



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

MAYARA TORRES DINIZ

**DESENVOLVIMENTO DE GEL DE AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DA JACA
(*Artocarpus Heterophyllus*) COM EXTRATO DE BARBATIMÃO (*Stryphnodendron
Adstringens*) COM POTENCIAL UTILIZAÇÃO EM FERIDAS**

**CAMPINA GRANDE – PB
2023**

MAYARA TORRES DINIZ

**DESENVOLVIMENTO DE GEL DE AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DA JACA
(*Artocarpus Heterophyllus*) COM EXTRATO DE BARBATIMÃO (*Stryphnodendron
Adstringens*) COM POTENCIAL UTILIZAÇÃO EM FERIDAS**

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: Prof. Dr^a. Maria Roberta de Oliveira Pinto.

**CAMPINA GRANDE
2023**

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.

D585d Diniz, Mayara Torres.

Desenvolvimento de gel de amido extraído do caroço da jaca (*Artocarpus Heterophyllus*) com extrato de barbatimão (*Stryphnodendron Adstringens*) com potencial utilização em feridas [manuscrito] / Mayara Torres Diniz. - 2023.

57 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto, Departamento de Química - CCT."

1. Plantas medicinais. 2. Tratamento fitoterápico. 3. Atividade antimicrobiana. I. Título

21. ed. CDD 615.321

MAYARA TORRES DINIZ

DESENVOLVIMENTO DE GEL DE AMIDO EXTRAÍDO DO CAROÇO DA JACA
(*Artocarpus Heterophyllus*) COM EXTRATO DE BARBATIMÃO (*Stryphnodendron
Adstringens*) COM POTENCIAL UTILIZAÇÃO EM FERIDAS

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: 10 / 03 / 2023.

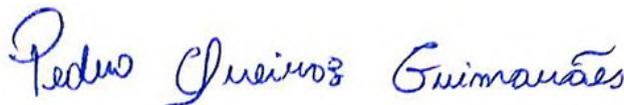
BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto (Orientadora)
DQ/UEPB



Prof. Dra. Edilane Laranjeira Pimentel (Examinadora)
DQ/UEPB



Me. Pesquisador Pedro Queiroz Guimarães (Examinador)
CERTBIO/UFPG

Ao Deus trino, o autor da minha fé, à minha mãe, Núzia Torres, ao meu pai, Jean Márcio, ao meu esposo, Gabriel Guimarães e ao meu amigo e companheiro de curso, Rafael Teles, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus trino, meu Senhor e autor da minha fé, por ter me salvado e abençoado com a sua graciosa presença e com a sua palavra e preceitos que sempre iluminaram o meu caminho e preservaram a minha vida, me dando força, sabedoria e paz nos momentos mais difíceis, quando pensei que não conseguiria e em desistir, por todas as oportunidades e portas abertas, por todas as pessoas, pela capacidade e fé acrescentadas durante essa jornada, por ter me abençoado com tudo o que tenho hoje e por ter me permitido concluir essa jornada. A Ele toda honra, glória, louvor, adoração e devoção!

À minha mãe, Núzia Torres, por todo cuidado, carinho, por seu grande amor, dedicação, ensinamentos, repreensões, por ter me criado tão bem, por ter me ensinado tantos valores preciosos que me fazem ser quem sou hoje, por ter se esforçado para sempre me dar o melhor, por ser a minha base, a minha força, a minha alegria e o motivo de todo o meu empenho, por sempre acreditar em mim e me apoiar, o meu muito obrigada. Eu te amo incondicionalmente!

Ao meu pai, Jean Márcio, por todo esforço e colaboração, financiando todos os meus estudos, por seu incentivo e grande exemplo em correr atrás dos seus sonhos, não temer o futuro e acreditar em si, além do seu amor e muitos conselhos, o meu muito obrigada. Eu te amo incondicionalmente!

Ao meu esposo, Gabriel Guimarães, por ter mudado a minha vida, por me abençoar, por me dar tanto amor e alegria, por toda ajuda, apoio, incentivo e ensinamentos que me deu durante o curso, por ser um grande exemplo para mim em dedicação, profissionalismo, persistência, sabedoria, paciência e felicidade; por todo amor, carinho, companheirismo e dedicação que tens por mim, por ser o meu abrigo, aconchego, segurança, força e alegria, por ser o meu lar, o meu muito obrigada. Eu te amo incondicionalmente!

À minha avó, Custódia, por ter cuidado de mim enquanto minha mãe trabalhava, por ser um exemplo de força, garra, persistência e fé. À minha avó, Vera Lúcia, por ser tão especial, por sempre ter me recebido e cuidado de mim, por ter me ensinado com a sua vida a ser uma mulher forte, batalhadora, verdadeira, bondosa e de fé. Além dos demais valores e ensinamentos que me fizeram ser quem eu sou hoje e chegar aqui, por todo o amor, carinho e dedicação de vocês, o meu muito obrigada. Eu as amo incondicionalmente!

Aos meus irmãos Erick, Beatriz, Sarah, Evelyn e Jeanzinho por iluminarem a minha vida com tanta alegria e amor, por serem lindos presentes de Deus, por serem o motivo da minha dedicação e de não ter desistido, por me impulsionarem a ser sempre um bom exemplo para

vocês em tudo, o meu muito obrigada. Amo vocês incondicionalmente!

Às minhas primas/irmãs, Nathalia Amaral e Raquel Diniz por todo companheirismo, pela verdadeira amizade, carinho, apoio, incentivo e tanto amor; por sempre me ouvirem, estarem sempre do meu lado e por acreditarem em mim, o meu muito obrigada. Vocês são o meu alicerce e minha grande riqueza. Eu as amo incondicionalmente!

Aos meus sogros, Vilma e Ricardo, por tanto carinho, cuidado, apoio, por todo incentivo e ajuda, por acreditarem em mim e por todo o amor que me dão, o meu muito obrigado. Amo muito vocês!

Aos meus familiares e amigos que acreditaram e sempre torceram por mim, por todo carinho, amor, apoio e incentivo, o meu muito obrigada. Amo muito vocês!

Ao meu grande amigo e companheiro de curso, minha duplinha, Rafael Teles, por sua parceria, companheirismo, amizade, por toda ajuda, pelas conversas e alegrias divididas, pelos conselhos, carinho, incentivo, por sempre ter me escutado e me apoiado, por ter sido um grande exemplo para mim e por ter tornado essa trajetória mais fácil e leve, o meu muito obrigado. Te amo, Rafa!

À minha orientadora, Prof. Dr^a. Maria Roberta, por ter me recebido e acreditado em mim, pela oportunidade que me deu, pelos seus ensinamentos, por ser um grande exemplo de pessoa e de profissional, por toda a sua orientação, ajuda, incentivo, apoio, carinho e por ter abençoado a minha vida, o meu muito obrigada.

À todos que fazem parte do laboratório CERTBIO, por terem me acolhido tão bem e pela disponibilização de toda estrutura necessária para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial à Karen Esttéfani e Me. Pedro Queiroz por toda ajuda que me deram para melhorar o meu trabalho, o meu muito obrigada.

À Dra. Edilane Laranjeira e ao Me. Pedro Queiroz, por aceitarem participar da banca examinadora, por suas contribuições e sugestões, o meu muito obrigada.

Aos amigos e colegas de curso pelos momentos de amizade, aprendizados e alegrias, em especial, aos queridos amigos Andreando, Igor, Mayara, Andreza, Giselly e Heloiza, por toda parceria e ajuda, pelas boas conversas e risadas, o meu muito obrigada.

À Universidade Estadual da Paraíba e aos professores que contribuíram para o meu crescimento e formação, em especial, Castor, Kaline, Arimatéia, Sara, Djane, Alex, Igor, Marcia Ramos, Marília, Edilane, Ângela, Vanda, Maria Roberta e Pablicia, vocês são inspiração, o meu muito obrigada.

“Nada estará perdido enquanto estivermos em
busca.”

(Santo Agostinho)

RESUMO

O gel de amido com extrato de barbatimão é uma opção natural para ajudar a tratar feridas. O barbatimão é uma planta medicinal brasileira conhecida por suas propriedades adstringentes e cicatrizantes, enquanto o amido é um espessante natural que ajuda a formar um gel mantendo a umidade da ferida. O extrato da planta pode ajudar a reduzir o inchaço e a inflamação, bem como acelerar o processo de cicatrização da ferida. Além disso, o amido ajuda a formar um gel, promovendo um ambiente favorável para a regeneração dos tecidos e a cicatrização. O uso desse tipo de gel também pode ajudar a prevenir a formação de cicatrizes e minimizar o risco de infecções. Esse trabalho tem como objetivo desenvolver e caracterizar um gel de amido/barbatimão para utilização em feridas. Os géis foram confeccionados por meio da gelatinização do amido extraído do caroço de jaca e adição do extrato alcoólico de barbatimão. Após 30 dias acondicionados em temperatura ambiente (23°C à 30°C) e sob refrigeração (2°C à 6°C), eles foram caracterizados por microscopia óptica (MO), espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), determinação de pH e propriedades organolépticas. O amido extraído do caroço de jaca apresentou coloração esbranquiçada, teor de umidade e cinzas de acordo com os valores estabelecidos pela legislação em vigor, visto que foi inferior aos valores máximos de umidade e cinzas, difratograma de raio X referentes ao padrão de cristalinidade do tipo A, que ocorre na maioria dos cereais e espectro de FTIR das bandas referentes a deformações moleculares existentes nas moléculas de amido. No espectro FTIR do extrato de barbatimão foram encontradas bandas associadas a polifenóis, como os flavonoides e taninos, e o mesmo apresentou atividade antimicrobiana frente à cepa de *Staphylococcus aureus*. O gel de amido/barbatimão apresentou característica de gel, viscosidade inferior ao gel de amido, aglomeração de partículas insolúveis e formação de bolhas, valores de pH aceitáveis para pele e após 30 dias de acondicionamento não foram verificados fungos e bolores. A importância do gel de amido com extrato de barbatimão para o tratamento de feridas é que ele é uma opção natural e segura, sem os efeitos colaterais muitas vezes associados a medicamentos químicos.

Palavras-Chave: plantas medicinais; tratamento fitoterápico; atividade antimicrobiana.

ABSTRACT

Starch gel with barbatimão extract is a natural option to help treat wounds. Barbatimão is a Brazilian medicinal plant known for its astringent and healing properties, while the starch is a natural thickener that helps form a gel keeping the wound moist. The plant extract can help reduce swelling and inflammation, as well as speed up the wound healing process. In addition, starch helps to form a gel, promoting a favorable environment for tissue regeneration and healing. Using this type of gel can also help prevent scarring and minimize the risk of infections. This work aims to develop and characterize a starch/barbatimão gel for use in wounds. The gels were made by gelatinizing the starch extracted from the jackfruit seed and adding the alcoholic extract of barbatimão. After 30 days at room temperature (23°C to 30°C) and under refrigeration (2°C to 6°C), they were characterized by optical microscopy (OM), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), determination of pH and organoleptic properties. The starch extracted from the jackfruit seed showed a whitish color, moisture and ash content in accordance with the values established by the legislation in force, since it was lower than the maximum values of moisture and ash, X-ray diffractogram referring to the crystallinity pattern of the type A, which occurs in most cereals and FTIR spectrum of bands referring to molecular deformations in starch molecules. In the FTIR spectrum of barbatimão extract, bands associated with polyphenols were found, such as flavonoids and tannins, and it showed antimicrobial activity against the *Staphylococcus aureus* strain. The starch/barbatimão gel showed gel characteristics, lower viscosity than the starch gel, agglomeration of insoluble particles and bubble formation, acceptable pH values for the skin and after 30 days of conditioning, no fungus and mold were observed. The importance of starch gel with barbatimão extract for treating wounds is that it is a natural and safe option, without the side effects often associated with chemical medications.

Keywords: medicinal plants; herbal treatment; antimicrobial activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da cicatrização de feridas e o papel dos biopolímeros em cada fase ...	25
Figura 2 – Representação da estrutura química da amilose e amilopectina	26
Figura 3 – Frutos da jaqueira (A), polpa (B) e sementes (C) da jaca	31
Figura 4 – Árvore (A), Casca da árvore (B), Fruto (C) e Flor do Barbatimão (D)	34
Figura 5 – Fluxograma da extração do amido do caroço da jaca	38
Figura 6 – Fluxograma da preparação do extrato alcoólico de barbatimão	39
Figura 7 – Fluxograma da preparação dos géis de amido e amido/barbatimão	39
Figura 8 – Processo de aquecimento e agitação constante à 90°C da mistura de água, amido e glicerina	40
Figura 9 – Amido extraído do caroço de jaca	43
Figura10 – DRX do amido extraído do caroço de jaca	44
Figura11 – Gráfico de FTIR do amido extraído do caroço de jaca	45
Figura12 – Extrato de barbatimão liofilizado	45
Figura13 – Espectros de FTIR do extrato de barbatimão liofilizado	46
Figura14 – Atividade antimicrobiana do extrato de barbatimão	47
Figura15 – Gel de amido (A) e amido/barbatimão (B)	47
Figura16 – Imagens de MO para o gel de amido (A) e amido/barbatimão (B)	48
Figura17 – FTIR do extrato de barbatimão, do gel amido/barbatimão e do gel de amido	49
Figura18 – Géis de amido e amido/barbatimão após a gelatinização (A) e depois de 30 dias acondicionados em temperatura ambiente (B) e sob refrigeração (C) ...	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosina trifosfato
PA	Alta pureza
DRX	Difração de Raio X
FTIR	Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier
MO	Microscopia óptica
min	Minuto
PB	Paraíba
pH	Potencial hidrogeniônico
Resf	Resfriado
T_{amb}	Temperatura ambiente
T_m	Temperatura de fusão
T_g	Temperatura de transição vítrea

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa
Å	Angstrom
°C	Celsius
cm	Centímetro
g	Gramas
°	Grau
m	Metro
μm	Micrómetro
mA	Miliampere
mL	Mililitro
mm	Milímetro
%	Porcentagem
Kg	Quilogramas
kV	Quilovolt
V	Volume
θ	Teta
x	Vezez

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Feridas	16
2.2	Curativos	18
2.3	Biomateriais	20
2.3.1	<i>Biopolímeros</i>	22
2.4	Amido	25
2.4.1	<i>Jaqueira (Artocarpus Heterophyllus)</i>	30
2.5	Barbatimão (Stryphnodendron Adstringens)	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1	Materiais	38
3.2	Método	38
3.2.1	<i>Extração do amido do caroço de jaca</i>	38
3.2.2	<i>Preparação do extrato alcoólico de barbatimão</i>	39
3.3.3	<i>Preparação do gel</i>	39
3.3	Caracterizações	40
3.3.1	<i>Caracterizações do amido extraído do caroço de jaca</i>	40
3.3.1.1	<i>Teor de umidade e cinzas</i>	40
3.3.1.2	<i>Difração de Raios X – DRX</i>	41
3.3.1.3	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	41
3.3.2	<i>Caracterizações do extrato de barbatimão</i>	41
3.3.2.1	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	41
3.3.2.2	<i>Ensaio microbiológicos</i>	41
3.3.3	<i>Caracterizações dos géis</i>	41
3.3.3.1	<i>Microscopia óptica - MO</i>	41
3.3.3.2	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	42
3.3.3.3	<i>Potencial hidrogeniônico – pH</i>	42

3.3.3.4	<i>Propriedades organolépticas</i>	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Amido do caroço de jaca	43
4.1.1	<i>Teor de umidade e cinzas</i>	43
4.1.2	<i>Difração de Raios X – DRX</i>	43
4.1.3	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	44
4.2	Caracterizações do extrato de barbatimão	45
4.2.1	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	45
4.2.2	<i>Ensaio microbiológicos</i>	46
4.3	Caracterizações dos géis	47
4.3.1	<i>Microscopia óptica (MO)</i>	48
4.3.2	<i>Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR</i>	48
4.3.3	<i>Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	49
4.3.4	<i>Propriedades organolépticas (aspecto, cor e odor)</i>	50
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

Existe uma alta demanda de consumo de fármacos para o tratamento de feridas devido ao avanço da tecnologia e das pesquisas científicas. É perceptível que quanto maior é essa demanda, maior é a exigência dos consumidores acerca da qualidade e do custo/benefício dos produtos que acabam gerando bastante concorrência entre os produtores, resultando em grande diversidade e versatilidade de produtos. Para Smaniotto *et al* (2012), a variedade de curativos é cada vez maior e a pressão da indústria farmacêutica para ocupar espaço no mercado não para de crescer. Ainda não existem curativos ideais para tratar toda e qualquer ferida, porém um arsenal terapêutico vasto capaz de auxiliar o reparo tecidual em várias situações já é uma realidade.

