

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

JÉSSICA TRINDADE TELES

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UM FILME DE
QUITOSANA E ALGINATO PARA POTENCIAL APLICAÇÃO COMO CURATIVO
NO TRATAMENTO DE QUEIMADURAS

BELO HORIZONTE

2022

JÉSSICA TRINDADE TELES

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UM FILME DE
QUITOSANA E ALGINATO PARA POTENCIAL APLICAÇÃO COMO CURATIVO
NO TRATAMENTO DE QUEIMADURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Marra de Freitas Silva Azevedo

BELO HORIZONTE
2022

JÉSSICA TRINDADE TELES

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UM FILME DE QUITOSANA
E ALGINATO PARA POTENCIAL APLICAÇÃO COMO CURATIVO NO TRATAMENTO
DE QUEIMADURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título Bacharel em Engenharia de Materiais.

Aprovado em: 10/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Danielle Marra de Freitas Silva Azevedo (Orientadora)
Departamento de Ciências Biológicas do CEFET/MG

Profa. Dra. Mariana Martins Drumond
Departamento de Ciências Biológicas do CEFET/MG

Prof. Dr. Sidney Nicodemos Da Silva
Departamento de Física do CEFET/MG

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me possibilitar estar nesse momento nesse lugar e na companhia de pessoas tão maravilhosas. Além de me dar força, disposição e inteligência emocional para superar todos os obstáculos enfrentados até aqui e os que ainda estão por vir.

À minha família, meus pais Gilson e Célia pelo apoio, incentivo e amor incondicional sempre. Aos meus amigos do CEFET, pela amizade, companheirismo, paciência e por me apoiarem sempre que precisei.

As minhas amigas Ana Luiza e Taiane, que estiveram por todos esses anos de curso ao meu lado, ajudando-me sempre que possível com seus conselhos. Agradeço imensamente a companhia.

À minha orientadora Dra. Danielle Marra, pela compreensão, pela orientação, pelos ensinamentos e pela confiança.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), pois sem ele nada seria possível. Agradeço por toda a experiência, e ensinamentos que foram tão importantes na minha vida acadêmica/pessoal.

E a todos os demais que direta ou indiretamente colaboraram com este trabalho.

RESUMO

Queimaduras são o quarto tipo de lesão mais frequente no mundo e representam grande custo para o sistema de saúde, pois se caracterizam por uma lesão destrutiva que ocasiona tratamentos com custos elevados e longo tempo de recuperação. No presente trabalho foram produzidos e caracterizados filmes de quitosana-alginato para potencial aplicação como curativos para o tratamento de queimaduras. Os filmes foram produzidos pela técnica de evaporação de solvente nas temperaturas de 41 e 50 °C e caracterizados pelas técnicas de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Análise Termogravimétrica (TG) e ângulo de contato. A técnica utilizada para a produção do material se mostrou eficaz pois, possibilitou a produção de filmes finos e transparentes, características desejadas para materiais com aplicação clínica de curativos. As análises de FTIR sugerem que o filme se formou por meio da interação iônica entre o grupo carboxila do alginato e o grupo amino da quitosana. Não foram observadas diferenças significativas no perfil de bandas do FTIR e no comportamento térmico dos filmes produzidos a 41 e a 50 °C. Os filmes de quitosana-alginato produzidos nas temperaturas de 41 e 50 °C apresentaram ângulo de contato médio de $81,5^\circ \pm 7,5^\circ$ e $67,2^\circ \pm 8,6^\circ$, respectivamente; indicando o comportamento hidrofílico desses materiais. Os resultados preliminares sugerem que o filme de quitosana-alginato na proporção de 2:1 v/v produzido pela técnica de evaporação de solvente tem potencial aplicação como curativo para o tratamento de queimaduras.

Palavras-chave: curativo; filme polimérico; alginato; quitosana.

ABSTRACT

Burns are the fourth most frequent type of trauma in the world and represent great cost to the health system, since they are characterized by a destructive injury that causes costly treatments and long recovery time. In the present work, chitosan-alginate films were produced and characterized for potential application as dressings for the treatment of burns. The films were produced by the solvent evaporation technique at temperatures of 41 and 50 °C and characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Thermogravimetric Analysis (TG) and contact angle techniques. The technique used for the production of the material proved to be effective because it allowed the production of thin and transparent films, desired characteristics for materials with clinical application of dressings. The FTIR analyses suggest that the film was formed through ionic interaction between the carboxyl group of alginate and the amino group of chitosan. No significant differences were observed in the FTIR band profile and thermal behavior of the films produced at 41 and 50 °C. The chitosan-alginate films produced at temperatures of 41 and 50 °C showed an average contact angle of $81.5^\circ \pm 7.5^\circ$ and $67.2^\circ \pm 8.6^\circ$, respectively; indicating the hydrophilic behavior of these materials. The preliminary results suggest that the chitosan-alginate film in the proportion of 2:1 v/v produced by the solvent evaporation technique has potential application as a dressing for the treatment of burns.

