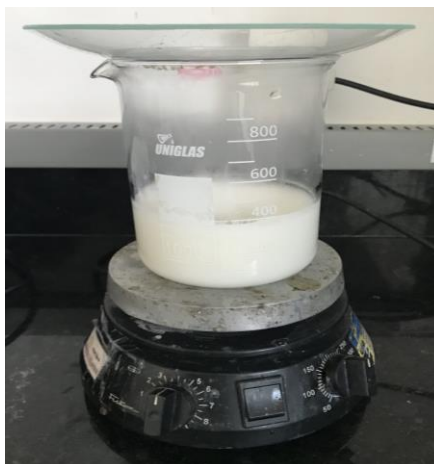
As soluções filmogênicas foram elaboradas adicionando o amido de jaca em água destilada e a glicerina. Essa mistura foi levada ao aquecedor elétrico por 30 minutos sob agitação constante, como ilustra a Figura 11. A solução filmogênica foi transferida para placas de acrílico de 15 cm de diâmetro e levadas a secagem em temperatura ambiente, como apresenta a Figura 12, seguindo a técnica de *casting*.

As propriedades mecânicas dos filmes poliméricos foram avaliadas por teste de tração em uma máquina universal de ensaios Instron (Série 3366), com célula de carga de 25 kg, segundo metodologia descrita pela ASTM D882-10, com modificações. O ensaio foi realizado em quintuplicata. Os resultados do ensaio de tração foram transcritos para uma planilha do Excel, onde foi realizado o tratamento estatístico dos dados para a obtenção dos resultados.

Para o tratamento estatístico, foi empregado o Programa Action Stat versão: 3.6.331.450 build 7. A sistemática de tratamento dos dados foi iniciada por meio da aplicação do Teste de Grubbs nos resultados de tensão de ruptura, alongamento e módulo de Young para avaliar a existência de valores anômalos (outliers) que pudessem comprometer o resultado final. Em seguida, foram calculados a média e o desvio padrão dos resultados apresentados.

Após a aplicação do Teste de Grubbs, realizou-se o estudo de comparação do percentual de amido e do percentual do plastificante por meio da adaptação da ferramenta (Comparação % amido-% plastificante-Erros Normalizados) do Action Stat.

Figura 11 – Aquecimento e agitação constante.



Fonte: Própria (2019).

Figura 12 – Secagem da solução filmogênica.



Fonte: Própria (2019).

3.2.3 Preparação dos filmes com adição do Polivinilpirrolidona (PVP)

Após a aplicação do tratamento estatístico foi escolhido a melhor formulação para a confecção dos filmes com adição de PVP. Foram preparados filmes com 10 e 15% de PVP.

Para os filmes com 10% de PVP foi utilizada a metodologia anteriormente descrita. A mistura de amido, água e glicerina, foi adicionada 10% de Polivinilpirrolidona em relação à massa de amido. Enquanto que para os filmes com 15% PVP utilizou-se a mesma quantidade de amido, água destilada e glicerina, e a essa mistura foi adicionado 15% de

Polivinilpirrolidona em relação à massa de amido. As duas misturas foram homogeneizadas utilizando a mesma metodologia de preparação dos filmes.

3.2.4 Caracterização dos filmes

Os filmes foram caracterizados quanto à espessura, Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR, Ensaios Mecânicos, Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC) e Intumescimento.

3.2.4.1 Espessura

A espessura dos filmes foi obtida em um paquímetro digital STAINLESS HARDENED ($\pm 0,001$ mm), como observado na Figura 13 (A e B), realizando-se dez medições em pontos distintos do filme. A espessura final foi calculada pela média de todas as medições.

3.2.4.2 Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR

As análises utilizando a técnica de Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) dos filmes foram realizadas em um equipamento Spectrum 400 da Perkin Elmer. A técnica FTIR foi utilizada para identificar as bandas características dos grupos funcionais, presentes nas matérias primas utilizados nesta pesquisa, utilizando a faixa de varredura de 4000 a 650 cm^{-1} .

Figura 13 – (A) Paquímetro digital; (B) medição da espessura.



Fonte: Própria (2019).

3.2.4.3 Ensaio Mecânicos

As propriedades mecânicas dos filmes poliméricos foram avaliadas por teste de tração em uma máquina universal de ensaios Instron (Série 3366), com célula de carga de 25 kg, segundo metodologia descrita pela ASTM D882-10, com modificações.

Para o ensaio de resistência a tração foram utilizados 5 corpos de prova de cada tipo de filme produzido.

3.2.4.4 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

A análise por DSC foi utilizada para identificar as fases de transição térmica dos filmes. Foi utilizado um equipamento DSC TA modelo Q20, com uma faixa de temperatura de 30 a 400 °C com razão de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera de nitrogênio, com fluxo de 50 mL/min. Para tanto, foi utilizada uma massa de $2,00 \pm 0,05$ mg acondicionada em cadinho de alumínio para cada amostra.

3.2.4.5 Intumescimento

Para o ensaio de intumescimento os filmes foram cortados em pedaços de 2 x 2 cm e pesados, para a obtenção do peso seco (Ps). Em seguida os filmes foram imersos em 30 mL de solução tampão fosfato (pH 7,4), água destilada, solução levemente ácida (pH 6,4), alcalina (pH 9,0) e em soro fisiológico, em intervalos variados até a saturação, com o objetivo de avaliar o comportamento, com relação a absorção, dos filmes em diferentes meios. Após cada intervalo, os filmes foram secos em papel absorvente e pesados, obtendo-se o peso úmido (Pu). O cálculo de intumescimento foi feito em triplicata através da Equação 1.

$$I_{(\%)} = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad \text{Equação (1).}$$

Onde:

I: Intumescimento;

Pu: Peso úmido;

Ps: Peso seco.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Amido

A Figura 14 ilustra o amido do caroço de jaca obtido após a extração.

Figura 14 – Amido extraído do caroço de jaca.



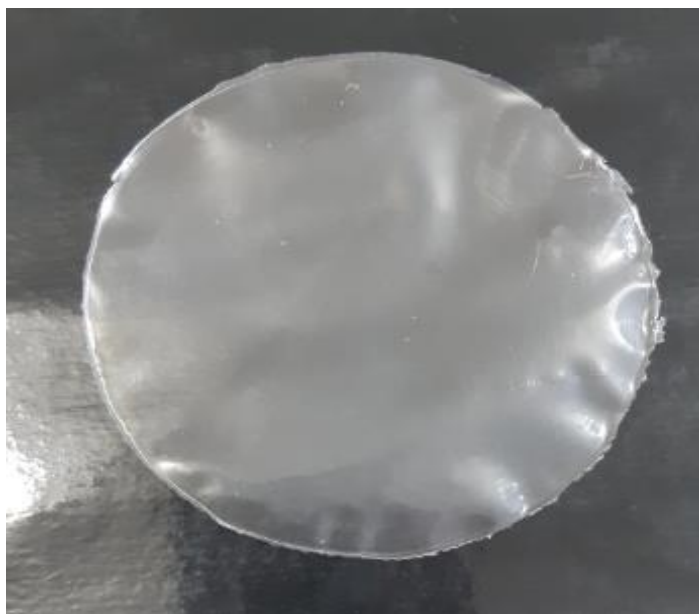
Fonte: Própria (2019).

De acordo com a Figura 14, o amido extraído do caroço de jaca apresenta coloração branca e textura, típica de amidos comerciais.