Produtos de origem natural também têm sido largamente utilizados historicamente no tratamento de feridas, com muitas vantagens. Extratos de plantas ou substâncias de origem natural podem conter químicos benéficos como antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatórios e promotores da cicatrização. Estes químicos podem apresentar um papel específico no tratamento de feridas (SIVAMANI *et al*, 2012; IBRAHIM *et al*, 2018 *apud* ALVES, 2022).

Segundo Panizza *et al* (1988), uma planta medicinal que se destaca no uso terapêutico é o barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman Martius*), uma leguminosa do cerrado brasileiro. Apresenta efeito adstringente que contém como princípios ativos o tanino, flobafenos e um glicídio solúvel. A sua ação farmacológica como cicatrizante de feridas e úlceras se deve à riqueza de taninos. Para Costa (1986 *apud* Eurides *et al*, 1996), as propriedades adstringentes do barbatimão permitem que as proteínas das células superficiais da mucosa e dos tecidos lesados desprotegidos se precipitem, formando um revestimento protetor contra a multiplicação bacteriana, promovendo uma ação antisséptica.

Os biopolímeros ou polissacarídeos também vêm ganhando apreciável interesse para uso no âmbito médico devido a várias de suas propriedades, tais como regeneração celular, biodegradabilidade e por mimetizar os componentes da matriz extracelular, o que os tornam elementos-chave em processos biológicos. Estes biopolímeros também são muito importantes devido a sua solubilidade e propriedades tecnológicas, como gelificação, emulsificação e efeito hidratante, dentre outras. Os polissacarídeos são obtidos a partir de fontes microbianas, animais, vegetais ou de algas e, assim como as proteínas, podem ser processados como géis, filmes, partículas e pós (RINAUDO, 2008; ANGELOVA e HUNKELER, 1999 *apud* PIRES

et al, 2015). Entre os biopolímeros que estão sendo aplicados como materiais para a engenharia de tecidos, destacam-se os polímeros naturais como o alginato, a gelatina, o colágeno, a quitosana, o amido, entre outros (FERNANDES *et al*, 2019).

Várias plantas exóticas possuem características desejáveis quanto ao teor de amido, porém vem sendo pouco exploradas. A espécie *Artocarpus heterophyllus* L., a jaca, 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 *apud* LEONCIO, 2019). Em pico de safra, o alcance de menores preços devido ao excesso de oferta e a concorrência de outras frutas, causam grandes perdas. Portanto, faz-se necessária a industrialização, como alternativa para reduzir as perdas (DE SOUZA *et al*, 2009).

O desenvolvimento de um gel de amido extraído do caroço da jaca (*Artocarpus Heterophyllus*) com extrato de barbatimão (*Stryphnodendron Adstringens*) a fim de utilizá-lo como cicatrizante em feridas justifica-se, primeiramente, pela eficácia do barbatimão na cicatrização, pela facilidade e disponibilidade das matérias-primas, tendo em vista que são sementes e plantas encontradas facilmente pela região, assim como pelo reaproveitamento da semente da jaca que comumente é descartada após o seu consumo. Esse reaproveitamento confere uma ótima relação de custo/benefício além de colaborar com o meio ambiente, por serem materiais biodegradáveis, podem ser decompostos no meio ambiente, gerando uma agressão bem menor quando comparados com outros cicatrizantes.

Devido à grande procura no melhoramento do tratamento de feridas, por terapias alternativas, nota-se o retorno do interesse pelas plantas medicinais e isto se deve principalmente à ineficácia de alguns produtos, ao alto valor de certos medicamentos e à busca da população por tratamentos menos agressivos ao organismo humano, pois a utilização de biomateriais poliméricos em forma de géis, por exemplo, pode evitar certas consequências desagradáveis pelo fato de possibilitarem a incorporação do biomaterial e a neoformação tecidual com a máxima preservação da anatomia e com a mínima agressão ao organismo. Por se tratar de um gel, a facilidade e versatilidade na hora da aplicação será um grande auxílio em casos em que é necessário aplicar em regiões de difícil acesso.

Assim, o presente trabalho visa desenvolver e caracterizar um gel à base de amido extraído do caroço da jaca com adição do extrato de barbatimão como bioativo para potencial utilização na cicatrização de feridas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Feridas

A pele é o maior órgão do corpo humano, correspondendo a aproximadamente 16% do peso corporal (ISAAC *et al*, 2010), sendo fundamental para a manutenção da homeostase. Tem como funções a termorregulação, proteção, excreção de água e eletrólito, percepção sensitiva, além de refletir a imagem corporal (PASSARETTI *et al* 2011). A pele atua como uma barreira de proteção do corpo (FAGUNDES *et al*, 2020). Quando essa barreira é agredida por fatores internos ou externos, a estrutura da pele é afetada gerando uma fissura na mesma, formando assim a ferida ou lesão.

As feridas são eventos que podem afetar a fisiologia da pele (ISAAC, C. *et al*, 2010,). Uma ferida é representada pela interrupção da continuidade de um tecido corpóreo, em maior ou menor extensão, causada por qualquer tipo de trauma físico, químico, mecânico ou desencadeada por uma afecção clínica, que aciona as frentes de defesa orgânica para ou contra o ataque (CAMPOS *et al*, 2007). Feridas são definidas como a perda da solução de continuidade do tegumento, representadas não apenas pela ruptura da pele e do tecido celular subcutâneo, mas também, em alguns casos músculos, tendões e ossos. As feridas são classificadas quanto à etiologia, complexidade e tempo de existência (DE SOUZA SMANIOTTO, 2010). Para Cunha (2006) a ferida é algo que fragiliza, podendo, em muitas das vezes, incapacitar o paciente de desenvolver suas atividades diárias. Sabe-se que a presença de uma ferida causa desconforto, mudanças de estilo de vida e no bem-estar psicológico dos pacientes, especialmente nos casos em que há comprometimento da autoimagem e negação do estado de saúde (VIDERES *et al*, 2013, *apud* SILVA, 2018).

Ao longo dos anos, o tratamento de feridas tem melhorado cada vez mais, pelo fato de atualmente haver um vasto conhecimento sobre o assunto que é resultado do avanço tecnológico e conseqüentemente das pesquisas científicas. Para Jorge e Dantas (2003), a análise e o tratamento de feridas vêm se destacando gradativamente como uma particularidade de atenção à saúde por ser cada vez mais científico e característico. Contudo, ainda existem certas dificuldades tanto para o portador da ferida como para quem vai realizar o tratamento da mesma. Segundo Morais (2008), as feridas têm sido um problema de saúde pública no Brasil, devido ao grande número de modificações na pele em que toda a população no geral é acometida, resultando em uma alta demanda financeira. Além de enormes gastos, aumento do

tempo de internação e a morbimortalidade dos pacientes acometidos (PASSARETTI *et al*, 2011).

O objetivo do tratamento de uma ferida é a cicatrização sem complicações, com a restauração das funções e prevenção das sequelas, devendo levar em consideração a busca de uma cicatrização funcional e estética do paciente facilitando a cura fisiológica e a prevenção ou eliminação de fatores locais, sistêmicos ou externos que interfiram no processo de recuperação. Também deve levar em conta o bem-estar físico e mental do paciente durante todo o processo de tratamento, bem como promover o conforto do paciente, a prevenção de cicatrizes desfigurantes, a regressão da lesão e a promoção de condições ideais para a geração de um novo tecido (FERREIRA; PÉRICO, 2002, *apud* SANTOS *et al* 2010).

Segundo Pereira e Bachion (2005) as feridas são alvo de estudo desde muito tempo, pois trata-se de um assunto extremamente relevante e preocupante. Como resultado, nos trouxe muitos avanços no conhecimento sobre os tipos de lesões, reabilitação do tecido afetado, assim como tudo o que as envolve.

Para Malaquias (2015 *apud* RAMALHO, 2018), Attinger *et al* e Hansen *et al* (2006, *apud* DE SOUZA SMANIOTTO, 2010) as feridas podem ser agudas ou simples e crônicas ou complexas, sendo que às primeiras, estão associadas ao processo de cicatrização não complicado, organizado e habitualmente rápido à restauração da integridade funcional e anatômica, que evolui espontaneamente para a resolução, seguindo as três fases da cicatrização fisiológica: inflamação, proliferação celular e remodelagem tecidual. A principal causa destas são os traumatismos, seguido de feridas térmicas, infecciosas, químicas, vasculares, alérgicas e radioativas. A ferida crônica ou complexa é qualquer alteração nas funções anatômicas e fisiológicas dos tecidos, complicadas pela presença de uma ou mais doenças crônicas ou patologias sistêmicas associadas, com duração superior a três meses. São lesões que acometem áreas extensas e/ou profundas, que necessitam de recursos especiais para sua resolução, têm seu processo de evolução natural alterado e representam ameaça à viabilidade de um membro ou feridas recorrentes que reabram ou necessitem de tratamento mais elaborado.

A cicatrização de feridas consiste em perfeita e coordenada cascata de eventos celulares, moleculares e bioquímicos que interagem para que ocorra a reconstituição tecidual. Os mecanismos de cicatrização são descritos da seguinte forma: fase inflamatória, fase de proliferação ou de granulação e fase de remodelamento ou de maturação (RAMALHO *et al*, 2018). Em geral, são três fases não lineares, mas que se sobrepõem ao longo do tempo. Na

primeira delas, reação inflamatória, há as respostas vasculares como coagulação do sangue e liberação de leucócitos, que iniciarão o processo de reparo. Na segunda fase, de proliferação, há formação de tecido epitelial para cobertura da superfície da ferida ao mesmo tempo em que é produzido tecido granular para preencher os vazios da ferida, pela proliferação de fibroblastos e matrizes extracelulares, como colágenos, além de novos vasos sanguíneos. Uma vez que novos tecidos tenham sido formados, inicia-se a terceira fase, de remodelagem, em que há a restauração da integridade estrutural e funcional dos tecidos (BROUGHTON *et al*, 2006; LI *et al*, 2007, *apud* ALVES, 2022).

Segundo Sampaio *et al* (2018), para reconstruir a função de proteção da pele, aumentar o processo de cicatrização e diminuir a propensão de infecção local da ferida, deve ser usada uma cobertura, denominada de curativo.

Dentre as formas de favorecer a cicatrização de feridas, pode-se destacar a aplicação de curativos tópicos e, assim, a utilização de materiais como os biopolímeros (ALVES, 2022). Produtos de origem natural também têm sido largamente utilizados historicamente no tratamento de feridas, com muitas vantagens. Extratos de plantas ou substâncias de origem natural podem conter químicos benéficos como antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatórios e promotores da cicatrização. Estes químicos podem apresentar um papel específico no tratamento de feridas (SIVAMANI *et al*, 2012; IBRAHIM *et al*, 2018 *apud* ALVES, 2022).

2.2 Curativos

Curativo ou cobertura é definido como um meio terapêutico que consiste na limpeza e aplicação de material sobre uma ferida para sua proteção, absorção e drenagem, com o intuito de melhorar as condições do leito da ferida e auxiliar em sua resolução (HARDING *et al*, 2002 *apud* DE SOUZA SMANIOTTO, 2010). Um curativo ideal é aquele capaz de manter alta a umidade entre a sua interface e a da ferida, remover o excesso de exsudação, permitir trocas gasosas, fornecer isolamento térmico, ser impermeável a bactérias, ser isento de partículas contaminadas externas à ferida e permitir sua remoção sem causar trauma na ferida (DEALEY, 2001 *apud* SANTOS *et al*, 2010).

De acordo com Bueno (2015), há um grande conhecimento sobre os vários tipos de curativos usados para o tratamento de lesões de pele, desde os curativos tradicionais como gaze, pomadas e ataduras, aos curativos bioativos, que agem diretamente nas camadas da pele

liberando substâncias ativas durante a cicatrização da ferida, fazendo com que o processo de recuperação do tecido seja mais rápido.

Curativos convencionais atuam apenas como cobertura passiva da ferida, mantendo-a protegida do ambiente. Entretanto, idealmente um curativo deve não apenas proteger a lesão, mas também promover o processo de cicatrização, proporcionando um microambiente adequado, hidratado e com isolamento térmico, removendo o excesso de exsudato e promovendo as trocas gasosas. Neste contexto, propostas de terapias alternativas que busquem o restabelecimento mais rápido e efetivo da pele lesada são de grande relevância. (JAYAKUMAR *et al*, 2011; PRAHSARN *et al*, 2006 *apud* BUENO, 2015).

A cicatrização através do meio úmido tem as seguintes vantagens quando comparadas ao meio seco: prevenir a desidratação do tecido que leva à morte celular; acelerar a angiogênese; estimular a epitelização e a formação do tecido de granulação; facilitar a remoção de tecido necrótico e fibrina; servir como barreira protetora contra microorganismo; promover a diminuição da dor; evitar a perda excessiva de líquidos; e evitar traumas na troca do curativo (FRANCO e GONÇALVES, 2008).

Esses produtos têm avançado científica e tecnologicamente ao longo dos anos, tendo uma enorme variedade que promovem a cicatrização, incluindo insumos direcionados à proteção da pele contra lesões; “prevenção de infecções; produtos para higienização e antissepsia; produtos para desbridamento químico, enzimático, autolítico ou mecânico; coberturas primárias (entram em contato direto com o leito da ferida) ou secundárias (servem para fixar as coberturas primárias); produtos para fixação de coberturas e complementos (faixas, ataduras) e agentes tópicos”. Os novos produtos visam não apenas acelerar o processo cicatricial, mas, também, reduzir possíveis complicações (MANDELBAUM, 2003; TAVARES, 2015 *apud* SILVA *et al*, 2018).