Keywords: dressing; polymeric film; alginate; chitosan.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de Corte Histológico da Pele.....	14
Figura 2 - Subcamadas da Epiderme	15
Figura 3 - Arranjo estrutural do alginato	22
Figura 4 - Estruturas da quitina e da quitosana	24
Figura 5 - Estruturas de N-acetil-glicosamina e D-glicosamina.....	25
Figura 6 - Fluxograma do procedimento experimental	28
Figura 7 - Solução de Quitosana-Alginato	30
Figura 8 - FTIR do alginato.....	32
Figura 9 - Curva termogravimétrica do alginato	331
Figura 10 - FTIR da quitosana.....	342
Figura 11 - Curva termogravimétrica da quitosana	36
Figura 12 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa aberta à temperatura de 41 °C	37
Figura 13 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa semiaberta à temperatura de 41 °C	37
Figura 14 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa aberta à temperatura de 50 °C	375
Figura 15 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa semiaberta à temperatura de 50 °C	38
Figura 16 - FTIR do filme de quitosana-alginato produzido a 41 °C	38
Figura 17 - FTIR do filme de quitosana-alginato produzido a 50 °C	38
Figura 18 - Curva termogravimétrica do filme de quitosana-alginato produzido a 41°C	41
Figura 19 - Curva termogravimétrica do filme de quitosana-alginato produzido a 50 °C	40
Figura 20 – Imagem da gota de água na superfície do filme de quitosana-alginato produzido a 41 °C	42
Figura 21 – Imagem da gota de água na superfície do filme de quitosana-alginato produzido a 50 °C	420

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais bandas identificadas no espectro de FTIR do alginato.....	32
Tabela 2 - Principais bandas identificadas no espectro de FTIR para quitosana	35
Tabela 3 – Ângulos de contato dos filmes de quitosana-alginato	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

μL : microlitro;

ATR: Attenuated Total Reflectance – Reflexão Total Atenuada;

cm: centímetro;

FTIR: Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier;

MEC: matriz extracelular;

ml: mililitro;

$^{\circ}\text{C}$: graus Celsius;

PEC: complexos de polieletrólitos;

pH: potencial hidrogeniônico;

Q-A: Complexos de quitosana-alginato;

SBD: Sociedade Brasileira de Dermatologia;

SBQ: Sociedade Brasileira de Queimaduras;

TG: Análise Termogravimétrica;

u.a.: unidades arbitrárias;

v/v: volume/volume;

θ (teta): medida quantitativa de umedecimento de um sólido por um líquido;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Pele e suas lesões	14
3.2. Materiais utilizados como Curativos	18
3.3. Alginato	22
3.4. Quitosana	24
3.5. Material Proposto	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 Desenho Experimental	28
4.2 Materiais	28
4.3 Métodos	29
4.3.1 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)	29
4.3.2 Análise Termogravimétrica (TG)	29
4.3.3 Preparo da solução de Quitosana-Alginato	29
4.3.4 Produção dos filmes	30
4.3.5 Ensaio de Molhabilidade	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 Caracterização do Alginato	32
5.1.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)	32
5.1.2 Análise Termogravimétrica	33
5.2 Caracterização da Quitosana	34
5.2.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)	34
5.2.2 Análise Termogravimétrica	36
5.3 Produção dos filmes de Quitosana-Alginato	37
5.4 Caracterização dos filmes de Quitosana-Alginato	38
5.4.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)	38

5.4.2 Análise Termogravimétrica	40
5.4.3 Ângulo de Contato	41
6. CONCLUSÃO	44
7. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	45
8. REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A composição multicamadas da pele garante a proteção do organismo, contudo, como qualquer outro órgão, a pele está sujeita a lesões, sejam elas ocasionadas por doenças ou acidentes (BARBOSA, 2011). O trauma é a causa mais comum de morte em pessoas com menos de 40 anos e sua incidência vem aumentando infelizmente nos últimos anos ao redor do mundo. É a causa de doença ou enfermidades que mais consome recursos médico-hospitalares em todo o mundo, constitui a principal causa de morte e incapacidade em ambientes civis e militares (MACÊDO et al.,2018).