4.2 Filme

A partir do amido extraído do caroço da jaca foram confeccionados filmes poliméricos variando o teor de amido e de plastificante. A Figura 15 ilustra o filme polimérico obtido após a secagem da solução. Os filmes produzidos, independentemente da formulação utilizada, apresentaram transparência, uniformidade e fácil manuseabilidade. Não foi observada a formação de bolhas, rachaduras e presença de material insolúvel na sua superfície. No trabalho realizado por Henrique *et al.* (2008), também foi verificado uma superfície contínua, sem a presença de bolhas em filmes de amidos modificados de mandioca.

Figura 15 – Filme de amido extraído do caroço de jaca.



Fonte: Própria (2019).

4.3 Estudo estatístico da influência do percentual de amido e do teor de plastificante na confecção dos filmes

A sistemática de tratamento dos dados foi iniciada por meio da aplicação do Teste de Grubbs nas cinco repetições da tensão máxima de ruptura, do alongamento e do Módulo de Young (Módulo de Elasticidade) para avaliar a existência de valores anômalos (outliers) que pudessem comprometer o resultado final. Após a aplicação do referido teste, não foi evidenciada a presença de nenhum outlier. Em seguida, foram calculados a média e o desvio padrão de cada ensaio dos filmes, sendo estes resultados ilustrados na Tabela 1.

Em seguida, realizou-se o estudo de comparação entre o teor de amido e o teor do plastificante por meio da adaptação da ferramenta (Comparação % amido-% plastificante- Erros Normalizados) do Action Stat. Os resultados desse estudo estão apresentados na Tabelas 2 e Figuras 16 respectivamente.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de Tração dos filmes de amido com glicerina.

Filmes com 3% de amido e 30% de glicerina			
<i>Resumo do Teste de Outlier</i>	<i>Tensão de Ruptura (Mpa)</i>	<i>Alongamento (%)</i>	<i>Módulo de Young (Mpa)</i>
Média sem outliers	4,44	24,68	142,65
Desvio padrão sem outliers	1,04	5,24	41,30
Média	4,44	24,68	142,65
Desvio padrão	1,04	5,24	41,30
Valor Crítico	1,72	1,72	1,72
Filmes com 3% de amido e 40% de glicerina			
Média sem outliers	2,15	28,25	53,44
<i>Resumo do Teste de Outlier</i>	<i>Tensão de Ruptura (Mpa)</i>	<i>Alongamento (%)</i>	<i>Módulo de Young (Mpa)</i>
Desvio padrão sem outliers	1,19	5,59	33,67
Média	2,15	28,25	53,44
Desvio padrão	1,19	5,59	33,67
Valor Crítico	1,89	1,89	1,89
Filmes com 4% de amido e 30% de glicerina			
Média sem outliers	3,18	153,16	13,94
Desvio padrão sem outliers	2,47	57,46	5,47
Média	3,18	153,16	13,94
Desvio padrão	2,47	57,46	5,47
Valor Crítico	1,89	1,89	1,89
Filmes com 4% de amido e 40% de glicerina			
Média sem outliers	5,09	32,38	104,36
Desvio padrão sem outliers	0,89	2,07	34,56
Média	5,09	32,38	104,36
Desvio padrão	0,89	2,07	34,56
Valor Crítico	1,89	1,89	1,89
Filmes com 5% de amido e 30% de glicerina			
Média sem outliers	6,98	24,98	225,66
Desvio padrão sem outliers	1,02	2,54	67,55
Média	6,98	24,98	225,66
Desvio padrão	1,02	2,54	67,55
Valor Crítico	1,89	1,89	1,89
Filmes com 5% de amido e 40% de glicerina			
Média sem outliers	5,83	38,02	154,62
Desvio padrão sem outliers	0,96	9,01	50,77
Média	5,83	38,02	154,62
Desvio padrão	0,96	9,01	50,77
Valor Crítico	1,89	1,89	1,89

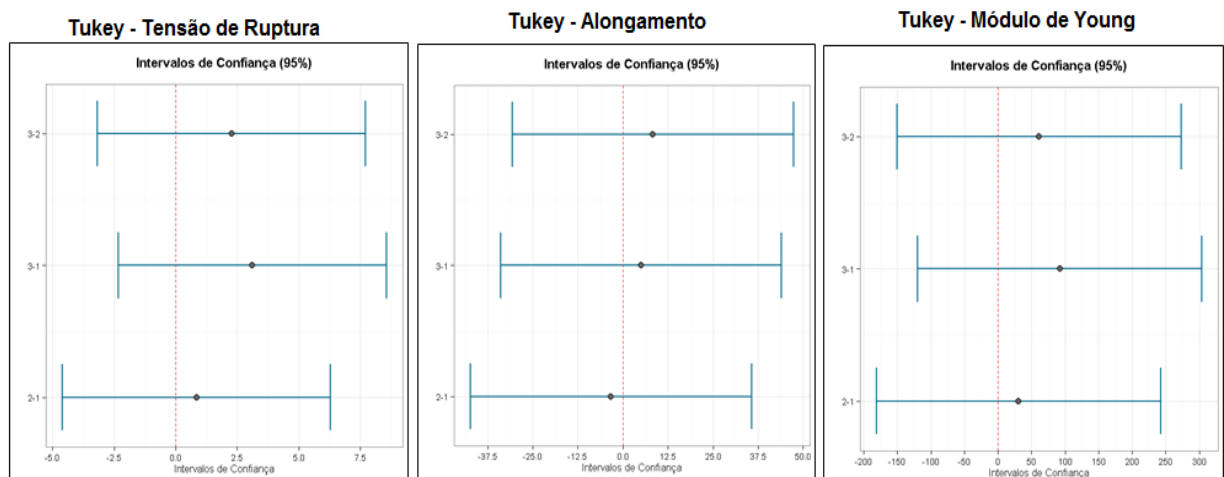
Fonte: Própria (2019).

Tabela 2 – Estudo de comparação do teor de amido com o teor de plastificante.

Comparações Múltiplas				
Tensão de Ruptura (Mpa)				
Níveis	Centro	Limite Inferior	Limite Superior	P-valor
2-1	0,843	-4,606	6,292	0,807
3-1	3,116	-2,333	8,565	0,184
3-2	2,273	-3,176	7,722	0,326
Alongamento (%)				
Níveis	Centro	Limite Inferior	Limite Superior	P-valor
2-1	-3,303	-42,321	35,715	0,935
3-1	5,036	-33,982	44,054	0,859
3-2	8,339	-30,679	47,357	0,681
Módulo de Young (Mpa)				
Níveis	Centro	Limite Inferior	Limite Superior	P-valor
2-1	30,712	-180,888	242,313	0,827
3-1	92,091	-119,511	303,692	0,304
3-2	61,378	-150,223	272,979	0,524

Fonte: Própria (2019).

Figura 16 – Erro normalizado e tendência.



Fonte: Própria (2019).

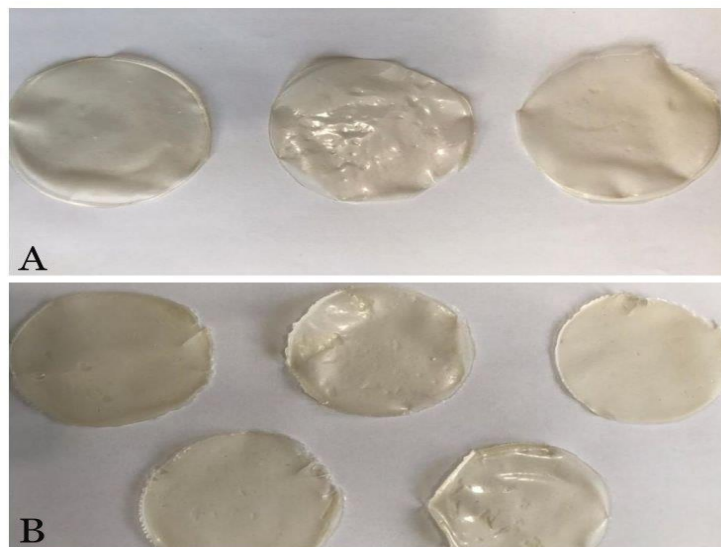
Apesar de todos os resultados do teste de Tukey se apresentarem como viáveis (médias estatisticamente iguais), foi escolhido à formulação de 4% de amido com 40% de glicerina por apresentar melhor elasticidade, manuseabilidade e aspecto, comparado as demais

formulações. Logo, esta foi a formulação mais adequada para a confecção de filmes para curativo.