Pesquisas recentes na área de Biomateriais e Nanotecnologia têm sido feitas a fim de aumentar a eficácia terapêutica de curativos em relação aos tradicionais. Neste contexto, o uso de curativos com princípios ativos para feridas crônicas visam melhorar o processo natural de cicatrização, atuando em aspectos que o dificultam, tais como inflamação excessiva, isquemia, cicatrização e infecção da ferida (DWIVEDI *et al*, 2016 *apud* SAMPAIO, 2018). Kumar *et al* (2018, *apud* ALVES, 2022), também destacam que a aplicação de um biomaterial adequado desperta grande interesse na cura de feridas e que sua aplicação para fins clínicos e biomédicos é devida à sua versatilidade, que inclui boas

propriedades mecânicas, biocompatibilidade e biodegradabilidade, além de não imunogenicidade.

2.3 Biomateriais

De acordo com SAMPAIO (2018), desde o século XX, os biomateriais têm demonstrado grande eficácia na cicatrização de feridas. Com a liberação de vastos polímeros, após a segunda guerra mundial, os mesmos têm sido adotados em aplicações na área da saúde e esses biomateriais têm sido explorados e analisados desde então, gerando uma aplicabilidade benéfica para indústria médica resultando em grande produção de curativos modernos.

Os biomateriais compreendem uma representativa fração dos produtos utilizados na área de saúde. Dentre eles, podem ser citados como exemplos 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 (PIRES *et al*, 2015).

O termo biomaterial vem sendo definido de diversas formas por vários autores ao longo dos últimos anos devido aos constantes avanços neste campo de pesquisa. Após debates e discussões sobre sua definição, Williams (2009, *apud* BUENO, 2015) redefiniu o termo biomaterial como sendo uma substância projetada para tomar uma determinada forma tal que, sozinha ou como parte de um sistema complexo, pode ser utilizada para direcionar qualquer procedimento terapêutico ou diagnóstico, na medicina humana ou veterinária.

Inicialmente, e até o século XIX, a abordagem adotada no desenvolvimento e aplicação dos biomateriais era fundamentalmente do tipo tentativa e erro, mas, mais recentemente, enfoques marcadamente sistemáticos têm sido a tônica nos estudos nesta área. No início do uso dos biomateriais de forma mais sistematizada, nas proximidades da década de 50, buscavam-se os materiais bioinertes (foco no material em si). Com o passar do tempo, a meta passou a ser a bioatividade dos biomateriais, e mais recentemente, o objetivo tem sido a regeneração de um tecido funcional de fato, com foco, então, no aspecto biológico (RATNER *et al*, 2013 *apud* PIRES, 2015)

Dentre os fatores que governam a escolha de um material para a produção de determinado dispositivo biomédico, a biocompatibilidade está entre os mais importantes. A biocompatibilidade refere-se à capacidade do material de não despertar respostas biológicas

indesejáveis que poderiam culminar, por exemplo, na rejeição do material pelos tecidos que o circundam e pelo corpo como um todo. Materiais biocompatíveis não irritam as estruturas biológicas que os cercam, não provocam respostas inflamatórias, não incitam reações alérgicas ou imunológicas e não causam câncer (PARK *et al*, 2003 *apud* BUENO, 2015).

Nota-se, assim, que a biocompatibilidade é um dos principais fatores correlacionados com o sucesso da aplicação clínica dos biomateriais e, desta forma, um dos pontos desafiadores no desenvolvimento destes produtos (SCHNEIDER *et al*, 2011 *apud* SANTOS, 2013). Santos (2013) acrescenta que em certas utilizações, a resposta do tecido também é estimulada pela biodegradação do biomaterial. Além dos fatores citados, como a biocompatibilidade, os biomateriais também devem apresentar características fundamentais como a biofuncionalidade, relacionado à capacidade de um dispositivo desempenhar a função para a qual foi projetado e bioatividade, característica que permite a formação de tecidos sobre a superfície do biomaterial (BOMFIM, 2014 *apud* SOUZA, 2018).

Os biomateriais abrangem classes distintas de materiais, na qual podem ser cerâmicos, metálicos, poliméricos ou compósitos e são classificados de acordo com a compatibilidade que apresentam com os tecidos adjacentes: I) Biotolerantes, quando há a formação de uma camada de tecido fibroso que os isola dos tecidos adjacentes; II) Bioinertes, quando provocam uma resposta biológica sutil, podendo induzir a formação de uma cápsula de tecido fibroso; III) Bioreabsorvíveis, quando é degradado pelo próprio organismo e substituído pelo tecido; e IV) Bioativos, que ligam-se quimicamente ao tecido, possibilitando o crescimento do tecido sobre sua superfície (GOIA, 2008; RATNER, 1996; BOMFIM, 2014 *apud* SOUZA, 2018), além de serem disponibilizados em diferentes formatos e formas de apresentação, tais como adesivos, géis, cilindros, discos, microesferas, grânulos, filmes, membranas, pós, plásticos, blendas, borrachas, fibras, espumas, dentre outros (MARTIN, 2000; Koutsos, 2009 *apud* SANTOS, 2013).

A indústria responsável pela produção dos biomateriais é segmentada com base em dois critérios, o primeiro referente a composição do material (cerâmico, metálico, polimérico ou compósito) e o segundo relacionado a sua aplicação, se de uso ortopédico, cardiovascular, odontológico, oftalmológico, cirurgia plástica, engenharia tecidual, tratamento de lesões, desordens neurológicas e do sistema nervoso central, além de incluir também dispositivos com outras aplicações, como gastrointestinais e urinárias, ou como sistemas de liberação de drogas e para cirurgia bariátrica (PIRES, 2015 *apud* SOUZA, 2018). Nesse sentido, Pires (2015) afirma convictamente que a abordagem para o desenvolvimento de biomateriais é, por

natureza, pluridisciplinar e que prioriza a junção de objetivos. Desse modo, a biocompatibilidade, com frequência associada à hemocompatibilidade, citotoxicidade, alergenicidade, estimulação de adesão e proliferação celular sobrepuja-se como propriedades biológicas; a morfologia da superfície, energia superficial, encaixe anatômico, rugosidade, porosidade, cor, transparência e permeabilidade como propriedades físicas, a tensão de ruptura, alongamento e flexibilidade como propriedades mecânicas e densidade, estabilidade, resistência à esterilização e forma de degradação quando em contato com o organismo como propriedades químicas.

Pires (2015) acrescenta que futuramente, o mercado de biomateriais poliméricos tende a expandir-se intensamente, mesmo os biomateriais metálicos dominando o mercado mundial atual, devido a características mais apropriadas quanto à flexibilidade, elasticidade, inércia biológica, biocompatibilidade e longevidade. As principais vantagens dos biomateriais poliméricos em comparação com os materiais cerâmicos ou metálicos incluem a facilidade de fabricação para produzir formas variadas (partículas, filmes, fios, dentre outros), o processamento secundário, custo razoável e disponibilidade em encontrar materiais com propriedades mecânicas e físicas desejadas para aplicações específicas (WONG; BRONZINO, 2007 *apud* PIRES, 2015). Park e Bronzino (2003 *apud* BUENO 2015) acrescentam que os polímeros apresentam vantagens se comparados aos metais e cerâmicas, como a manufaturabilidade, podendo tomar diversas formas como látex sintético (emulsão de micropartículas poliméricas em meio aquoso), filmes, folhas, fibras e partículas, dentre outras.

Os polímeros podem ser utilizados na constituição de instrumentos médicos descartáveis, próteses, implantes, curativos, scaffolds (suportes para crescimento celular), dispositivos extracorpóreos, agentes encapsulantes e sistemas de liberação de fármacos. Vários polímeros biodegradáveis têm se destacado no campo dos biomateriais devido à sua processabilidade e boa biocompatibilidade, gerando produtos não citotóxicos durante sua degradação.

2.3.1 Biopolímeros

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, como: milho, cana-de-açúcar, celulose, quitina, e outras. As fontes renováveis são assim conhecidas por possuírem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis como o petróleo, o qual leva milhares de anos para se formar (BRITO *et al*, 2011). Biopolímeros são aqueles formados na natureza durante os ciclos de crescimento de

organismos vivos envolvendo, normalmente, reações catalisadas por enzimas, polimerização em crescimento de cadeia de monômeros ativados e formados pelas células em processos metabólicos complexos. Podem ser classificados de acordo com sua composição química, origem e método de síntese, método de processamento, importância econômica e aplicação, além de outros parâmetros (GHANBARZADEH e ALMASI, 2013 *apud* ALVES, 2022). De acordo com Fernandes (2009), os biopolímeros são materiais poliméricos de origem natural ou sintética, que são utilizados em aplicações biomédicas. Em sua maioria, eles são biodegradáveis, o que os tornam mais atrativos do que os biomateriais tradicionais, os quais apresentam problemas de biocompatibilidade e biodegradabilidade, quando implantados por períodos longos de tempo.

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 *apud* LEÔNICIO, 2019).

Neste crescente mercado dos biomateriais, os polissacarídeos aparecem com grande destaque devido à sua estrutura química, aliada a propriedades atraentes como toxicidade reduzida ou inexistente, hidrofiliabilidade, biocompatibilidade, biodegradabilidade, multi quiralidade e multifuncionalidade (HABIBI *et al*, 2012 *apud* BUENO, 2015). Alguns exemplos de polissacarídeos comumente empregados na constituição de biomateriais são a quitosana, o alginato, a xantana, a pectina, a celulose, a dextrina, o ácido hialurônico, a galactomanana, a carragena, a agarose, a gelana, a goma guar, a heparina e o amido (BUENO, 2015).

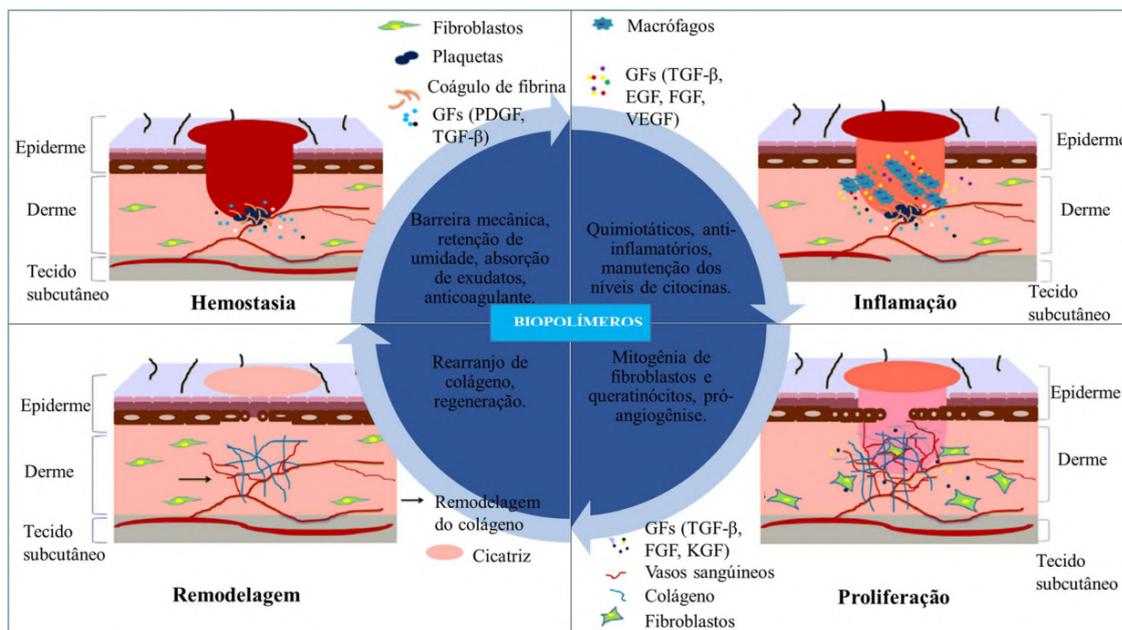
De acordo com Brito *et al* (2011), o grande interesse pelos biopolímeros estão relacionados a alguns aspectos socioeconômicos e ambientais, sendo o enorme impacto ambiental causado pelos processos de extração e refino utilizados para produzir os polímeros derivados do petróleo, a carência do petróleo e o valor cobrado por ele. Assim como o fato da grande maioria desses polímeros derivados do petróleo não serem biodegradáveis, o que acaba gerando um amontoamento de lixo sem uma finalidade, e esses resíduos levarão muito tempo para serem desfeitos e absorvidos pela natureza. Yu e Chen (2009 *apud* ALVES, 2022) acrescentam que os polímeros de fontes renováveis têm chamado atenção por duas razões principais: preocupações com o meio-ambiente e o conhecimento de que os recursos disponíveis de fontes não-renováveis são finitos. Além disso, são uma possível fonte de renda para os atores envolvidos em sua produção.

Um grande número de biopolímeros tem sido estudado como materiais para a engenharia de tecidos. Entre eles estão alguns polímeros sintéticos (ácido láctico-co-glicólico, etileno glicol, álcool vinílico e poliuretano), e os polímeros naturais como o alginato, a gelatina, o colágeno, o amido, a quitosana, entre outros. Dentre estes, os polímeros naturais são de particular interesse, dado que, sendo componentes naturais de seres vivos, apresentam semelhança química e biológica aos tecidos naturais (KIM *et al*, 2008 *apud* FERNANDES 2009).

As aplicações dos biopolímeros na medicina regenerativa incluem o tratamento de feridas e a liberação controlada de fármacos, entre outras. Isto se deve às características de biodegradabilidade, biocompatibilidade, semelhança com a matriz extracelular e por induzir e estimular o processo de cicatrização de feridas (MOGOŞANU e GRUMEZESCU, 2014; RINAUDO, 2008; BELLINI *et al*, 2012 *apud* PIRES *et al*, 2015). Sua degradação depende de processos enzimáticos e por isso há maior propensão destes materiais serem metabolizados pelo organismo humano, porém, sua taxa de degradação pode variar de paciente para paciente. Além do mais, os polímeros naturais possuem grupos funcionais (como grupamentos amino, grupos carboxílicos e hidroxilas) disponíveis para modificações químicas (hidrólise, oxidação, redução, esterificação, ligações cruzadas, etc.) e enzimáticas e, também, para interagir com outras moléculas, o que permite a obtenção de uma vasta variedade de produtos com propriedades adaptáveis (CHEUNG *et al*, 2007; GOMES *et al*, 2013 *apud* PIRES *et al*, 2015).

Uma das maiores vantagens da utilização de biopolímeros no tratamento de feridas é devida à sua habilidade de absorção de água quando secos e liberação dela quando hidratados, além das formulações com esse tipo de material poderem ser carregadas com drogas para liberação controlada e moldadas para utilização como suportes de crescimento para células na engenharia de tecidos (Smith *et al*, 2016 *apud* ALVES, 2022). Além das características já mencionadas, os biopolímeros podem, em muitos casos, apresentar outras características interessantes no tratamento de feridas, e na composição de curativos, tais como antibacterianas, anti-inflamatórias e promotoras de crescimento celular (KUMAR *et al*, 2018 *apud* ALVES, 2022). Sahana e Recka (2018 *apud* ALVES, 2022) apresentam um esquema do papel que deve ser desempenhado por biopolímeros em cada etapa do processo de cicatrização de feridas, mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Fases da cicatrização de feridas e o papel dos biopolímeros em cada fase



Fonte: Adaptado de Sahana e Recka (2018) por Alves (2022).