Outro tipo de doenças que podem afetar a pele são as manifestações cutâneas ocasionadas por doenças sistêmicas e segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD) as mais comuns são: acantose, acne, albinismo, brotoeja, câncer de pele, catapora, dermatite atópica, herpes, lúpus, dentre outras (2017). Ainda, segundo a SBD, além das doenças, as lesões podem ser ocasionadas por acidentes como a dermatite de contato ou eczema de contato que é decorrente da exposição da pele a um agente que promove irritação ou alergia, gerando uma reação inflamatória; fitofotodermatite que é ocasionada pela combinação do contato com uma planta fotossensibilizante e exposição à radiação solar, sendo o exemplo mais comum são as queimaduras provocadas por limão. Contudo, o tipo mais comum de queimadura é a ocasionada pela exposição a temperaturas elevadas (SBD, 2017).

Queimaduras são o quarto tipo de trauma mais frequente no mundo e aproximadamente 300 mil pessoas morrem devido a queimaduras pôr fogo, sem contar com as mortes em decorrência de outros tipos de queimadura como, por exemplo, queimaduras químicas e escaldaduras. As pesquisas também apontam que as mortes ocorridas em consequência de queimaduras são mais frequentes em países de baixa e média renda, sendo que juntas representam 95% dessas mortes, com taxas de mortalidade variando de 11,6/100 mil, média dos países do Sudeste da Ásia, até 1,0/100 mil, média dos países desenvolvidos (MOCK et al., 2008). No Brasil, segundo o Ministério da Saúde, a maior parte das vítimas de queimaduras são crianças e pessoas de baixa renda. Os tratamentos dessas lesões representam grande custo para o sistema de saúde, pois possuem tratamentos com custos elevados e longo tempo de recuperação.

Na busca por materiais mais eficazes para o tratamento de queimaduras, os polímeros têm sido amplamente empregados, pois apresentam características interessantes como: baixo custo; facilidade de processamento; são em grande parte transparentes, possibilitando o

acompanhamento da evolução da ferida; permitem a troca gasosa com o ambiente; além de apresentarem propriedades físico-químicas favoráveis para esta aplicação.

Nesse contexto, no presente trabalho, será produzido, por meio da técnica de evaporação de solvente um filme polimérico composto por alginato e quitosana. Os filmes serão submetidos à caracterização físico-química para avaliar o potencial de aplicação desse material como curativo para o tratamento de queimaduras.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Produzir e caracterizar um filme polimérico de quitosana-alginato para potencial aplicação clínica como curativo no tratamento de queimaduras.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as matérias-primas quitosana e alginato por meio das técnicas de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Análise Termogravimétrica (TG).
- Produzir filmes poliméricos de quitosana-alginato pelo método de evaporação de solvent casting;
- Caracterizar os filmes produzidos pelas técnicas de FTIR, TG e ângulo de contato.

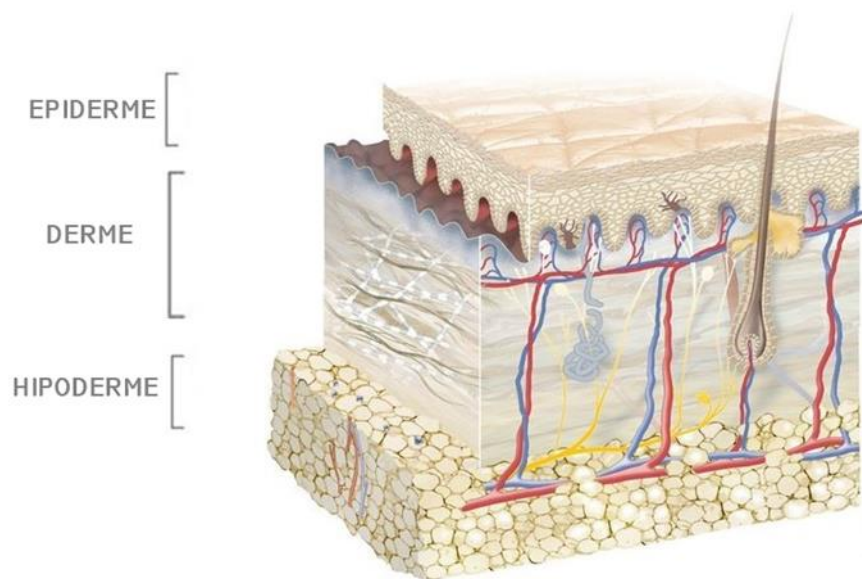
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Pele e suas lesões

A pele é o maior órgão do corpo humano, recobrendo uma área aproximada de 2m² e compondo quase um sexto do peso total do indivíduo (VALENTE, 1998). As principais funções da pele são: proteção contra traumatismos e lesões por radiação ultravioleta, defesa imunológica, produção de melanina, síntese de vitamina D e regulação térmica (BOHJANEN, 2017).