4.4 Filme de amido de jaca com Polivinilpirrolidona (PVP)

A essa formulação escolhida foi adicionada 10 e 15% de Polivinilpirrolidona e as Figura 17 e 18 ilustram os dois tipos de filmes obtidos após a adição do PVP.

Figura 17 – (A) Filmes com 10% e (B) 15% de PVP.



Fonte: Própria (2019).

Figura 18 – (A) Filme de amido com 10% e (B) 15% de PVP.



Fonte: Própria (2019).

Conforme observado na Figura 18, os filmes que tiveram adição de 10% de PVP apresentaram um aspecto e um toque melhor comparado ao filme com 15% de PVP. Entretanto, ambos apresentaram bolhas em sua superfície inferior e o filme com adição de 15% de PVP apresentou uma não uniformidade ao longo de sua extensão.

4.5 Caracterização dos filmes

4.5.1 Espessura

A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos da espessura dos filmes de amido sem PVP, com adição de 10 e 15% de PVP, respectivamente.

Tabela 3 – Média das espessuras dos filmes de amido puro, com 10 e 15% de PVP.

<i>Amostra</i>	<i>Espessura (mm)</i>
Filme de amido sem PVP	0,132 ± 0,012
Filme de amido com 10% de PVP	0,162 ± 0,007
Filme de amido com 15% de PVP	0,129 ± 0,014

Fonte: Própria (2019).

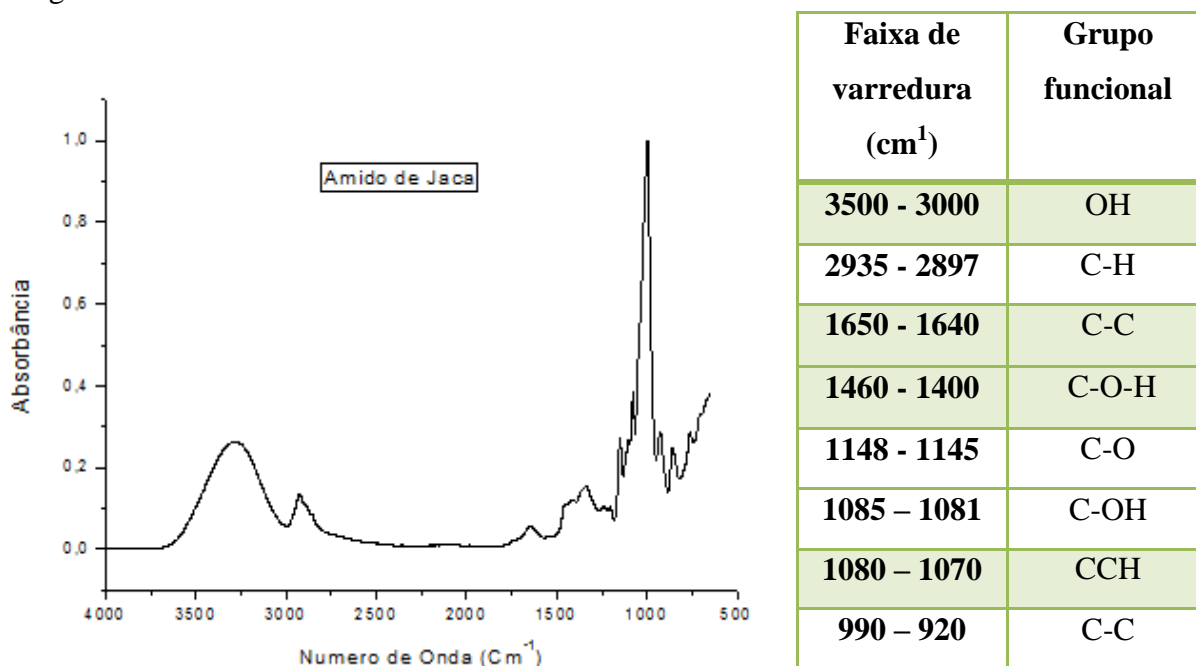
Os filmes confeccionados apresentaram homogeneidade ao longo de sua extensão, uma vez que a diferença das espessuras entre os três tipos de filmes foram mínimas. Os filmes formados apresentaram espessuras bem baixas (abaixo de 1,5 mm), estando na faixa para serem usados como curativos, uma vez que filmes poliméricos com espessuras superiores a 1,5 mm podem afetar a transparência dos mesmos não sendo adequado para aplicações biomédicas e segundo Ma *et al.* (2001) os substitutos poliméricos da derme devem ser idealmente mais finos que a pele humana normal, cuja espessura varia entre 0,5 e 2 mm, dependendo da idade, sexo e região do corpo.

Franco (2014) ainda diz que filmes utilizados como curativos devem apresentar uma espessura fina, e a espessura do filme com adição de 10% de PVP apesar de ter apresentado um aumento discreto, comparado aos filmes com adição de 15% de PVP e sem adição do PVP, ainda assim permaneceu fina. Os filmes sem PVP e com 15% de PVP apresentaram espessuras estatisticamente iguais, indicando que a adição do PVP não afetou significativamente esta propriedade.

4.5.2 Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR

A Figura 19 ilustra o gráfico de FTIR do filme de amido.

Figura 19 – Absorbância do filme de amido em FTIR.

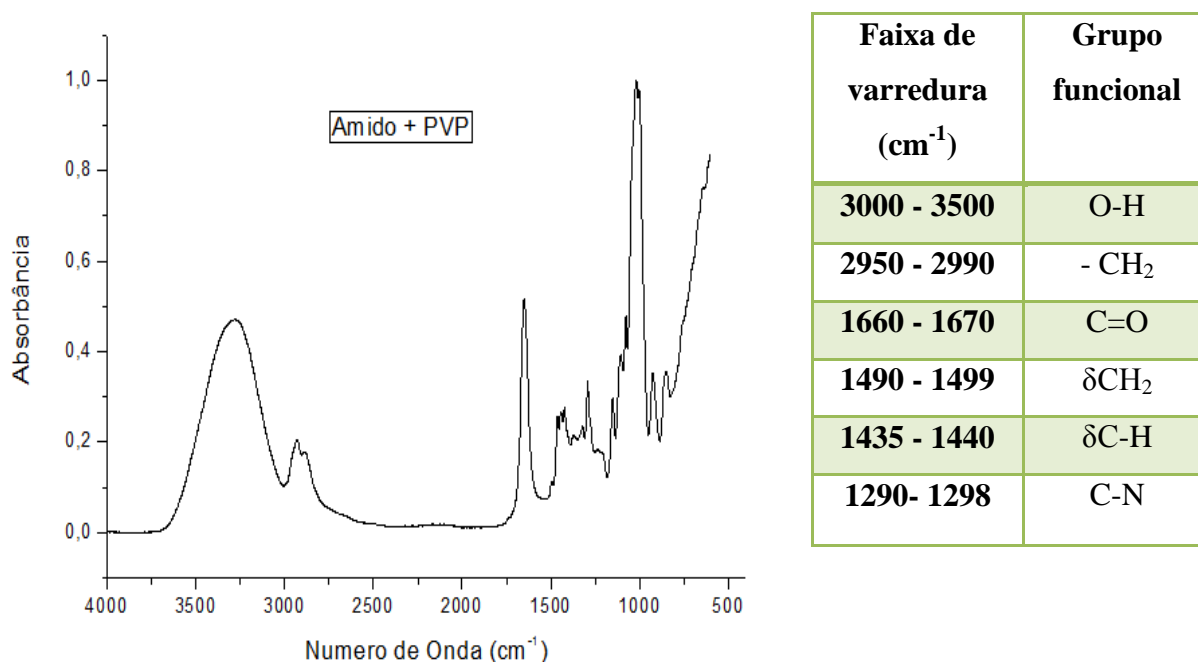


Fonte: Própria (2019).