Segundo Brito *et al* (2011), os polissacarídeos representam de longe os biopolímeros mais abundantes da terra, com celulose, quitina e amido dominando.

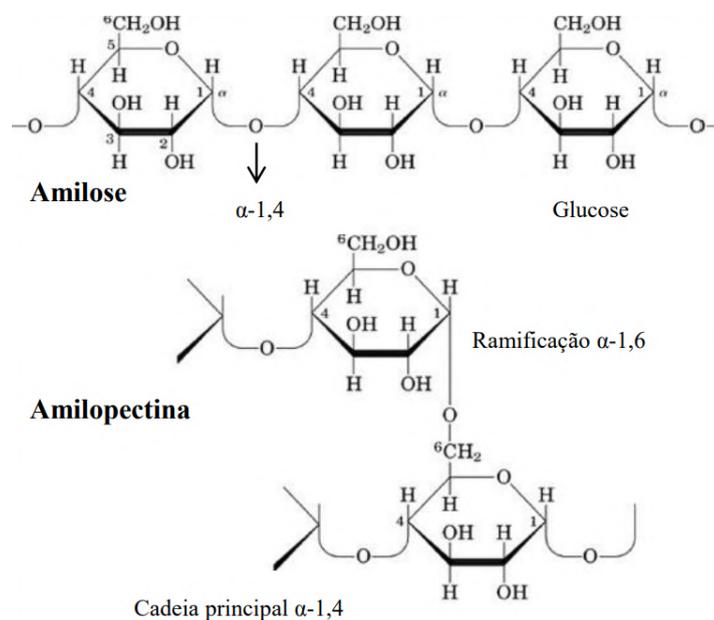
Um dos biopolímeros mais utilizados para compor materiais biodegradáveis é o amido. Essa utilização se justifica pelo problema do desperdício de resíduos agroindustriais e possíveis danos que estes venham a acarretar ao meio ambiente agregados ao potencial que eles apresentam características como a biodegradabilidade, 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 *apud* LEONCIO, 2019).

2.4 Amido

A origem do termo amido vem da palavra Greco-latina “amylum” que justamente quer dizer material farináceo. Muitos países usam apenas o termo amido para se referir a produtos amiláceos, que são obtidos de fontes vegetais. No Brasil há duas nomenclaturas referentes a produtos amiláceos: amido – fração amilácea em órgãos aéreos como grãos e frutas – e fécula, que se refere à fração amilácea de órgãos subterrâneos como raízes e tubérculos. Não há diferenciação química, mas na origem do produto e em propriedades funcionais e tecnológicas. (CIACCO *et al*, 1982; CEREDA, 2003 *apud* FILHO, 2009).

O amido é um carboidrato de reserva vegetal composto principalmente por dois polissacarídeos, ambos formados de unidades repetitivas de α -D-glicose durante o processo de fotossíntese; a amilose (20-30%), molécula essencialmente linear, e a amilopectina (70-80%), que possui uma estrutura altamente ramificada. Para além da amilose e da amilopectina, apesar de controversa, alguns autores defendem a existência de um chamado material intermediário no amido. Este material está correlacionado às frações com tamanhos distintos dos encontrados na amilose e amilopectina (ex.: cadeias lineares de amilose muito curtas ou longas cadeias de amilopectina) (BERTOFT, 2004 *apud* RAGUZZONI, 2017). Em sua grande parte, as moléculas de amilose (massa molar aproximada de $10^5 - 10^6$ g/mol) são lineares e poucas moléculas são ramificadas. As moléculas de amilose podem variar em sua distribuição do peso molecular e em seu grau de polimerização, o que afeta sua viscosidade, essencial no processamento e seu comportamento de cristalização, essencial no desempenho do produto. A amilopectina é um polissacarídeo extremamente grande e ramificado. Apesar do seu peso molecular mais elevado ($10^7 - 10^9$ g/mol), sua viscosidade é baixa devido ao grande número de ramificações (CHIOU *et al*; HALLEY, 2005 *apud* BRITO *et a*, 2011). A estrutura química de ambos é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Representação da estrutura química da amilose e amilopectina



Fonte: RAGUZZONI (2017).

De acordo com Raguzzoni (2017), a organização estrutural do amido dentro do grânulo está ligada à amilose e à amilopectina. O arranjo estrutural destas macromoléculas permite a

formação de áreas cristalinas, onde se concentra a amilopectina e que são responsáveis por manter a estrutura dos grânulos, controlam o seu comportamento na água e os tornam relativamente resistentes ao ataque enzimático e químico. Nas regiões amorfas ou fase gel, se concentra a amilose que em contraste com a região cristalina, é menos densa, mais suscetível às modificações químicas e enzimáticas e absorve água mais prontamente em temperaturas abaixo da temperatura de gelatinização (VAZ GONÇALVES, 2007 *apud* VERICIMO, 2010). A organização das camadas de crescimento alternadas em regiões cristalinas e amorfas é a razão pela qual o amido é um polímero semicristalino e a ruptura desta estrutura organizada é o fundamento para a gelatinização (RAGUZZONI, 2017).

Apresenta-se na forma de pequenos grânulos semicristalinos, de 1 a 100 µm de diâmetro, que podem ser isolados a partir de diversas fontes, tais como milho, batata, mandioca, aveia, ervilha, arroz etc (BASTOS, 2010). Variam em tamanho e forma, composição química, organização e características físicas, de acordo com a origem botânica. Segundo Gonçalves (2007 *apud* VERICIMO, 2010), em estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos cuja morfologia, composição química e estrutura molecular são características de cada espécie em particular. Acrescenta-se que é um polímero natural e um produto amiláceo extraído de cereais, tubérculos, leguminosas, grãos e raízes. Além de ser um dos biopolímeros mais importantes, por ser uma das principais fontes de energia que sustenta a vida.

O grão de amido é essencialmente composto por dois polissacarídeos principais, amilose e amilopectina, e alguns componentes minoritários como lipídios e proteínas (HALLEY, 2005 *apud* BRITO *et al*, 2011). A estruturação do amido no grânulo pode ocorrer de diversas maneiras, as quais são classificadas em 6 níveis, iniciando-se com ramificações individuais e distribuídas no sentido do comprimento das cadeias (nível 1), as quais podem se organizar e levar à formação de aglomerados (nível 2). Em seguida, formam-se as lamelas cristalinas (ramificações de amilopectina) e amorfas (amilose), em resposta ao empacotamento das cadeias de glicano para formação de duplas hélices (nível 3). A organização das lamelas em camadas de crescimento concêntricas com as lamelas cristalinas e amorfas separadas radialmente corresponde ao grânulo de amido (nível 4), o qual, ao se associar à proteínas e lipídeos, dá origem ao endosperma (nível 5), seguido pelo nível final (nível 6), o qual corresponde ao grão de amido inteiro de 1 mm de tamanho, incluindo estruturas bastante organizadas (BALL, 1996 *apud* TROVATTI *et al*, 2016).

Como o amido é considerado um produto de grande potencial, tanto para a alimentação humana e animal, quanto para a utilização nas indústrias, faz-se necessário o conhecimento de suas propriedades. A sua estrutura macromolecular, lhe confere propriedades particulares, tais como solubilidade, intumescimento, absorção de água, viscosidade e poder de gelatinização (RIBEIRO, 2006 *apud* ALBUQUERQUE, 2012).

As propriedades funcionais do amido são muito importantes na formulação dos alimentos. A consistência da pasta de amido varia, dependendo do grau de gelatinização e do poder de intumescimento do grânulo. A textura da pasta é determinada pela deformação viscoelástica e depende da força das ligações moleculares e da quantidade de grânulos rompidos. A claridade da pasta ou gel pode variar de clara a opaca e esta propriedade está relacionada à dispersão da luz resultante da associação da amilose e de outros componentes presentes no amido (KARAM, 2003 *apud* ALBUQUERQUE, 2012). Alguns autores determinaram o poder de intumescimento e solubilidade de vários amidos no intervalo de 50 °C a 95°C a fim de estabelecer evidências do grau de associação molecular dentro do grânulo de amido. Pelos resultados obtidos, concluíram que o poder de intumescimento e solubilidade são fortemente influenciados pela fonte botânica (ALBUQUERQUE, 2012). As propriedades funcionais dos amidos dependem também da estrutura molecular da amilose e da amilopectina que o compõem e da forma como são organizadas nos grânulos do amido. Amido com altos teores de amilopectina aplicados a alimentos confere-lhes maior resistência à retrogradação quando estocados a baixas temperaturas (THOMAS; ATWELL, 1999 *apud* ALBUQUERQUE, 2012). De acordo com Silva (2001), a gelatinização do amido apresenta mudanças irreversíveis em suas propriedades, tais como o inchamento dos grânulos, derretimento (fusão) dos cristais iniciais ou perda da estrutura cristalina, perda de birrefringência e solubilização do amido.

A gelatinização pode ser entendida como a quebra das pontes de hidrogênio do amido através do aquecimento de uma solução aquosa deste componente. Quando uma dispersão de amido é aquecida, os grânulos absorvem água, incham e produzem pastas viscosas que, ao se esfriarem, formam géis. Essas propriedades dependem da origem do amido e determinam seu aproveitamento em um processamento específico (CIACCO e CRUZ, 1982). Quando se eleva a temperatura, os grânulos absorvem mais água, aumentam várias vezes em diâmetro perdem a birrefringência e em aproximadamente 65° C (dependendo do tipo de amido) há um aumento abrupto da viscosidade. Nesse momento, a viscosidade da solução aumenta consideravelmente, já que, com o intumescimento, os

grânulos aderem uns aos outros; a solução pode inclusive adquirir o aspecto de uma pasta. Se o tratamento térmico é prolongado, os grânulos chocam-se fortemente uns contra os outros e podem até romper-se quando se agita a solução, com diminuição da viscosidade. Com isso, desaparece a birrefringência, e tem-se o chamado *ponto* ou *temperatura de gelatinização*. Quando o amido é aquecido em excesso de água, acima da temperatura de gelatinização, a estrutura cristalina é rompida devido ao relaxamento de interações de hidrogênio e as moléculas de água interagem com os grupos hidroxilas da amilose e da amilopectina. Isso causa um aumento do tamanho dos grânulos devido ao intumescimento e também ocorre parcial solubilização (JAROWENKO, 1997; PEREDA *et al*, 2005; HOOVER, 2001 *apud* ALBUQUERQUE, 2012).

Após a gelatinização, os polímeros que formam o grânulo de amido, têm tendência a se reassociarem através de interações de hidrogênio, formando zonas mais organizadas. As reassociações de amilose, amilopectina e grânulos intumescidos formam redes tridimensionais, constituídas por zonas mais organizadas. Essa reassociação das moléculas de amido é conhecida como retrogradação e sua intensidade leva à formação de géis, tendo influência na textura e solubilidade, entre outros. Com o tempo, este gel formado se torna gomoso e tem a tendência de liberar água. Esta liberação de água é conhecida como sinérese e é comumente encontrada em alguns produtos como molhos em geral (BILIADERIS, 1992; HOOVER, 2001 *apud* ALBUQUERQUE, 2012). Durante o armazenamento do amido gelatinizado, as cadeias de amido apresentam uma tendência de interagir entre si e desta maneira acabam por libertar as moléculas de água as quais estavam ligadas (sinérese); Esse é um processo geralmente indesejável e que ocorre principalmente durante o armazenamento de produtos a baixas temperaturas (KARIM *et al*, 2000 *apud* RAGUZZONI, 2017).

O processo de gelatinização não ocorre sem a presença de um plastificante, devido a temperatura de transição vítrea (T_g) e a temperatura de fusão (T_m) do amido puro e seco serem maiores que sua temperatura de decomposição. A água tem sido o plastificante mais comum usado no processamento do amido, entretanto seu uso isolado apresenta sérias desvantagens. A água pode escapar rapidamente do produto, causando a fragilização do mesmo. Assim, outros plastificantes como glicóis e açúcares podem ser adicionados ao produto para baixar sua T_g e aumentar sua ductilidade (CHIOU *et al*, 2005 *apud* BRITO *et al*, 2011).

O amido vem sendo largamente utilizado pela indústria de alimentos como agente espessante, de enchimento, para aumentar ou alterar a viscosidade de alguns produtos e demais fins. Pode ser utilizado para ligar ou desintegrar; expandir ou tornar denso, clarear ou

tornar opaco, atrair ou inibir umidade, produzir textura curta ou longa, lisa ou de polpa, coberturas leves ou crocantes. Pode ser usado para estabilizar emulsões ou formar filmes resistentes a óleo. Podem ser encontrados na forma nativa ou após modificações físicas e/ou químicas, na forma de amido modificado e/ou derivado, como maltodextrinas, dextrinas, xaropes de glicose, entre outros (PONTES, 2006). Além de ser alvo de extensa pesquisa nas últimas décadas nas áreas alimentícia, cosmética e de medicamentos, merecendo destaque a última, como excipiente de formas farmacêuticas sólidas, devido às suas importantes vantagens como a biodegradabilidade exercida pela microbiota colônica, atoxicidade, baixa reatividade com substâncias ativas medicamentosas e baixo custo (Li *et al*, 2016; Rana *et al*, 2011 *apud* TROVATTI *et al*, 2016).

Dentre as fontes alternativas de amidos naturais, podem estar os frutos da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* L.), planta originária da Ásia (Malásia e Índia) (CAVALCANTE, 1991).

2.4.1 Jaqueira (*Artocarpus Heterophyllus*)

A jaqueira é uma das mais significativas árvores em hortas domésticas tropicais e talvez a mais ampla e útil do importante gênero *Artocarpus*. Apresenta médio porte atingindo 8 à 25 metros de altura e é facilmente reconhecida pelos seus frutos, o maior entre as plantas cultivadas. (ELEVITCH e MANNER, 2006 *apud* PRETTE, 2012). Foi introduzida e difundida no Brasil pelos portugueses durante o século XVIII e adaptou-se tão bem (devido ao clima tropical) que recebeu classificação por botânicos brasileiros que a consideraram espécie nativa (GOMES, 1977 *apud* PRETTE, 2012).

É uma árvore de regiões quentes e úmidas, de clima tropical úmido que também se desenvolve em regiões de clima subtropical e semiárido, cujo fruto é conhecido como jaca. Atualmente, é cultivada em toda a região Amazônica e toda a costa tropical brasileira, do Estado do Pará ao Rio de Janeiro (SOUZA *et al*, 2009). O fruto chega a pesar até 10kg e atingir um comprimento de 40cm, é um sincarpo de forma ovalada ou arredondada que nasce diretamente no tronco e nos galhos mais grossos da jaqueira. Maduro, a casca tem cor amarelo-acastanhada e aroma peculiar e forte (CAVALCANTE, 1996). O fruto da jaqueira é constituído basicamente de três partes: polpa, sementes e casca (PRETTE, 2012), conforme vemos na Figura 3.

Figura 3 - Frutos da jaqueira (A), polpa (B) e sementes (C) da jaca



Fonte: A - Revista Natureza (2020); B - Gazeta (2019); C - Nutec (2022).

O Brasil, em especial a região nordeste, apresenta uma grande diversidade de fruteiras nativas e exóticas bem adaptadas às suas condições climáticas, representando um grande potencial socioeconômico, tanto para os mercados interno e externo, de comercialização de frutas in natura como para industrialização (SILVA, 2015).

No Nordeste Brasileiro, particularmente no estado da Paraíba, não há dados oficiais do seu consumo, em razão deste fruto ser comercializado de forma informal; é notório, porém, que se trata de uma cultura de razoável escala, como pode ser observado, através da comercialização em feiras livres ou mesmo à beira de estradas, no estado (SILVEIRA, 2000 *apud* ALBUQUERQUE, 2012). Encontra-se em épocas específicas do ano, geralmente entre o mês de dezembro à abril.

Distinguem-se três variedades de jaca, (a) *Jaca-dura* ou *crocante* com os maiores frutos, variando de 15 a 40 Kg, tem bagos de consistência rígida, (b) *Jaca-mole* com frutos menores, bagos doces e com consistência mole, contém menos látex (látex este que existe em toda planta) e (c) *Jaca-manteiga* que apresenta bagos adocicados e de consistência intermediária muito comum no estado do Rio de Janeiro (SAIRAEB, 2004 *apud* PRETTE, 2012).

A jaca é muito rica em carboidrato, vitaminas e sais minerais, como cálcio, especialmente, em ferro, o que a torna muito útil no tratamento de anemia (GIRALDO-ZUÑIGA *et al*, 2004 *apud* ALBUQUERQUE, 2012). De acordo com Gonsalves

(2002 *apud* SILVA, 2015), do ponto de vista nutricional, é uma fruta de alto valor, pois além de grande quantidade de água (82%), contém 2,7% de proteína, 13,5% de carboidratos, minerais (cálcio, fósforo, iodo, cobre e, particularmente, ferro, o qual é mais concentrado nas sementes) e vitaminas A, C e do complexo B.

As sementes de jaca são subutilizadas e menos reconhecidas pelas pessoas, mas possuem considerável valor nutricional. Fornecem um amplo suprimento de proteínas, fibras e amido. De acordo com Silva *et al* (2007), as sementes da jaca correspondem de 15 a 25% do fruto e podem ser utilizadas na alimentação humana, cozidas ou torradas em forno ou assadas à brasa e além de serem nutritivas, são saborosas. Segundo uma pesquisa realizada por Barreira (2004 *apud* PRETTE, 2012) a semente de jaca possui uma proteína, a lecitina KM+, com alto poder regenerativo para casos de queimaduras. Waghmare *et al* (2019) acrescenta que em virtude das dificuldades encontradas durante o processamento e armazenamento, grandes quantidades de sementes são anualmente desperdiçadas. Devido à natureza perecível, as sementes geralmente são descartadas como lixo, mas quando armazenadas em local fresco e ambiente úmido, elas têm uma vida útil de cerca de um mês. Para prolongar o prazo de validade, as sementes torradas podem ser transformadas em pó e utilizadas para agregar valor a diversos produtos.

O fruto é comercializado e consumido quase que exclusivamente na forma in natura, o que leva a um elevado índice de perda na pós-colheita. Esse fato evidencia a necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer para os produtores aproveitarem melhor o fruto da jaqueira (MELO *et al*, 2006 *apud* ALBUQUERQUE, 2012). Por causa do elevado teor de amido em sua semente, a jaca apresenta potencial como matéria-prima na extração de amido comercial, já que estes são desperdiçados (ALBUQUERQUE, 2012). 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 (LEONCIO, 2019).

2.5 Barbatimão (*Stryphnodendron Adstringens*)

O Barbatimão é apresentado em cinco tipos de espécies: *Stryphnodendron Adstringens*, *S. Obovatum*, *S. Polyphyllum*, *S. Coriaceum* e *S. Rotundifolium*. Somente a espécie *S. Adstringens* (Martius) Coville ou *Stryphnodendron Barbatiman* é designada como barbatimão verdadeiro, mesmo sendo as outras espécies usadas como fitoterápicos (LIMA *et al*, 2017

apud FAGUNDES *et al*, 2020). É também conhecido como barbatimão, barba-de-timão, borãozinho-roxo, casca do Brasil, casca-da-virgindade, casca-da-mocidade, enche cangalha e faveiro. É uma leguminosa nativa do cerrado brasileiro, pertencente à família Leguminosae, sendo uma das maiores dentre as dicotiledôneas. Muito difundida na região norte, centro-oeste, nordeste e sudeste (ARDISSON *et al*, 2002 *apud* HASENACK *et al*, 2008), sendo distribuídas especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, mais abundantemente nos estados do Pará até São Paulo, passando por Mato Grosso e Sul de Minas. Existem pelo menos três subfamílias ditas importantes na família Leguminosae, sendo estas, a Fabaceae, a Caesalpinioideae e a Mimosoideae. Fazem parte desta última, aproximadamente 40 gêneros e 2.000 espécies, incluindo os espécimes do gênero *Stryphnodendron* (SOARES *et al*, 2008; GILBERT *et al*, 2005 *apud* NASCIMENTO, 2018).

O barbatimão é uma planta arbórea, de porte pequeno, com tronco e ramos tortuosos, inofensivo, de casca rugosa e descamante em árvores mais velhas com coloração pardo-esverdeada na superfície externa e pardo avermelhada na superfície interna, com pouca folhagem e de crescimento muito lento. As folhas são alternas, duplicado-pinadas, grandes, com aproximadamente 30 cm de comprimento. As flores são numerosas, pequenas, esbranquiçadas ou avermelhadas, dispostas em espigas densas, axilares e medem aproximadamente 10 cm de comprimento. Os frutos são do tipo legumes sésseis, possuindo sementes ligeiramente achatadas, grossas e de coloração castanho-claro, com tamanho médio de 10 cm. Conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Árvore (A), Casca da árvore (B), Fruto (C) e Flor do Barbatimão (D)



Fonte: A e C - Horto Didático de plantas medicinais do HU/CCS (2019); B - A planta da vez (2019); D - Oeste Mais (2022).

As folhas são caducas, permanecendo a árvore despida nos meses de junho e julho, voltando a brotar no mês de agosto. A floração inicia-se em setembro e a frutificação em novembro (FERRI, 1969; CORRÊA, 1978; EURIDES *et al*, 2010). As cascas são espessas e apresentam efeito adstringente que contém como princípios ativos o tanino, flobafenos e um glicídio solúvel (Panizza *et al*, 1988 *apud* COELHO *et al*, 2010). Possui metabólitos de grande importância farmacológica, como os taninos, os alcalóides, o ácido tânico estrifno,

amidos, matérias resinosas e mucilaginosas, flavonóides e flobafenos (HIRSCHMANN e ARIAS, 1990; MACEDO *et al*, 2007 *apud* BARRAL, 2014).

Na medicina popular, o barbatimão, principalmente na forma de extrato da casca é utilizado para o tratamento de leucorreia, diarreia, hemorragia, hemorroida, feridas, conjuntivite, inflamação da garganta, corrimento vaginal e úlcera gástrica (SILVA *et al*, 2010 *apud* RODRIGUES *et al*, 2013). Além do uso medicinal, esta espécie também é empregada no curtimento da pele, na fabricação de tintas, na indústria madeireira e como planta ornamental (LIMA *et al*, 2010 *apud* RODRIGUES *et al*, 2013). Para Lima *et al* (2010 *apud* FAGUNDES *et al*, 2020), a matéria prima para fabricação desse fitoterápico está na casca da árvore de barbatimão, o fármaco já foi aplicado como extrato fluido, pomadas e cremes. Pereira *et al* (2013 *apud* RAMALHO *et al*, 2018) acrescenta que a casca do caule é utilizada superficialmente como anti-inflamatória e cicatrizante e internamente para a terapêutica de úlceras. O extrato da casca do barbatimão também apresenta ação anti-inflamatória, por impedir a formação de mediadores químicos da inflamação como a histamina, bradicinina e prostaglandina, assim como, a diminuição da permeabilidade vascular por vasoconstrição (RODRIGUES *et al*, 2013 *apud* RAMALHO *et al*, 2018).

A casca do tronco é a principal matéria-prima para o desenvolvimento de produtos medicinais, porém a sua extração de forma desordenada, estimulada em grande parte por indústrias farmacêuticas, têm levado ao esgotamento deste recurso, fator agravado pela degradação do meio ambiente, colocando esta espécie em risco de extinção. Como a colheita da casca do tronco é conduzida de forma prejudicial ao barbatimão, a árvore torna-se sensível à ação de microrganismos, insetos, clima e ao fogo. Além disso, a remoção da casca da árvore interfere na longevidade do espécime, pois a casca possui tecidos condutores de seiva elaborada (GUEDES, 1993; BORGES FILHO e FELFELI, 2003 *apud* RODRIGUES *et al*, 2013).

De acordo com Amorim e Paixão (2021), o barbatimão apresenta resultados satisfatórios em diversas pesquisas envolvendo atividades biológicas/farmacológicas, principalmente antimicrobiana e antifúngica, sendo atribuído esta atividade ao grupo de metabólitos secundários taninos. Almeida *et al* (2010 *apud* AMORIM e PAIXÃO, 2021) acrescenta, as propriedades medicinais do *Stryphnodendron adstringens* estão principalmente associadas aos taninos, produtos naturais de composição polifenólica, que são produzidos pelo metabolismo secundário da planta em reação ao ataque de insetos e microrganismos. Logo, essa espécie apresenta grande potencial econômico, principalmente na área farmacêutica em decorrência

da grande quantidade de taninos produzidos em suas cascas, até 40%, e nas folhas, cerca de 30%. A Farmacopeia Brasileira de 2010 descreve que a quantidade mínima de taninos para utilização medicinal é de 8% (BRASIL, 2010 *apud* RODRIGUES *et al*, 2013).

Taninos são metabólitos secundários, solúveis em água, ao se combinar com proteínas os taninos formam precipitados. A ação farmacológica dos taninos ocorre devido sua capacidade de formar complexos com íons metálicos, sua atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres, e sua habilidade de formar complexos com proteínas e polissacarídeos. Como metabólitos secundários, os taninos são compostos fenólicos de grande interesse econômico e ecológico (PEREIRA *et al*, 2013; MONTEIRO *et al*, 2005 *apud* AMORIM e PAIXÃO, 2021).

Os taninos podem ser classificados em dois grandes grupos, taninos hidrolisáveis e taninos condensados, também denominados de proantocianidinas. Os taninos hidrolisáveis são constituídos por uma mistura de fenóis simples, galotaninos e elagitaninos, que após a hidrólise formam o ácido gálico e ácido elágico, que possuem atividade anti-inflamatória e antioxidante. Os taninos hidrolisáveis são formados por um núcleo de hidrato de carbono, geralmente o D-glucose, cujo grupo hidroxila pode apresentar ligações com grupos éster, como o ácido gálico (galotaninos) e grupos fenólicos, como o hexadihidroxifênico (elagitaninos) (BATTESTIN *et al*, 2004; LIMA *et al*, 2010 *apud* RODRIGUES *et al*, 2013). Os taninos condensados são constituídos por unidades de flavonol: flavan-3-ols (catequina) ou flavan 3,4-diols (leucoantocianidinas). Este grupo fenólico pode conter de duas a 50 unidades flavonóides e possui estrutura complexa, com resistência a hidrólise, porém podem ser solúveis em solventes orgânicos aquosos de acordo com a estrutura química. A propriedade terapêutica do barbatimão na cicatrização é atribuída principalmente a este grupo de taninos (LIMA *et al.*, 2010).

As propriedades farmacológicas do barbatimão estão correlacionadas ao teor de taninos condensados (SANCHES *et al*, 2007 *apud* AMORIM e PAIXÃO, 2021). Os taninos condensados estimulam o processo de cicatrização, uma vez que se ligam às proteínas dos tecidos lesados, criando uma camada protetora que isola o local da ferida, reduzindo a permeabilidade e exsudação da ferida e promovendo a reparação dos tecidos (MINATEL *et al*, 2010 *apud* PASSARETTI *et al*, 2016). Lima (2014 *apud* RAMALHO *et al*, 2018) incorpora aos taninos a capacidade de formar pontes de hidrogênio duradouras com proteínas ou polissacarídeos ocorrendo a formação tanino-proteína ou tanino-polissacarídeo, que por serem insolúveis em água, formam uma crosta protetora sobre a lesão. Para Lima *et al* (2010

apud RODRIGUES *et al*, 2013), os taninos possuem alto peso molecular, entre 500 e 3000 daltons e grupos de hidroxila-fenólicos que promovem a formação de ligações cruzadas com proteínas. Quando estes compostos apresentam-se na forma não oxidada, ligam-se a proteínas por meio de pontes de hidrogênio ou ligações hidrofóbicas. Já os taninos oxidados se transformam em quinonas e formam ligações covalentes com determinados grupos de proteínas, principalmente os grupos sulfídricos.

Este comportamento constitui a base de suas propriedades adstringentes que eles exercem sobre o colágeno da pele dos animais ao curso de sua transformação em couro. Assim, a precipitação das proteínas salivares e das glicoproteínas bucais permite explicar a fisiologia da ação adstringente dos tecidos vegetais antes de sua maturidade (FECTHAL, 1984 *apud* SCÁRDUA *et al*, 2021).

O seguimento regenerador tecidual é beneficiado pelo efeito antimicrobiano dos taninos que possuem três mecanismos de ação principais: (1) impedem a ação das enzimas microbianas extracelulares, que comprometem a proliferação e a propagação do microorganismo; (2) exiguidade de substratos e íons metálicos especificamente como o ferro, cobre, cálcio, manganês e alumínio, a qual são preciosos aos processos fisiológicos com respiração microbiana; (3) impedimento da fosforilação oxidativa sucedendo na morte do microorganismo pela não formação de ATP (adenosina trifosfato) (RAMALHO *et al*, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

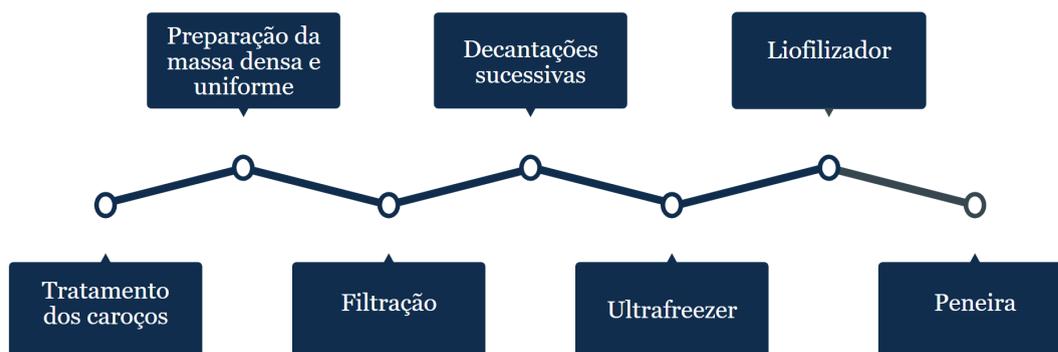
3.1 Materiais

A matéria-prima utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi o caroço de jaca (*Artocarpus Heterophyllus*), as cascas de barbatimão (*Stryphnodendron Adstringens*), ambos provenientes das feiras livres da cidade Campina Grande – PB, a Glicerina PA como agente plastificante, obtida da NEON química e o Álcool etílico 70%.