A Figura 19 mostra bandas referentes a deformações moleculares existentes nas moléculas de amido a 3300 e 1650 cm^{-1} , atribuídas ao estiramento e a deformação angular de ligações – OH. Além dessas bandas o FTIR representou bandas de absorção a aproximadamente 2931 cm^{-1} que indica estiramento C-H. As Bandas de absorção em 1645 cm^{-1} e 1430 cm^{-1} correspondem à água ligada e C-C e C-O-H, respectivamente. A posição da banda relativa à água é dependente da cristalinidade do polissacarídeo. A absorção em 1083 cm^{-1} tem sido relacionada a deformações de grupos C-OH. Os modos relacionados a deformações CCH foram identificados em torno de 1080 cm^{-1} , enquanto que estiramentos C-O e C-C correspondem a bandas em 1147 cm^{-1} , 998 cm^{-1} e 928 cm^{-1} .

O FTIR do amido com adição do PVP é ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Espectro de FTIR do filme de amido com adição de PVP.

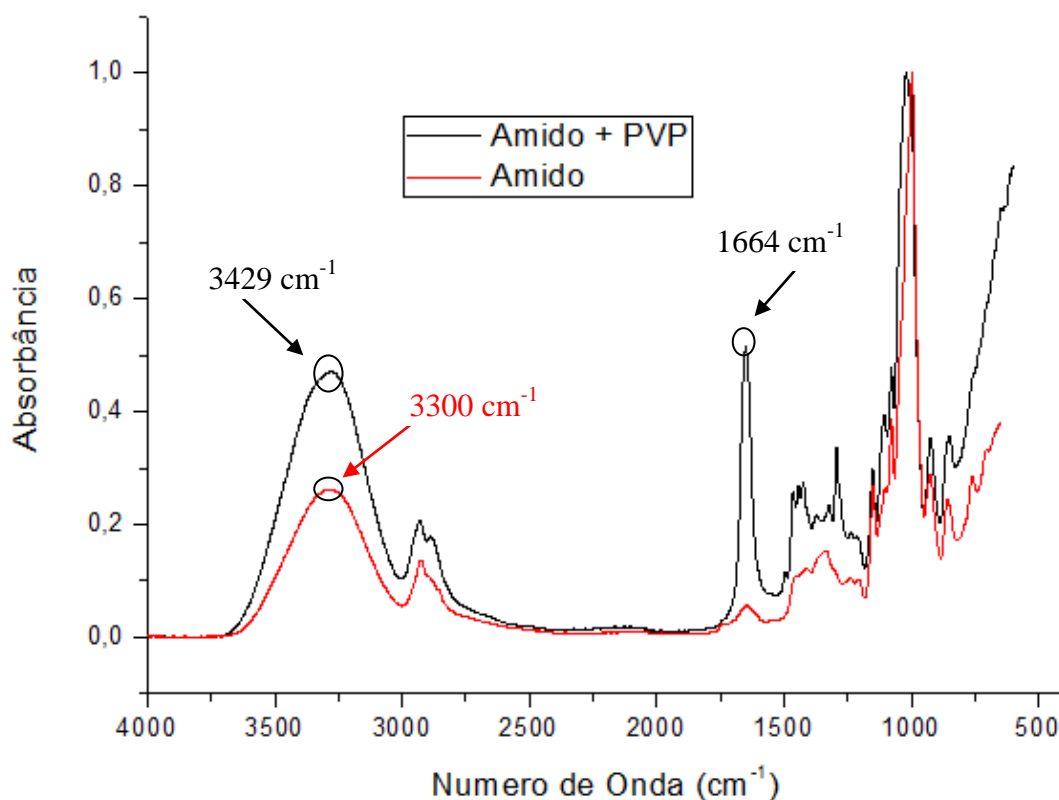


Fonte: Própria (2019).

Por meio da figura 20, foi possível estabelecer os grupos químicos que caracterizam o aditivo polimérico poli (vinil pirrolidona) - PVP: o grupo carbonila (C=O) ligado à amida na cadeia cíclica de carbonos e o grupo nitrila C-N (vC-N) situado entre a cadeia cíclica e a cadeia linear de carbonos. O grupo carbonila foi identificado por meio da banda 1664 cm⁻¹, associada ao estiramento desse grupo. E o grupo nitrila foi identificado por meio da banda 1293 cm⁻¹ associada ao estiramento da ligação desse grupo. A larga banda em torno de 3429cm⁻¹ expressa a vibração do estiramento O-H no PVP devido à presença de água neste polímero por ser altamente higroscópico. A banda em 2954 cm⁻¹ surge a partir do estiramento do -CH₂. Observa-se também as frequências vibracionais das bandas em 1497 cm⁻¹, associada à deformação do -CH₂ (δCH₂) da cadeia linear do polímero poli (vinil pirrolidona), e em 1439 cm⁻¹, associada à deformação assimétrica do CH (δC-H) no CH₂ - da cadeia cíclica do PVP.

A figura 21 mostra a sobreposição dos espectros do filme de amido de jaca e do filme de amido de jaca com PVP.

Figura 21 – Sobreposição dos espectros do filme de amido e amido + PVP.



Fonte: Própria (2019).

Como pode ser observado pela figura 21, houve um aumento significativo na intensidade da banda a 3300 cm^{-1} do filme de amido, a qual é atribuída ao estiramento e a deformação angular de ligações – OH. Comparando essa banda de 3300 cm^{-1} do filme de amido com a banda a 3429 cm^{-1} do amido com adição de PVP, pode-se observar que o aumento na intensidade foi praticamente o dobro, sugerindo que a interação entre o amido e o PVP realmente aconteceu, isto é, o amido e o PVP reagiram de forma que os resultados dessa interação puderam ser notados através da melhoria nas propriedades do filme de amido de jaca que recebeu adição do PVP.

4.5.3 Ensaios mecânicos

O resultado dos ensaios mecânicos sob tração dos filmes estão reportados na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades mecânicas dos filmes de amido puro e com PVP.

<i>Amostra</i>	<i>Tensão de Ruptura (Mpa)</i>	<i>Alongamento (%)</i>	<i>Módulo de Young (Mpa)</i>
Filme de amido sem adição de PVP	5,09 ± 0,89	32,38 ± 2,07	104,36 ± 34,56
Filme de amido com adição de 10% de PVP	5,47 ± 0,49	51,98 ± 5,82	118,56 ± 24,59
Filme de amido com adição de 15% de PVP	7,80 ± 0,51	30,94 ± 11,57	290,98 ± 33,02

Fonte: Própria (2019).

Por meio da tabela 4, se pode observar que houve uma melhora significativa nas propriedades mecânicas dos filmes que tiveram a adição de PVP. A Tensão de Ruptura do amido com 15% de PVP, por exemplo, aumentou cerca de 53% em relação ao amido sem adição de PVP. Quanto ao alongamento (capacidade que o filme estica sem se romper) e ao Módulo de Young (módulo de elasticidade), os resultados mostram que, para os filmes que tiveram adição de PVP, estas propriedades também apresentaram uma melhora, se comparados ao filme de amido sem adição de PVP.