3.2 Método

3.2.1 Extração do amido do caroço de jaca

Figura 5 - Fluxograma da extração do amido do caroço da jaca

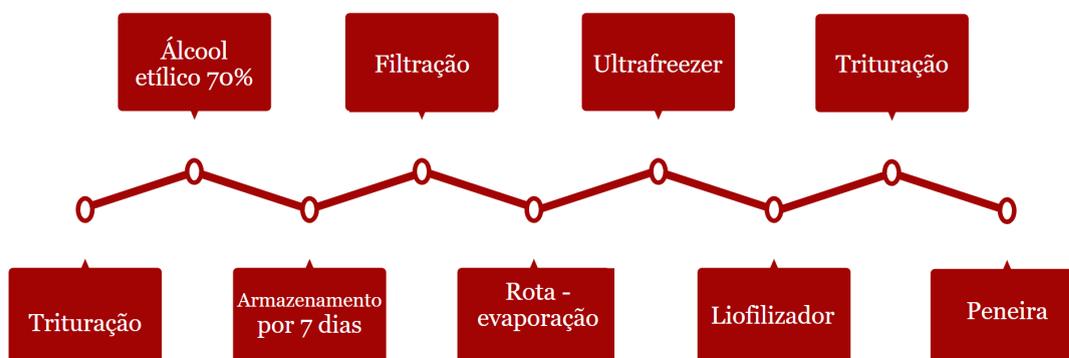


Fonte: Própria, 2023.

Os caroços de jaca foram lavados, descascados e após isto os mesmos foram triturados em um liquidificador industrial, com água destilada na proporção 1:4, até a obtenção de uma massa densa e uniforme. Após trituração a massa obtida foi filtrada em filtros confeccionados com organza, com abertura de malha próxima a 100 mesh. A suspensão de amido foi colocada na geladeira, em torno de 2°C a 6°C, para decantar. Após 24 horas o sobrenadante foi descartado e ao amido foi adicionado água destilada e a solução foi novamente levada para a geladeira para decantação do amido. Este procedimento de suspensão e decantação foi efetuado várias vezes, com intervalos de 24 horas, até que o produto apresentasse cor e textura características de amido. Após isto, o amido foi levado ao ultrafreezer em uma faixa de temperatura de -42 °C a -86 °C, por 48 horas e liofilizado por mais 48 horas. O amido obtido foi passado em peneira 200 mesh (Abertura 0,075mm) para que o amido pudesse ter uma granulação uniforme.

3.2.2 Preparação do extrato alcoólico de barbatimão

Figura 6 - Fluxograma da preparação do extrato alcoólico de barbatimão

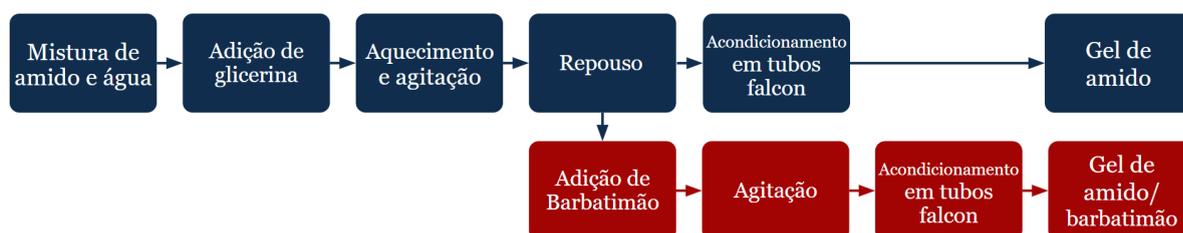


Fonte: Própria, 2023.

Para a preparação do extrato, as cascas de barbatimão secas foram trituradas e foi adicionado álcool etílico 70% na proporção de 1:2 (m/V) em um vidro âmbar. Essa solução ficou armazenada por 7 dias, em temperatura ambiente. Após esse tempo o extrato foi filtrado e a solução foi rota-evaporada para remoção de solventes residuais, congelada em ultrafreezer em uma faixa de temperatura de $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$ e liofilizada por 48 horas para remoção de toda umidade presente nesta fração. O extrato foi triturado em almofariz e passado em peneira 200 mesh (Abertura 0,075mm).

3.3.3 Preparação do gel

Figura 7 - Fluxograma da preparação dos géis de amido e amido/barbatimão



Fonte: Própria, 2023.

Foram elaborados um gel de amido e um gel de amido/barbatimão para análise e comparação. Os géis foram elaborados misturando 2 g do amido de jaca em 100 mL de água e 0,8 g de glicerina. Esta mistura foi levada ao aquecedor elétrico a 90°C por 30 minutos sob agitação constante, até que a gelatinização se completasse, como ilustra a Figura 8.

Figura 8 - Processo de aquecimento e agitação constante à 90°C da mistura de água, amido e glicerina



Fonte: Própria, 2023.

Após o preparo, o gel permaneceu em repouso, para que sua mistura ficasse bem homogênea e firme. A partir daí, torna-se possível envolver o princípio ativo (DE SOUZA MELO *et al*, 2018). O extrato de barbatimão, com concentração de 20% m/V (em relação à solução do amido), foi incorporado ao gel depois da solução ter atingido a temperatura ambiente e foi levada a agitação por 10 minutos. Os géis foram colocados em tubos falcon com capacidade de 50 mL e acondicionados uma parte em temperatura ambiente e outra em geladeira.

3.3 Caracterizações

3.3.1 Caracterizações do amido extraído do caroço de jaca

O amido foi caracterizado através do teor de umidade e cinzas, Difração de Raio X – DRX e Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier - FTIR.

3.3.1.1 Teor de umidade e cinzas

O teor de umidade foi determinado por gravimetria em estufa a 105° C até peso constante e o teor de cinzas pelo método gravimétrico em mufla a 550° C até peso constante de acordo com as normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

3.3.1.2 Difração de Raios X – DRX

Para determinação do grau de cristalinidade do amido, as análises de difração de raios X foram conduzidas à temperatura ambiente em aparelho XRD-7000 Shimadzu, utilizando radiação Ka do cobre (1,5418 Å), tensão de 40 kV e corrente 30 mA. O amido foi examinado em um intervalo de 2θ entre 10,0 e 70,0 graus a uma velocidade de 2°/min.

3.3.1.3 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) foram realizadas em um equipamento Spectrum 400 da Perkin Elmer. A técnica FTIR foi usada para identificar as bandas características dos grupos funcionais presentes nas matérias primas utilizadas nesta pesquisa, utilizando a faixa de varredura de 4000 a 650 cm^{-1} .

3.3.2 Caracterizações do extrato de barbatimão

O extrato alcoólico de barbatimão foi caracterizado através de FTIR e ensaios microbiológicos.

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

O extrato de barbatimão foi caracterizado por FTIR utilizando a metodologia do item 3.3.1.3.

3.3.2.2 Ensaios microbiológicos

As análises da atividade antimicrobiana foram realizadas pela técnica de disco difusão, frente à cepa de *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923).

3.3.3 Caracterizações dos géis

Os géis foram caracterizados através da microscopia óptica, FTIR, potencial hidrogeniônico – pH e propriedades organolépticas (cor e odor).

3.3.3.1 Microscopia óptica - MO

A técnica de MO foi utilizada para avaliar a morfologia do gel utilizando-se um microscópio óptico Hirox por transmissão de luz, com aumento de 100 x.

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

Os géis foram caracterizados por FTIR utilizando a metodologia do item 3.3.1.3.

3.3.3.3 Potencial hidrogeniônico – pH

O pH foi verificado em tira universal de pH Kasvi.

3.3.3.4 Propriedades organolépticas

Os géis foram avaliados em relação ao aspecto, a cor e odor no dia em que foi preparado e após um mês, conservado em temperatura ambiente (23°C à 30°C) e sob refrigeração (2°C à 6°C).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Amido do caroço de jaca

A Figura 9 ilustra o amido do caroço de jaca obtido após a extração.

Figura 9 - Amido extraído do caroço de jaca



Fonte: Própria, 2023.

De acordo com a Figura 9, observa-se que o amido extraído do caroço de jaca apresenta-se com coloração branca, típica de amidos comerciais.

4.1.1 Teor de umidade e cinzas

A Tabela 1 apresenta o resultado do teor de umidade e cinzas do amido extraído do caroço de jaca.

Tabela 1 – Teor de umidade e cinzas do amido extraído do caroço de jaca

Teor de Umidade (%)	Valor de Referência	Teor de Cinzas (%)	Valor de Referência
9,12 ± 0,25	Menor que 15 ^c	0,34 ± 0,1	Menor que 4 ^o

Fonte: Própria, 2023.

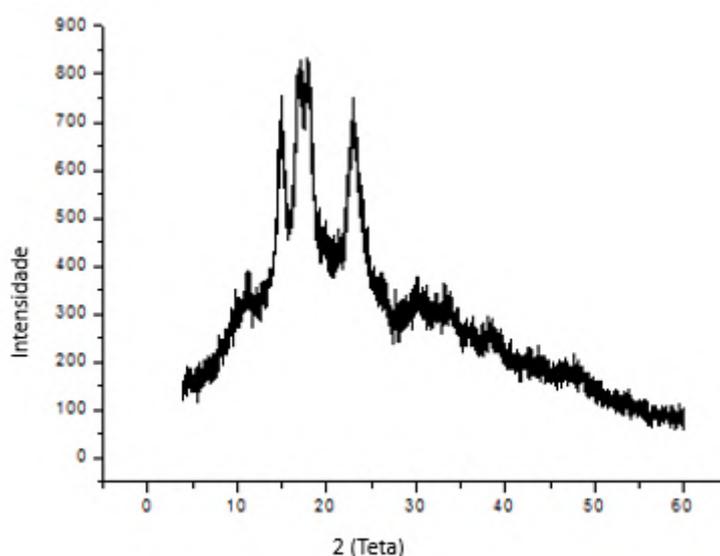
O teor de umidade e cinzas encontrado no amido extraído do caroço de jaca está de acordo com os valores estabelecidos pela legislação em vigor, visto que foi inferior aos valores máximos de umidade e cinzas do amido. Esse resultado denota uma boa característica, isto é, uma alta qualidade do amido extraído do caroço da jaca.

4.1.2 Difração de Raios X – DRX

A Figura 10 ilustra o gráfico de DRX do amido extraído do caroço de jaca.

O amido extraído do caroço de jaca apresentou difratograma de raio X (Figura 10) com picos em 2θ referentes ao padrão de cristalinidade do tipo A, que ocorre na maioria dos cereais (aveia, trigo, milho e arroz) com intensidades de $15,2^\circ$, $17,0^\circ$ e $18,6^\circ$ e $23,3^\circ$. O índice de cristalinidade de foi de 13,88%. Os grânulos de amido nativo contêm entre 15% e 45% de material cristalino (DENARDIN E SILVA, 2009).

Figura 10 - DRX do amido extraído do caroço de jaca.



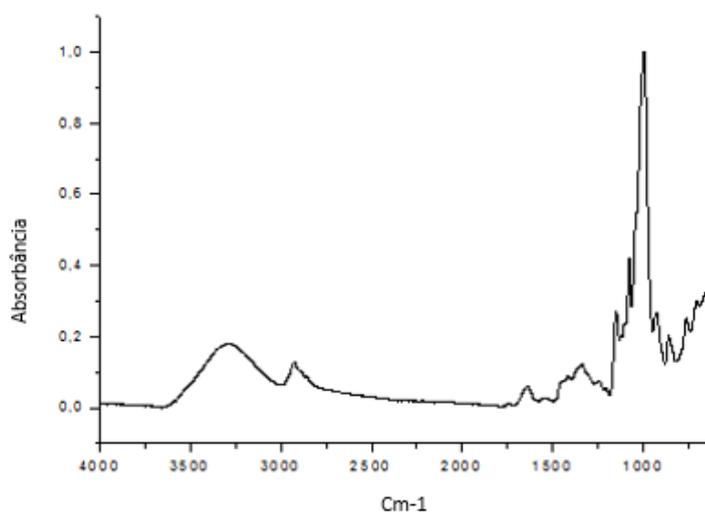
Fonte: Própria, 2023.

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

A Figura 11 mostra o espectro de FTIR das bandas referentes à deformações moleculares existentes nas moléculas de amido a 3400 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 2926 cm^{-1} e 2897 cm^{-1} que indicam estiramento C-H. As bandas de absorção em 1648 cm^{-1} e $1400 - 1460\text{ cm}^{-1}$ 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. As absorções em 1340 cm^{-1} e 1024 cm^{-1} são relacionadas a deformações de grupos C-OH. Os modos relacionados a deformações CCH foram identificados em torno de 1418 cm^{-1} , 1205 cm^{-1} e 1080 cm^{-1} , enquanto que os estiramentos C-O e C-C correspondem a

bandas em 1153 cm^{-1} , 1107 cm^{-1} e 933 cm^{-1} . Reis e colaboradores (2008) também confirmaram as principais bandas observadas para amostras de amido.

Figura 11 - Gráfico de FTIR do amido extraído do caroço de jaca



Fonte: Própria, 2023.

4.2 Caracterizações do extrato de barbatimão

A Figura 12 ilustra o extrato de barbatimão obtido após o processo de liofilização.

Figura 12 - Extrato de barbatimão liofilizado



Fonte: Própria, 2023.

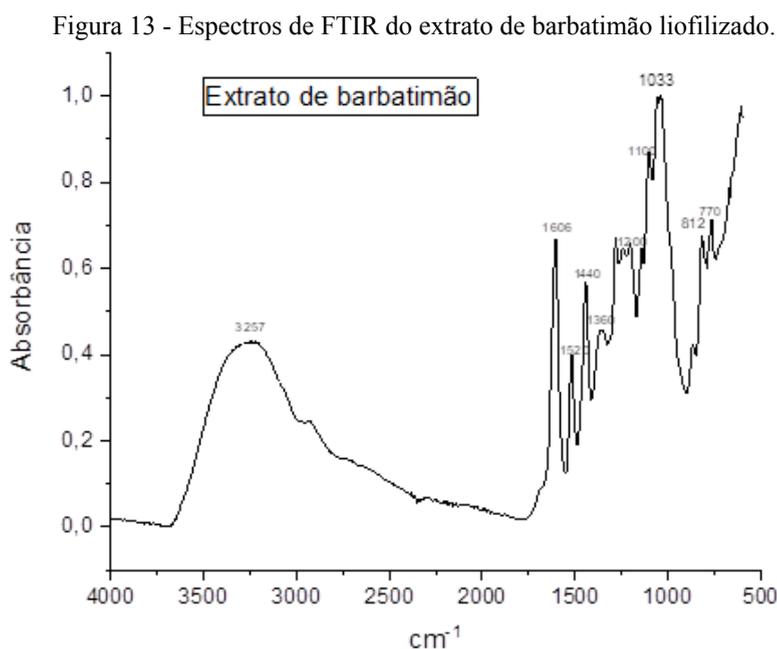
De acordo com a Figura 12, o pó das cascas secas apresentou as características estabelecidas para a espécie, apresentando coloração castanho-avermelhada, odor característico e sabor adstringente. O extrato vegetal não apresentou sinais sensitivos de contaminação por fungos ou odor de material em decomposição.

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

A Figura 13 ilustra os espectros de FTIR para o extrato de barbatimão liofilizado.

A análise por FTIR do extrato de barbatimão (Figura 13) teve como objetivo observar informações quanto à caracterização química do mesmo, principalmente quanto a presença de taninos, que são conhecidos por auxiliar no processo de cicatrização de feridas.

Bandas na região entre 3500 cm^{-1} a 3000 cm^{-1} são associadas a presença de moléculas de água ligadas por hidrogênio ao grupo O-H (OO; KASSIM; PIZZI, 2009). Além disso, bandas localizadas entre 3700 e 3584 cm^{-1} , correspondente à vibração de alongamento de O-H, podem ser associadas a polifenóis, como os flavonoides e taninos (YALLAPPA et al., 2013). Bandas fortes na região de 1660 a 1570 cm^{-1} , atribuídas a vibrações de alongamento de ligações C-C, sugerem a presença de taninos condensados (RICCI et al., 2015). Foi observada uma banda forte no espectro do extrato nessa região, em 1606 cm^{-1} . Bandas em torno de 1452 e 1446 cm^{-1} são correspondentes a vibração de alongamento de anéis aromáticos (RICCI et al., 2015). Foi observada uma banda em 1440 cm^{-1} . Bandas em torno de 1520 cm^{-1} indicam a existência de anéis aromáticos e ligações C-H nas amostras, que pode ser associada à presença de lignina (LIU et al., 2008). Bandas em torno da faixa de 1331 e 1100 cm^{-1} , atribuída ao estiramento de C-O e relacionada aos éteres, pode indicar a presença de metabólitos secundários, como flavonóides, antraquinonas, alcalóides quinolínicos e fenilpropanoides (RICCI et al, 2015; SILVA JÚNIOR et al, 2006).

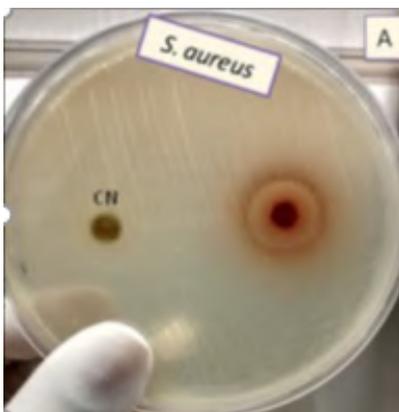


Fonte: Própria, 2023.

4.2.2 Ensaio microbiológicos

A Figura 14 mostra a atividade antimicrobiana do extrato de barbatimão frente às cepas de *S. aureus*.

Figura 14 - Atividade antimicrobiana do extrato de barbatimão



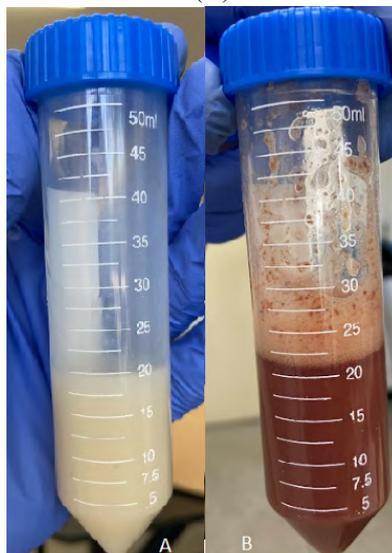
Fonte: Própria, 2023.

O extrato de barbatimão na concentração de 10 mg/mL, apresentou atividade antimicrobiana frente à cepa de *S. aureus* com halo de inibição de 14 mm (Figura 14). Este resultado corrobora com o resultado de FTIR, uma vez que os taninos detectados neste ensaio justificam a ação antibacteriana.

4.3 Caracterizações dos géis

A Figura 15 ilustra os géis de amido (A) e amido/barbatimão (B) obtidos após o processo de gelatinização.

Figura 15 – Gel de amido (A) e amido/barbatimão (B)



Fonte: Própria, 2023.

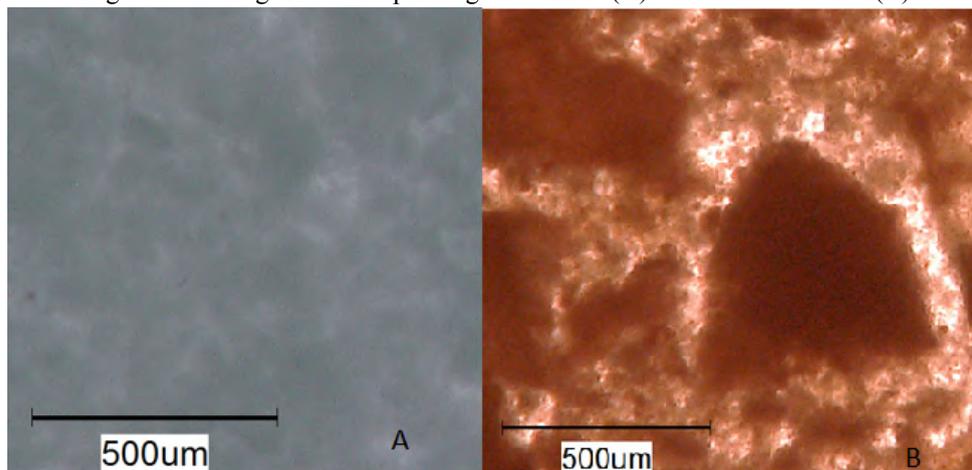
Observa-se na Figura 15 que o gel de amido (A) apresentou coloração esbranquiçada, aspecto homogêneo e viscosidade adequada para a utilização requerida. O gel de amido/barbatimão apresentou coloração característica do extrato, partículas insolúveis e uma viscosidade inferior ao gel de amido.

4.3.1 Microscopia óptica (MO)

A Figura 16 ilustra as imagens obtidas por MO para os géis.

A imagem do gel de amido (A) mostra ausência de bolhas e mostra que o amido foi gelatinizado de maneira homogênea. A imagem (B) mostra que o extrato de barbatimão foi incorporado ao gel, no entanto, observam-se formação de bolhas e aglomeração de partículas insolúveis, indicando que não foi bem homogeneizado, como observado na Figura 16 B. Isso pode ter acontecido devido a adição de uma alta concentração do extrato ao gel de amido.

Figura 16 – Imagens de MO para o gel de amido (A) e amido/barbatimão (B)



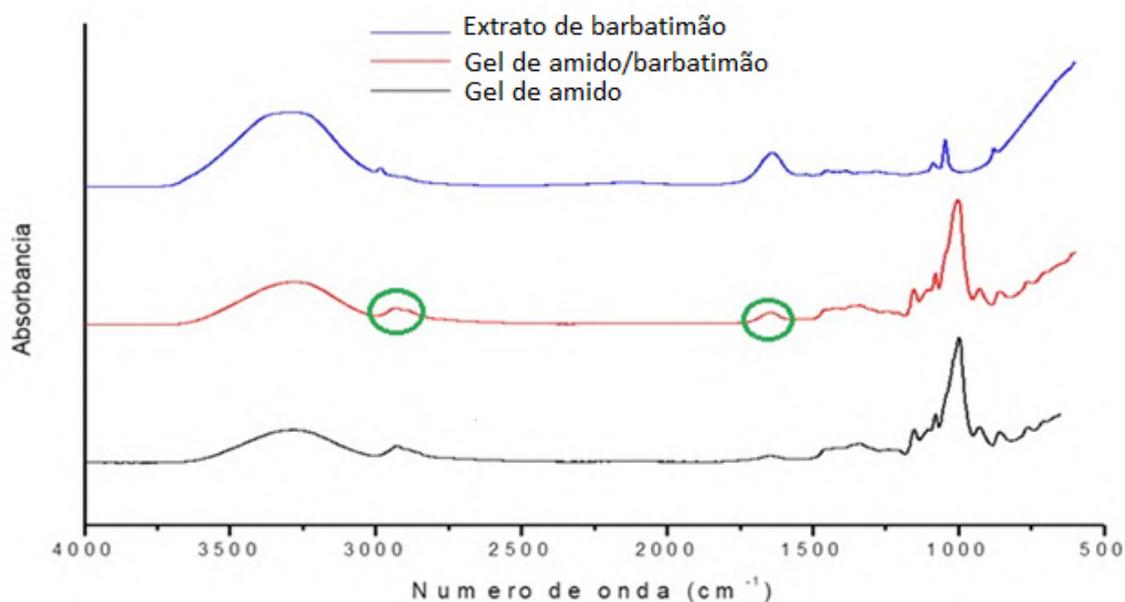
Fonte: Própria, 2023.

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

A Figura 17 ilustra o gráfico de FTIR do amido extraído do caroço de jaca.

As análises de FTIR (Figura 17) demonstram que a incorporação do extrato de barbatimão no gel aumentou o teor de hidroxilas e de água ligada aos grupamentos C-O-H nos géis, comprovando a incorporação efetiva do mesmo.

Figura 17 - FTIR do extrato de barbatimão, do gel amido/barbatimão e do gel de amido



Fonte: Própria, 2023.

4.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro físico-químico de suma importância para as formulações farmacêuticas, pois com base no seu valor será possível conduzir qual será a finalidade do produto desenvolvido, além de influenciar a degradação do fármaco.

A Tabela 2 apresenta o potencial hidrogeniônico dos géis após a gelatinização e depois de 1 mês acondicionados em temperatura ambiente e sob refrigeração.

Tabela 2 – pH dos géis após a gelatinização e depois de 30 dias acondicionados em temperatura ambiente e sob refrigeração

TEMPO	GEL			
	Amido (T _{amb})	Amido/Barbatimão (T _{amb})	Amido (Resf)	Amido/Barbatimão (Resf)
0	5,5	4,0	5,5	4,0
30 dias	4,5	4,0	5,0	4,0

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

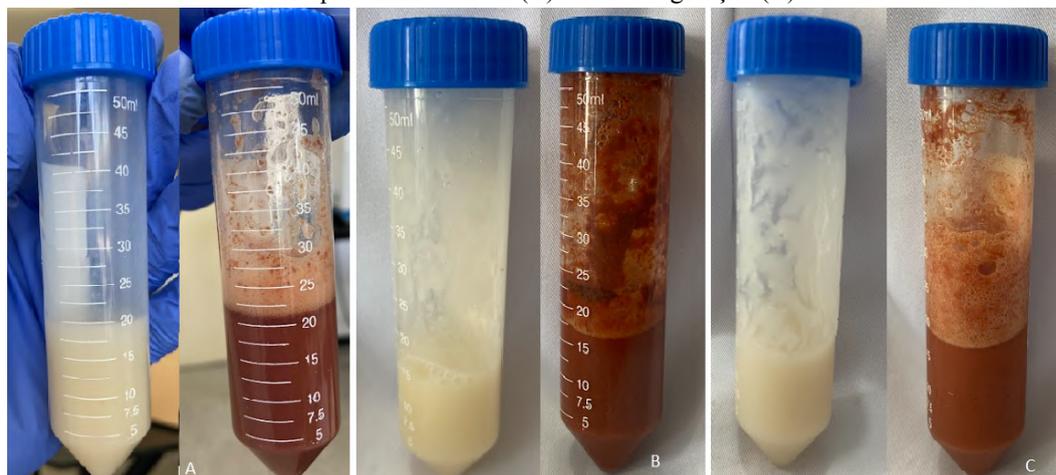
Através da Tabela 2 observa-se que a adição do extrato de barbatimão deixou o gel de amido mais ácido. O extrato bruto do barbatimão possui um pH entre 2,0 e 5,0 dependendo do solvente de extração. Observa-se também que o gel de amido, após 30 dias acondicionados em temperatura ambiente apresentou uma diminuição do pH.

A maioria dos fármacos são estáveis na escala de pH entre 4 e 8 para serem administrados em período de tempo conveniente, sendo menos lesivos ao endotélio vascular. Fármacos formulados em valores de pH abaixo de 4, possuem maior tempo de validade da apresentação farmacológica e tal característica é identificada em vários medicamentos, a exemplo dos antibióticos (MONTEIRO *et al*, 2012).

4.3.4 Propriedades organolépticas (aspecto, cor e odor)

A Figura 18 mostra o aspecto dos géis após acondicionamento de 30 dias em temperatura ambiente e sob refrigeração.

Figura 18 - Géis de amido e amido/barbatimão após a gelatinização (A) e depois de 30 dias acondicionados em temperatura ambiente (B) e sob refrigeração (C)



Fonte: Própria, 2023.

A Figura 18 mostra que após 30 dias de acondicionamento, em temperatura ambiente (Figura 14 B), as amostras apresentaram alteração de cor, odor e viscosidade. As mesmas apresentaram-se mais escuras, com odor adstringente e menor viscosidade. Para o gel de amido mantido sob refrigeração não foram observadas alterações das propriedades organolépticas, no entanto, o gel de amido/barbatimão apresentou uma alteração em sua coloração, tornando-se um pouco mais clara. Não foram observados fungos e bolores em nenhuma das amostras acondicionadas por 30 dias.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados do trabalho, chegou-se às seguintes conclusões:

A extração do amido foi realizada de forma prática, mostrando-se limpo e concentrado. O amido apresentou teor de umidade e cinzas de acordo com os valores estabelecidos pela legislação em vigor, estando abaixo dos valores máximos de referência, padrão de cristalinidade tipo A, que ocorre na maioria dos cereais e bandas referentes a deformações moleculares existentes nas moléculas de amido com um índice de cristalinidade de 13,88%, abaixo do esperado para o amido. Uma solução para aumentar a cristalinidade seria através da formação de nanocristais de amido.

No FTIR do extrato de barbatimão foram encontradas bandas associadas a polifenóis, como os flavonoides e taninos. O extrato apresentou atividade antimicrobiana frente à cepa de *S. aureus*.

As amostras apresentaram características adequadas para gel, sendo o amido/barbatimão menos viscoso em comparação ao amido, o que sugere uma quantidade de extrato de barbatimão menor que a utilizada.

Foi observado homogeneidade no gel de amido, coloração esbranquiçada, ausência de bolhas e de material insolúvel na sua superfície.

O gel de amido/barbatimão apresentou coloração marrom avermelhada, aglomeração de partículas insolúveis e formação de bolhas.