Os resultados de tensão de Ruptura e Alongamento obtidos dos filmes de amido de jaca com 10% de PVP são estatisticamente iguais aos resultados obtidos por Barreto (2014) ao analisar estas mesmas propriedades de filmes de amido de jaca com extrato de amora.

A melhora destas propriedades é de suma importância, pois, de acordo com Singh e Pal (2012) e Murakami *et al.*, (2010) é indispensável que os curativos apresentem boa resistência mecânica, facilidade de aplicação e remoção, além de manter boa flexibilidade durante o processo de cicatrização.

4.5.4 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

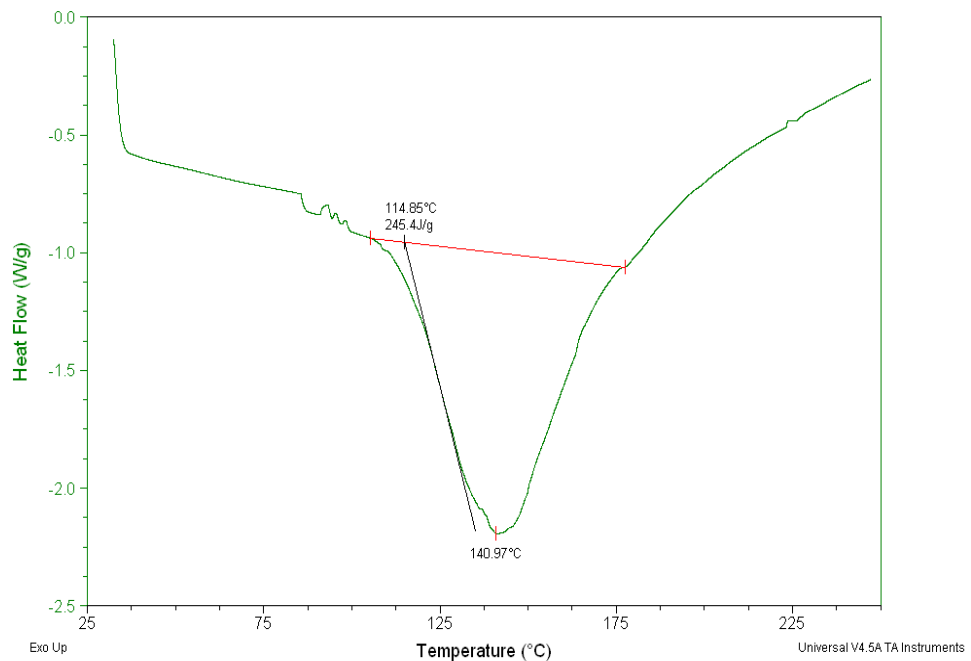
As Figuras 22 e 23 ilustram as curvas de DSC para os filmes de amido de jaca sem adição de PVP e amido de jaca com adição de PVP, respectivamente.

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 22, a temperatura de fusão do filme de amido puro (140,97 °C) foi maior do que a temperatura de fusão apresentada pelo filme com PVP (123,16 °C), como ilustra a Figura 23.

Esperava-se que o filme com adição de PVP apresentasse uma maior temperatura de fusão, pois, Oliveira (2019) relata em seu estudo que a temperatura de degradação do Polivinilpirrolidona (10%) é de 387,65 °C. Logo, o esperado seria que, com a adição do PVP, os filmes apresentassem uma maior estabilidade térmica, e o que aconteceu foi exatamente o oposto. Tal fato necessita ser investigado em posteriores estudos.

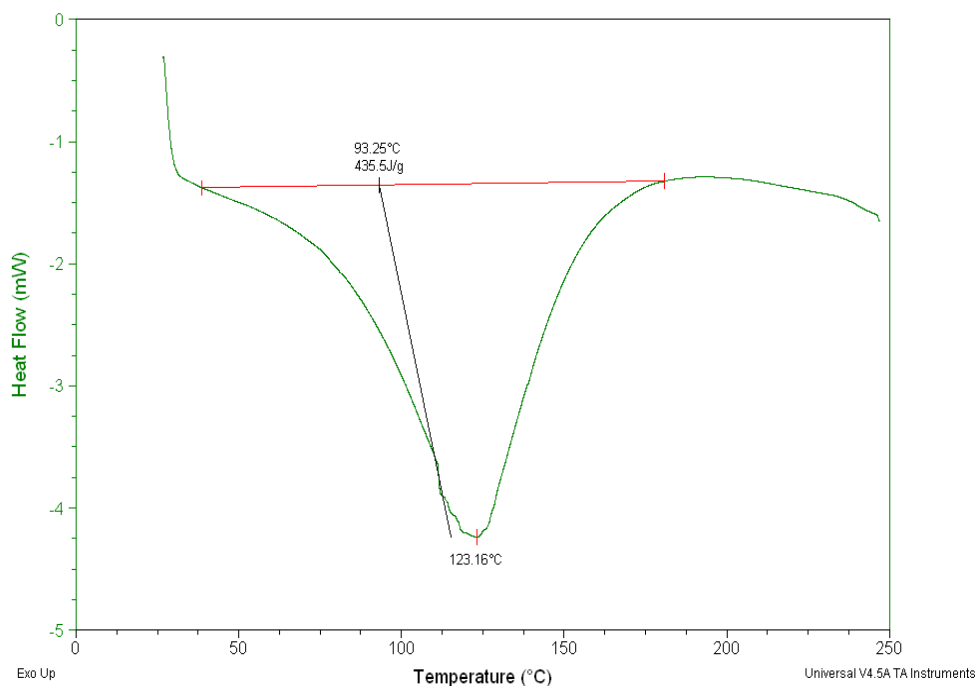
Sendo assim, por se tratar de um biomaterial destinado a área médica, os filmes sem PVP, por apresentarem uma estabilidade térmica maior, ao passar por processos que utilizam temperaturas mais elevadas, como a esterilização por aquecimento, deverá ser respeitada sua temperatura de fusão (140 °C) como uma forma de garantir a não degradação deste material durante o processo. Já os filmes de amido com PVP, em caso de esterilização por aquecimento, não devem ser submetidos a temperaturas superiores a 123 °C.

Figura 22 - Termograma de DSC para amido de jaca sem PVP.



Fonte: Própria (2019)

Figura 23 - Termograma de DSC para amido de jaca com PVP.



Fonte: Própria (2019).

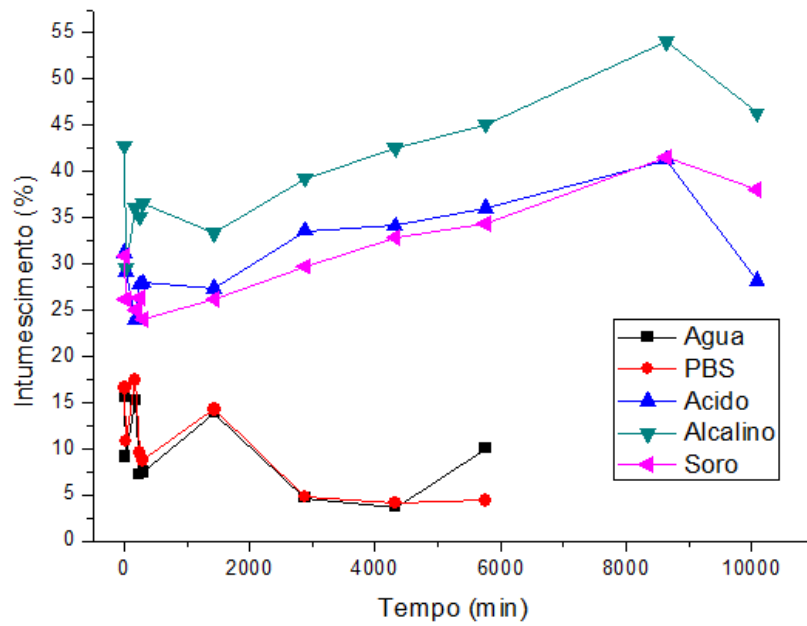
4.5.5 Intumescimento

As Figuras 24 e 25 ilustram o comportamento dos filmes sem adição de PVP e com adição de PVP, respectivamente, em contato com água destilada, solução tampão fosfato (PBS), soro fisiológico, meio levemente ácido e meio levemente alcalino.

A análise de intumescimento dos filmes sem adição de PVP em meio ácido, meio alcalino e soro fisiológico, demonstrou um aumento gradativo do inchamento até um limite máximo, com posterior diminuição decorrente da saturação e liberação de componentes hidrossolúveis dos filmes para o meio, sugerindo que os filmes intumesceram até cerca de 150 horas, o equivalente a aproximadamente 6 dias, atingindo a máxima absorção, de 53%, no meio alcalino, não apresentando degradação, ou perda de massa para a solução, até o final do ensaio.

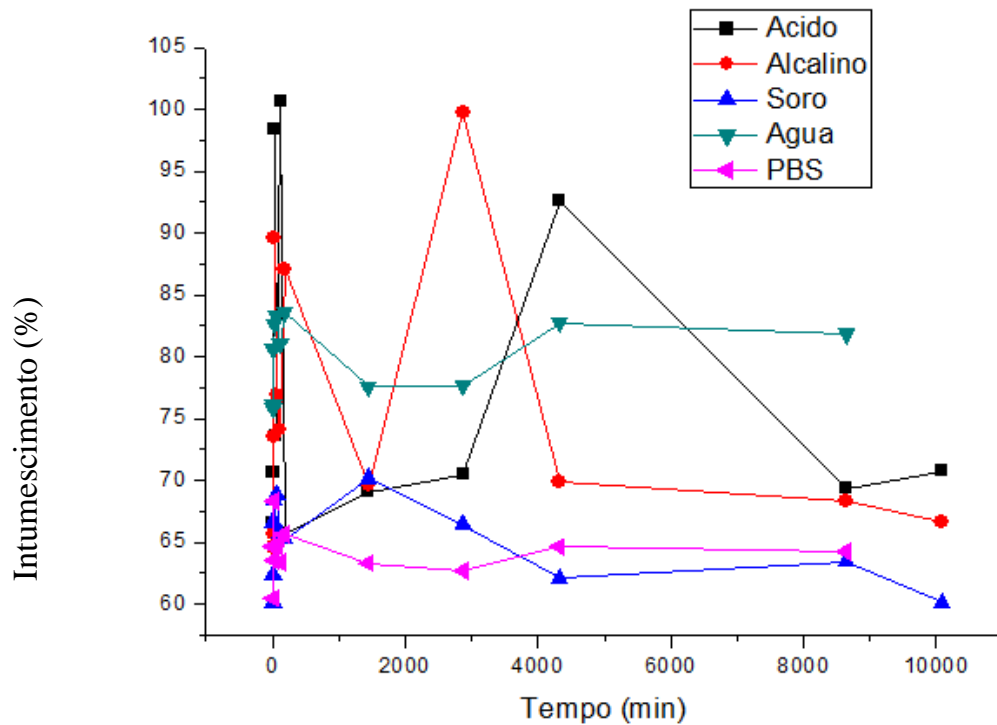
Outro fato observado é que os filmes sem PVP apresentaram comportamento semelhante em água e tampão fosfato, e que nestes meios os filmes intumesceram bem menos, só até aproximadamente 24 horas.

Figura 24 – Intumescimento dos filmes de jaca sem PVP.



Fonte: própria (2019).

Figura 25 – Intumescimento dos filmes de jaca com PVP.



Fonte: Própria (2019).

Através da figura 25, pode ser observado que os filmes com PVP apresentaram variações de absorção em todos os meios e os filmes absorveram mais em meio ácido e alcalino.

Entretanto, foi notado o maior intumescimento dos filmes com PVP em meio ácido, durante os primeiros minutos, chegando a intumescer até mais de 100%. Esse comportamento é de suma importância, pois, segundo Florianópolis (2008) o pH de um tecido lesionado é ligeiramente ácido (5,8-6,6), o que levaria o filme a absorver uma grande quantidade de líquido (exsudato) da região lesionada, deixando aquele local livre de umidade para uma melhor cicatrização, por exemplo. O autor ainda ressalta que o pH da ferida pode ser afetado, caso esta entre em contato com urina infeccionada, por exemplo, podendo elevar o pH do tecido lesionado, deixando-o alcalino. Nesse caso, em meio alcalino, o filme também apresentou um elevado intumescimento, chegando a atingir 100%.

Na água e em tampão fosfato, os filmes com PVP não apresentaram comportamento similar, como tinha acontecido nos filmes sem PVP. Contudo, nota-se que em água os filmes intumesceram mais do que em PBS. Já em soro fisiológico os filmes intumesceram até cerca de 24 horas, com seguida diminuição.

De um modo geral, nota-se que os filmes com PVP, em todos os meios estudados, apresentou um aumento significativo no percentual de intumescimento, chegando a intumescer praticamente o dobro em meio ácido e meio alcalino, o que é benéfico, uma vez que, um maior índice de intumescimento sugere uma maior absorção de líquidos provenientes de ferimentos ou excreções cutâneas (FERNANDES *et al.*, 2019). Este aumento do intumescimento nos filmes com PVP já era previsto, dado que, o Polivinilpirrolidona é altamente higroscópico (UNESP, 2019).

Ao término da análise, isto é, depois de 168 horas intumescendo, os filmes de amido sem e com PVP, conforme observado na Figura 26, permaneceram intactos, não apresentando nenhum indício de degradação aparente.

Figura 26 – (A) Filme de amido sem PVP e (B) com PVP.



Fonte: Própria (2019).

Outro fato observado nessa imagem foi a coloração e a adesão à pele destes filmes. Os filmes de amido sem adição de PVP apresentaram uma maior transparência do que o filme de amido com PVP, que apresentou pouca transparência após o intumescimento, exibindo uma coloração mais branca. Em contrapartida, o filme de amido com PVP apresentou uma maior adesão à pele, o que já era esperado devido o Polivinilpirrolidona ser um polímero que apresenta qualidades de adesão (OLIVEIRA, 2019).

5 CONCLUSÃO

Os filmes produzidos a partir do amido extraído do caroço da jaca apresentaram transparência, uniformidade, manuseabilidade e espessura dentro do ideal para serem utilizados como curativo.

O espectro de FTIR do filme de amido apresentou picos característicos do amido de jaca, enquanto que no filme de jaca com adição do PVP houve um aumento significativo na intensidade da banda atribuída as ligações de OH, sugerindo que houve uma interação entre o amido e o PVP.

Os resultados obtidos das propriedades analisadas nos ensaios mecânicos mostram que, ambos os filmes que tiveram adição de PVP, apresentou boa resistência mecânica e uma boa elasticidade, sendo estas características indispensáveis para um curativo.

Os filmes sem PVP apresentaram uma resistência térmica maior do que os filmes com PVP, e em caso de esterilização por aquecimento, a temperatura de fusão dos filmes deve ser respeitada, não ultrapassando a temperatura referente a estabilidade térmica identificada para os dois tipos de filme.