Os géis apresentaram valores de pH aceitáveis para pele e após 30 dias de acondicionamento não foram verificados, macroscopicamente, fungos e bolores.

De acordo com os resultados obtidos, os géis apresentaram propriedades físicas e funcionais adequadas para serem empregadas em possíveis aplicações, como curativos para liberação controlada de fármacos ou antimicrobianos, expondo uma alternativa de renovação de baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Fabíola Samara Maria de. **Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido de sementes de jaca (Artocarpushete-rophylyusLam) variedades mole e dura.** 2012.
- ALVES, Rafael Carvalho. **Membranas curativas de Quitosana com princípio ativo de folhas de Oliveira e potencial para aplicações tópicos no tratamento de feridas.** 2022.
- AMORIM, Stephanie Beatriz Santos Alves; DA PAIXÃO, Juliana Azevedo. Propriedades medicinais do Stryphnodendron adstringens: uma revisão narrativa. **Revista Artigos. Com**, v. 32, p. e9251-e9251, 2021.
- ARAÚJO, Valéria Querino. **Propriedades funcionais e térmicas do amido de batata-doce (Ipomoea batatas L.) nativo e modificado.** 2008. 90p. Centro de Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, João Pessoa, 2008.
- ATTINGER, C.; BULAN, E. J.; BLUME, P. A. **Pharmacologic and mechanical management of wounds.** Mathes SJ. Plastic surgery. 2nd ed. California: Elsevier, p. 863-99, 2006.
- BASTOS, D. C. **Estudo da redução da hidrofiliçidade 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.
- BARRAL, Sumara Marques. **O uso do extrato hidroalcoólico de barbatimão associado ao filme de quitosana para a cicatrização de feridas cutâneas complexas em ratas.** 2014.
- BOMFIM, Pamela Karina dos Santos. **Desenvolvimento de implantes dentários por técnicas de metalurgia do pó.** 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- BUENO, Cecília Z. et al. **Aplicação de polissacarídeos para a produção de curativos e outros biomateriais.** 2015.
- CAMPOS, A. C. L.; BORGES-BRANCO, A.; GROTH, A. K. **Cicatrização de feridas.** ABCD, arq. bras. cir. dig., São Paulo , v. 20, n. 1, p. 51-58, mar. 2007.
- CAVALCANTE, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia.** Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 5ed., p.279, 1991.
- CHAUD, Marco Vinicius. **TÍTULO: ESTUDO COMPARATIVO DE BIODEGRADAÇÃO DE BIOPOLÍMEROS COM APLICAÇÕES FARMACÊUTICAS.** Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SOROCABA.
- CHEZINI, Amanda et al. **Bagaço de amora (Rubus spp.) e sua aplicação em materiais biodegradáveis à base de amido.** 2022.

CHIOU, B. S.; GLENN, G. M.; IMAM, S. H.; INGLESBY, M. K.; WOOD, D. F.; ORTS W. J. **Starch Polymers: Chemistry, Engineering, and Novel Products**. In: Mohanty, A. K.; Misra, M.; Drzal, L. T. *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005.

CIACCO, C.F.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 152 p.(Série Tecnologia Agroindustrial, 7).

COELHO, Julice Medeiros et al. O efeito da sulfadiazina de prata, extrato de ipê-roxo e extrato de barbatimão na cicatrização de feridas cutâneas em ratos. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 37, p. 045-051, 2010.

DANTAS, Daniella Isla Medeiros et al. **Desenvolvimento farmacotécnico e caracterização de gel a base de extrato de Anacardium occidentale L.** 2018.

DEALEY, C.. **Cuidando de feridas: um guia para os enfermeiros**. 2a ed. São Paulo: Atheneu, 2001.

DE LIMA CAVALCANTE, Bruna Luana; DE LIMA, Uirassú Tupinambá Silva. Relato de experiência de uma estudante de Enfermagem em um consultório especializado em tratamento de feridas. **Journal of Nursing and Health**, v. 2, n. 1, p. 94-103, 2012.

DE SOUSA, Hermínio C.; BRAGA, Mara EM; SOSNIK, Alejandro. **Biomateriais aplicados ao desenvolvimento de sistemas terapêuticos avançados**. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2015.

DE SOUZA MELO, Cilene Aparecida; DE SOUZA DOMINGUES, Robson José; DE LIMA, Anderson Bentes. **Elaboração de Géis e Análise de Estabilidade de Medicamentos**. Belém: EDUEPA, 2018.

DE SOUZA SMANIOTTO, Pedro Henrique et al. Tratamento clínico das feridas-curativos. **Revista de Medicina**, v. 89, n. 3-4, p. 137-141, 2010.

DE SOUZA, Tatiana Sant'Anna et al. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 31, n. 2, p. 225-230, 2009.

DENARDIN, Cristiane Casagrande; SILVA, Leila Picolli da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 945-954, 2009.

DWIVEDI, Charu et al. **Nanofibre based smart pharmaceutical scaffolds for wound repair and regenerations**. *Current pharmaceutical design*, v. 22, n. 11, p. 1460-1471, 2016.

EURIDES, Duvaldo et al. **Morfologia e morfometria da reparação tecidual de feridas cutâneas de camundongos tratadas com solução aquosa de barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman martius*)**. 1996.

FAGUNDES, Suelen Keity et al. Eficácia da pomada de barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman*) na cicatrização de feridas cutâneas iatrogênicas em gatas. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR (Online)**, p. e2310-e2310, 2020.

FERNANDES, Ligia Lopes. **Produção e caracterização de membranas de quitosana e quitosana com sulfato de condroitina para aplicações biomédicas**. 2009.

FILHO, José Carlos Trindade. **Produção de amostras de amido catiônico e realização de testes de floculação**. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA, 4, 2009. Anais do IV Encontro de Produção Científica e Tecnologia, outubro, 2009. 6p.

FERREIRA, R. S.; PÉRICO, L. A. D. **Assistência de enfermagem à pacientes com feridas em serviços de atenção primária à saúde**. *Momentos & Perspectivas em Saúde*, v 15, nº1: p 39-52, jan/jun, 2002.

FRANCO, Diogo; GONÇALVES, Luiz Fernando. Feridas cutâneas: a escolha do curativo adequado. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgões**, v. 35, p. 203-206, 2008.

GOULART, SELMA LOPES. Características anatômicas, químicas e densidade do barbatimão. **Lavras, MG: Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, UFLA**, 2010.

HALLEY, P. F. **Thermoplastic starch biodegradable polymers**. In: Smith, R. *Biodegradable Polymers for Industrial Application*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2005.

HANSEN, S. L.; MATHES, S. J. **Problem wounds and principles of closure**. *Plastic surgery*, v. 1, p. 901-1030, 2006.

HARDING, K. G.; MORRIS, H. L.; PATEL, GK1122073. **Healing chronic wounds**. *Bmj*, v. 324, n. 7330, p. 160-163, 2002.

HASENACK, Beatriz Schlatter et al. Atividade antibacteriana do extrato barbatimão sobre cepas de *Staphylococcus aureus* isoladas de secreções de feridas crônicas de pacientes ambulatoriais. **Journal of Health Sciences**, v. 10, n. 1, 2008.

ISAAC, Cesar et al. Processo de cura das feridas: cicatrização fisiológica. **Comunicação & Educação**, v. 89, n. 3-4, p. 125-131, 2010.

JORGE, Sílvia A.; DANTAS, Sônia Regina PE. Abordagem multiprofissional do tratamento de feridas. In: **Abordagem multiprofissional do tratamento de feridas**. 2003. p. 378p-378p.

LEÔNICIO, G. J. B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes poliméricos de amido extraído do caroço da jaca (*Artocarpus heterophilus*) e polivinilpirrolidona para utilização como curativo**. 2019. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2019.

LEONEL, Magali; DE OLIVEIRA, Marcelo Alvares; DUARTE FILHO, Jaime. **Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas**. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 1, p. 49-68, 2005.

LIU, Q.; WANG, S.; ZHENG, Y.; LUO, Z. e CEN, K. **Mechanism study of wood lignin pyrolysis by using TG–FTIR analysis**. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Volume 82, Issue 1, May 2008, Pages 170-177.

MALAQUIAS, Tatiana da Silva Melo. Tratamentos não convencionais para o tratamento de feridas. *Revista Contexto & Saúde*, v. 15, n. 29, p. 22-29, 2015.

MIURA, Daniele Yuri. **Desenvolvimento farmacotécnico e estudo de estabilidade de géis de papaína destinados ao tratamento de feridas**. 2012.

MONTEIRO, Cintia et al. Potencial hidrogeniônico de soluções de antibióticos submetidas a condições ambientais: ensaio preliminar. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 46, p. 311-319, 2012.

NASCIMENTO, Kauyze Matos. **Desenvolvimento de microcápsulas de compostos bioativos de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) para aplicação em filmes biodegradáveis ativos**. 2018.

OO, KASSIM, C.W. and PIZZI, M.J. A. (2009) **Characterization and Performance of *Rhizophora apiculata* Mangrove Polyflavonoid Tannins in the Adsorption of Copper(II) and Lead(II)**. *Industrial Crops and Products*, 30, 152-161.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009>.

PASSARETTI, Tereza et al. Eficácia do uso do Barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman*) no processo de cicatrização em lesões: uma revisão de literatura. *ABCS Health Sciences*, v. 41, n. 1, 2016.

PANIZZA, S; ROCHA, AB; GECCHI, R; SOUZA, E; SILVA, RAP. ***Stryphnodendron barbatiman* (vellozo) martius: teor em tanino na casca e sua propriedade cicatrizante**. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* 1988; 10:101-6.

PEREIRA, Ângela Lima; BACHION, Maria Márcia. **Tratamento de feridas: análise da produção científica publicada na Revista Brasileira de Enfermagem de 1970-2003**. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 58, p. 208-213, 2005.

PEREIRA, DENISE. **Propriedades funcionais do amido da batata-doce (*ipomoea batatas* L.) nativo e modificado por succinilação**. 2012.

PERUZZO AB, NEGELISKII C, ANTUNES MC, COELHO RP; TRAMONTINI SJ. **Protocolo de cuidados a pacientes com lesões de pele**. *Revista Técnico-Científica do Grupo Hospitalar Conceição, Mom e Perspec Saúde*. [periódico na Internet] 2005 [citado em 05 set 2008]. 18. Disponível em: <http://www2.ghc.com.br/GepNet/lesoesdepele.pdf>

PIRES, Ana Luiza R.; BIERHALZ, Andréa CK; MORAES, Ângela M. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. *Química nova*, v. 38, p. 957-971, 2015.

PIRIZ, Manuele Arias et al. Plantas medicinais no processo de cicatrização de feridas: uma revisão de literatura. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 16, p. 628-636, 2014.

PONTES, A.E.R. **Desenvolvimento de pão de forma sem adição de açúcares, gorduras e emulsificantes, com o uso de enzimas e amido de mandioca modificado**. Campinas, 2006. 73p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas

PRETTE, Ana Paula. **Aproveitamento de polpa e resíduos de jaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) através de secagem convectiva**. 2012.

RAGUZZONI, Josiane Callegaro. **Amidos Crioulos: caracterização Fundamental e influência De biopolímeros Nas Propriedades Funcionais Do Amido**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro (Portugal).

RAMALHO, Márcia Pinheiro et al. **Plantas medicinais no processo de cicatrização de feridas: revisão de literatura**. 2018.

REIS, K. C. et al. Characterization of polyhydroxybutyrate-hydroxyvalerate (PHB-HV)/maize starch blend films. **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 4, p. 361-369, 2008.

RICCI, A.; OLEJAR, K. J.; PARPINELLO, G. P.; KILMARTIN, P. A.; VERSARI, A.. **Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy in Characterization of Tannins**. Applied Spectroscopy Reviews, 2015.

RODRIGUES, Danilo et al. O extrato da casca de barbatimão, *Stryphnodendron adstringens* (Martius) Coville, na cicatrização de feridas em animais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, 2013

SAHANA, T. G.; REKHA, P. D. Biopolymers: Applications in wound healing and skin tissue engineering. **Molecular biology reports**, v. 45, p. 2857-2867, 2018.

SAMPAIO, Waneli Cristina; DE CARVALHO, Luna Alcântara Neres; CARNEIRO, Marcela Lemos Brettas. Avanços no desenvolvimento de biomateriais visando tratamento de feridas crônicas. **Hegemonia**, n. 25, p. 35-35, 2018.

SANTOS, Antonio Adriano Rodrigues dos et al. Avaliação e tratamento de feridas: o conhecimento de acadêmicos de enfermagem. **Rev. enferm. UERJ**, p. 547-552, 2010.

SANTOS, George Gonçalves dos; MARINHO, Sônia Maria Oliveira Cavalcanti; MIGUEL, Fúlvio Borges. **Polímeros como biomateriais para o tecido cartilaginoso**. 2013.

SANTOS, Leandro Soares et al. Efeito dos métodos de extração na composição, rendimento e propriedades da pasta do amido obtido da semente de jaca. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 255-261, 2013.

SANTOS FILHO, Plínio Rodrigues dos et al. **Efeito de extratos de folhas de barbatimão sobre o dano oxidativo e a genotoxicidade induzida por ciclofosfamida**. 2008.

SHIMIZU, Bianca Jacob et al. Extrato de barbatimão a 5% em gel de hidroxietilcelulose aplicado em feridas cutâneas, produzidas experimentalmente em camundongos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 15, p. 21-27, 2009.

SILVA, Allane Costa da et al. **Desenvolvimento e caracterização de produtos alimentícios elaborados a partir da semente de jaca**. 2015.

SILVA, Maria Michelle Pereira et al. Utilização de nanopartículas no tratamento de feridas: revisão sistemática. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 51, 2018.

SILVA, Suely Alves da et al. Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba. **Química Nova**, v. 24, p. 460-464, 2001.

SILVA JÚNIOR, J. O. C.; VIEIRA, J. L. F.; BARBOSA, W. L. R. e PEREIRA, N. L. **Caracterização físico-química do extrato fluido e seco por nebulização de *Symphytum offi cinale* L.** Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy. 16(Supl.): 671-677, Dez. 2006.

SMANIOTTO, Pedro Henrique de Souza et al. Sistematização de curativos para o tratamento clínico das feridas. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, v. 27, p. 623-626, 2012.

SOUZA, Felipe Ravelly Alves de et al. **Efeitos da reticulação com genipina em membranas de quitosana/colágeno para potencial uso como biomaterial**. 2018.

TROVATTI, Eliane et al. Biopolímeros: aplicações farmacêutica e biomédica. **Eclética Química**, v. 41, p. 1-31, 2016.

VERICIMO, Adriana de Souza. **Obtenção e caracterização do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*.L.) modificado por fosfatação**. 2010. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA, Assis, 2010.

WAGHMARE, Roji et al. Semente de jaca: um acompanhamento para alimentos funcionais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

YALLAPPA, S.; MANJANNA, J.; SINDHE, M.A.; SATYANARAYAN, N.D.; PRAMOD, S.N. e NAGARAJA, K. **Microwave assisted rapid synthesis and biological evaluation of stable copper nanoparticles using T. arjuna bark extract**. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2013.