O PVP aumentou consideravelmente o intumescimento do filme de amido, em todos os meios analisados. Tal característica é muito importante para a finalidade que se deseja, isto é, a utilização do filme como curativo.

De acordo com os resultados obtidos, os filmes produzidos à base de amido de jaca com PVP apresentaram propriedades físicas e funcionais adequadas para serem empregados em possíveis aplicações, na área biomédica, como curativo para liberação controlada de fármacos ou antimicrobianos, expondo uma alternativa de renovação de baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. C. **Amido modificado de taro (*Colocasia Esculenta L Schott*): propriedades funcionais**. Tese doutorado. Universidade Federal da Paraíba. Joao Pessoa, 2012.
- ASCHERI, J.L. **Extração e caracterização de amido de Adlay**. Tese (Doutorado). 1987. 118p. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.
- ASTM International: D882-10. **Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting**. Disponível em: < http://compass.astm.org/EDIT/html_annot.cgi?D882>. Acesso em: 29/07/2019.
- BALDWIN, E. A., et al. Effect of coatings and prolonged storage conditions on fresh orange flavor volatiles, degrees Brix and ascorbic acids levels. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 43, p. 1321-1331, 1995.
- BARRÈRE, F.; MAHMOOD, T. A.; GROOT, K.; VAN BLITTERSWIJK, C. A. “Advanced biomaterials for skeletal tissue regeneration: Instructive and smart functions”. **Materials Science and Engineering**, v.59, p.38-71, 2008.
- BARRETO, G.B.L. **Desenvolvimento de biofilmes de amido de jaca com extrato de amora**. 2014. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- BASTOS, D. C. **Estudo da redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplástico com e sem reforço de fibra de bananeira através do tratamento por plasma de SF6**. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.
- BENEFÍCIOS da semente de jaca para a saúde, 2018. 1 vídeo (4 min). Publicado pelo canal Dicas de Tudo Oficial. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PixsHK96j0k> . Acesso em: 28/10/2019.
- BIERHALZ, A. C. K.; MORAES, A. M.; PIRES, A. L.R. Biomateriais: Tipos, aplicações e mercado. **Quim. Nova**, n.7, p. 957-971, 2015.
- BOLETIM TECNICO. **Efeito dos plastificantes na dureza dos compostos de pvc. n.01 pvc**. julho, 2002.
- BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAUJO, E. M.; MELO, T. J. A.. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- BRUCE, P.Y. **Química orgânica**. v. 2. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- CARNEIRO, M. L. Brettas; CARVALHO, L. A. N.; SAMPAIO, W. C. Avanços do Desenvolvimento de Biomateriais visando Tratamento de Feridas Crônicas. **Rev. Eletrônica**

do Programa de Mestrado em Direitos Humanos, Cidadania e Violência, n.25, p.70-105, 2018.

CAVALCANTE, M. T.; SILVA, V. C.; da COSTA, T. S.; FLORENCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R. Obtenção do amido do endocarpo da manga para diversificação produtiva na indústria de alimentos. **Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil)** v.6, n.5, p. 80 – 83, 2011.

CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 5ed., p.279, 1991.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. In: Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, v. 1. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

COSTA, E. K. C. **Produção e caracterização de nanocristais de amido de mandioca e efeito da sua incorporação em filmes a base da mesma matriz polimérica**. 2016. Dissertação (*Mestrado em Ciência de Alimentos*) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

DIAS, A. B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. Dissertação (*Mestrado em Engenharia de Alimentos*) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FARIAS, S. S. de; SIQUEIRA, C.; CRISTINO J. H. S.; ROCHA; J. M. da. Biopolímeros: Uma alternativa para promoção do desenvolvimento sustentável. **Revista Geonorte**, v. 7, p. 61-77, 2016.

FERNANDES, I. M. da C et al. **Desenvolvimento de biofilmes de amido de caroço de pitomba (*Talisia esculenta*) e avaliação da viabilidade para aplicação como curativo**. Processos Químicos e Biotecnológicos. 1 ed. Belo Horizonte: *Editora Poisson*, 2019.

FERREIRA M. C. *et al.* Substitutos cutâneos: conceitos atuais e propostas de classificação. **Rev. Bras. Cir. Plas.**, n. 26, p. 696-702, 2011.

FLORIANÓPOLIS. Secretaria Municipal de Saúde. Vigilância em Saúde. **Protocolo de cuidados de feridas** / Coordenado por Antônio Anselmo Granzotto de Campos; Organizado por Lucila Fernandes More e Suzana Schmidt de Arruda. Florianópolis: IOESC, 2008.

FRANCISCO JUNIOR, W.E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 8-13, 2008.

FRANCO, P. B. **Desenvolvimento e caracterização de membranas de quitosana e casca de banana verde para cicatrização de feridas cutâneas**. 2014. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Alfenas, UNIFAL, Poços de Caldas, 2014.

GABOARDI, F.; **Avaliação das propriedades mecânicas, térmicas e de biodegradação de blendas de phb e pebd com e sem aditivos pró-oxidantes**; Itatiba; 2007; 117 p.; Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais); Universidade São Francisco.

GANTWERKER, E. A.; HOM, D. B. “Skin: Histology and physiology of wound healing”. **Facial Plastic Surgery Clinics**, v.39, p.85-97, 2012.

GONTARD, N.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Water and glycerol as plasticers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **J. of Food Sci.**, Chicago, v. 53, n. 1, p. 206-211, 1992.

HENRIQUE, C.M; CEREDA, M.P; SARMENTO, S.B.S. Características físicas de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Rev. Ciênc. Tecnol. Aliment**, n.28, p. 231-240, 2008.

HULLEMAN, S. H. D.; KALISVAART, M.G.; JANSSEN, F.H.P.; FEIL, H.; VLIEGENTHART, J.F.G. Origins of B-type crystallinity in glycerol-plasticised, compression moulded potato starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 39, p. 351-360, 1999.

HUTMANCHER, D. W.; Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage. **Biomaterials**, v. 21, n. 24, p. 2529 – 2543, 2000.

INNOCENTINNI-MEI, L. C.; MARIANI, P. D. S. C. **Visão Geral sobre Polímeros ou Plásticos Ambientalmente Biodegradáveis**. (PADs). 2005.

JAYAKUMAR, R.; PRABAHARAN, M.; KUMAR, P. T. S.; NAIR, S. V.; TAMURA, H. “Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing application”. **Biotechnology Advances**, v.29, p.322-337, 2011.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L.P. **Manual de Biodiesel**. São Paulo: Edgard Blücher Editora, 2006.

KROGARS, K. **Aqueous-based amylose-rich maize starch solution and dispersion: a study on free films and coatings**. Helsinki, 2003. 46p. Academic Dissertation. Faculty of Science of the University of Helsinki.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos em alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LITTER, M. **Farmacologia**. 3ª Ed. Buenos Aires: Al Ateneo. 1964.

LORENA, Susana. **Fórmula estrutural da glicerina**. Infoescola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/glicerina/>>. Acesso em: 08/10/2019.

LORETO, Campos Natália. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis ativos de amido de semente de jaca**. 2017, 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2017.

MA, J.; WANG, H.; HE, B.; CHEN, J. A preliminary in vitro study on the fabrication and tissue engineering applications of a novel chitosan bilayer material as a scaffold of human neonatal dermal fibroblasts. **Biomaterials**, v.22, p.331-336, 2001.

MALI, S. **Produção, caracterização e aplicação de filmes plásticos biodegradáveis a base de amido de cará**. 2002. 150p. Tese (*Doutorado em Ciência dos Alimentos*)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2002.

MALI, S., Grossmann, M. V. E., García, M. A., Martino, M. N., & Zaritsky, N. E. (2006). Effects of controlled storage on thermal, mechanical and barrier properties of plasticized films from different starch sources. **Journal of Food Engineering**, 75, 453-460.

MATHLOUTHI, M., **Food packaging and preservation**. v. 1, Gaithersburg: Aspen, p. 292, 1994 .

MEDEIROS, L.A., CARDOSO BARBOSA, R., ARAÚJO, R.R., MARQUES, O.D.K., CAVALCANTI VIANA, V.F.A., LIA FOOK, F.M.V. Esferas de quitosana/D.ambrosioides (mastruz) para aplicação como biomaterial. **Revista Brasileira de Odontologia**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 2, p. 124-133, 2016.

MURAKAMI, K.; AOKI, H.; NAKAMURA, S.; NAKAMURA, S.; TAKIKAWA, M.; HANZAWA, M.; KISHIMOTO, S.; HATTORI, H.; TANAKA, Y.; KIYOSAWA, T.; SATO, Y.; ISHIHARA, M. Hydrogel blends of chitin/chitosan, fucoïdan and alginate as healing-impaired wound dressings. **Biomaterials**, v.31, p.83-90, 2010.

OLIVEIRA, M.A.; CEREDA, M.P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of Foods Technology**, v. 2, p. 97-102, 1999.

OLIVEIRA, Zilberto Julião Júnior de. **Desenvolvimento de gel adesivo/conduutivo para dispositivos**. 2019. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2019

PARZIANELLO, F.R. **Uso de polímeros em formulações para armazenamento de Trichoderma harzianum E Trichoderma viride**. 2012. Dissertação (*Mestrado em Agrobiologia*) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003, 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2003.

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ Andréa C. K. e MORAES, Ângela M. Biomateriais: Tipos, Aplicações e Mercado. **Quím. Nova**. n. 7, p. 957-971, 2015.

PIRES, Ana Luiza Resende. **Desenvolvimento de curativos flexíveis e neutralizados de quitosana e alginato contendo AlphaSan® RC2000**. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

RABELO, M. **Aditicação de polímeros**, São Paulo: Editora Artlibler, 2000, 242p.

RAHMAN, M.A.; NAHAR, N.; MIAN, A.J.; MOSIHUZZAMAN, M. Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with maturity and climatic conditions. **Food Chemistry**, v.65, n.1, p.91-97, 1999.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher/ Instituto Mauá de Tecnologia, 2007.

RODRIGUEZ, J. C. A. **Preparação e caracterização de filmes de polivinilpirrolidona/ácidos e de blendas de polivinilpirrolidona/poli(4 vinilpiridina)/ácido**. Florianópolis, 2009.

RUDNIK, E. **Compostable polymer materials**. Oxford: Elsevier, 2008.

SAMUEL, J. C.; CAMPBELL, E. L. P.; MJUWENI, S.; MUYCO, P.; CAIRNS, B.; CHARLES, G. The epidemiology, management, outcomes and areas for improvement of burn care in central Malawi: an observational study. **The journal of international medical research**. 2011. Jan;39(3):879-9.

SANTANA, R.F. **Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos a base de amido da semente de jaca plastificados com glicerol ou sorbitol**. 2013, 83fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2013.

SHIMAZU, A. A.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79 – 88, 2007.

SHIRAI, M. E. V.; GROSSMANN, S.; MALI, F.; YAMASHITA, P.S.; GARCIA, C. M O. M. Development of biodegradable flexible films of starch and poly(lactic acid) plasticized with adipate or citrate esters. **Carbohydrate Polymers**, v.92, p. 19– 22, 2013.

SILVA, R.S; TAVARES, W.S. Curativos utilizados no tratamento de queimaduras: uma revisão integrativa. **Rev. Bras Queimaduras**, n.14, p. 300-337, 2015.

SILVA, T.T.A.; SOUZA, L.A.; OLIVEIRA, L.M.; GUIMARÃES, R.M. Temperatura de germinação, sensibilidade à dessecação e armazenamento de sementes de jaqueira. **Revista Ciências Agrônômicas**, Fortaleza, v.4, p.436-439, 2007.

SILVA, W. R.; SERRANO, M. T. R.; MOURA, W. S.; ASCHERID, P. R. **Extração e composição centesimal de amido do caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*)**.48º Congresso Brasileiro de Química. Química na proteção ao meio ambiente e a saúde. Rio de Janeiro, 2008.

SILVEIRA, Benedito Inácio da. **Hidrogéis de polivinilpirrolidona : síntese, caracterização e difusão I**. Benedito Inácio da Silveira. -- Campinas, SP [s.n. J, 1993].

SINGH, B.; PAL, L. “Sterculia crosslinked PVA and PVA-poly(AAm) hydrogel wound dressings for slow drug delivery: Mechanical, mucoadhesive, biocompatible and permeability properties”. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v.9, p.9-21, 2012.

SINGH, R.; CHACHARKAR, M. P. “Dried gamma-irradiated amniotic membrane as dressing in burn wound care”. **Journal of Tissue Viability**, v.20, p.49-54, 2011.

SMANIOTTO P. H. S *et al.* Sistematização de curativos para o tratamento clínico das feridas. **Rev. Bras. Cir. Plas.**, n. 27, p. 623- 646, 2012.

SOUZA, F. R. A. **Efeitos da reticulação com genipina em membranas de quitosana/colágeno para potencial uso como biomaterial**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos) – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2018.

SOUZA, T. S. A. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringa-PR, v.31,n.2, p.225-230, 2009.

STADING, M.; RINDLAV-WESTLING, A., GATENHOLM P.; Humidity-induced structural transitions in amylase and amylopectin films. **Carbohydrate Polymers**; v. 45, p.209-217, 2001.

SWAIN, S. N.; BISWAL, S. M.; NANDA, P. K.; NAYAK, P. L. Biodegradable soy-based plastics: opportunities and challenges. **Journal of Polymer and the Environment**, v. 12, p. 35-42, 2004.

TAGHIZADEH, A.; FAVIS, B. D., FAVIS, B. D. Effect of High Molecular Weight Plasticizer on the Gelatinization of Starch under Static and Shear Conditions. **Carbohydrate Polymers**, 2012.

TÉCNICAS de Curativo. **Portal Educação**, São Paulo, 03 de mar. de 2019. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/enfermagem/tecnicas-de-curativos/5709>>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

TOKMAN, N.; AKMAN, S.; OZEROGLU, C. – Determination of lead, copper and manganese by graphite furnace atomic absorption spectrometry after separation/concentration using a water-soluble polymer, **Talanta**, v.63, 2004, p. 699 – 703.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). Graduação em Física. Ilha Solteira, 2017. Disponível em: <<http://fisic.org/blow-spinning-c-r-cenac-l-carvalho-l-f-malmonge-j-a-malmonge.html>>. Acesso em: 08 out. 2019.

VEIGA- SANTOS,P.; OLIVEIRA, L.M.; CEREDA, M.P.; ALVES, A.J.; SCAMPARINI, A.R.P. Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, v.19, p. 341-349, 2005.

VIÉGAS, Larissa Paiva. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Universidade Estadual do norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytanazes, 2016.

VON RECUM, A. F.; LABERGE, M. Educational goals for biomaterials science and engineering: perspective view. **J. Appl. Biomater.**, New York, v. 6, n. 2, p. 137-144, summer, 1995.

ZHANG, Y.; HAN, J. H. Plasticization of pea starch films with monosaccharides na polyols. **Journal of Food Sciense**, v. 71, p. 253-261, 2006.