A pele é um órgão dinâmico e composto por três camadas principais: a epiderme, a derme e a hipoderme (camada subcutânea). Além disso, a pele é composta por estruturas que detectam as diferentes sensações corporais, como o sentido do tato, a temperatura e a dor (BOHJANEN, 2017). A figura 1 ilustra as camadas da pele.

Figura 1 - Esquema de Corte Histológico da Pele

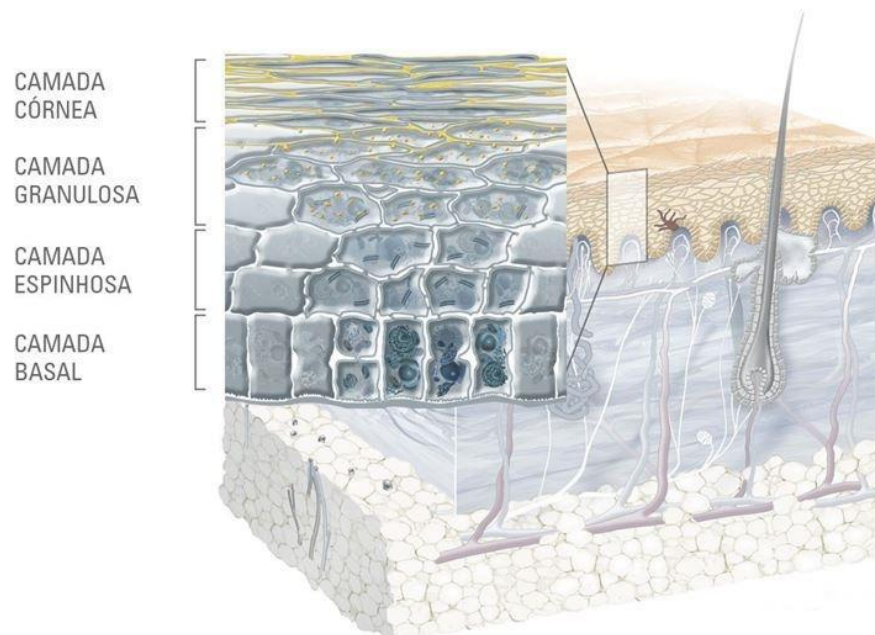


Fonte: EUCERIN, 2013.

A camada mais externa da pele é a epiderme, responsável pela proteção contra toxinas, bactérias e perda de líquidos. Ela é constituída por cinco subcamadas de células chamadas queratinócitos: camada basal, camada espinhosa, camada granulosa, camada lúcida e camada córnea (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2013).

A camada basal é a mais interna, onde os queratinócitos são formados e juntamente com a camada espinhosa são responsáveis pela constante renovação da epiderme. Na camada espinhosa os queratinócitos produzem queratina (proteína fibrosa) e se tornam fusiformes. A camada granular é o local em que a queratinização começa, as células produzem grânulos duros e quando os mesmos vão sendo empurrados para cima, se transformam em queratina e lipídios epidérmicos. Já na camada lúcida as células são bem comprimidas, aplainadas e não se distinguem umas das outras. Na camada mais externa, a córnea, encontra-se em torno de 20 subcamadas de células mortas que regularmente se desprendem no processo de descamação. É na camada córnea que estão presentes os poros das glândulas sudoríparas e as aberturas das glândulas sebáceas (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2013). A figura 2 ilustra as subcamadas da epiderme. Ressalta-se, contudo, que a camada lúcida não está representada.

Figura 2 - Subcamadas da Epiderme



Fonte: EUCERIN, 2013.

A derme é a camada intermediária da pele, ela contém um gel rico em mucopolissacarídeos, fibras colágenas e elásticas, além de diferentes tipos celulares. A parte insolúvel (colágeno e elastina) responsáveis pela força tênsil da pele, já a parte solúvel (mucopolissacarídeos) tem como função a de proteção mediante forças compressivas (LUCAS, 2004).

A camada mais profunda da pele é denominada hipoderme ou tecido celular subcutâneo e é formada principalmente de adipócitos (células repletas de gordura). Devido a presença de gordura, este tecido tem função de reserva energética, atua no isolamento térmico, na proteção mecânica do organismo às pressões e traumatismos externos, e, finalmente, facilita o deslizamento da pele em relação às estruturas subjacentes (LUCAS, 2004). A composição multicamadas da pele garante a proteção do organismo, contudo, como qualquer outro órgão, a pele está sujeita a lesões, sejam elas ocasionadas por doenças ou acidentes (BARBOSA, 2011).

Existem diversas manifestações cutâneas ocasionadas por doenças sistêmicas e segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD) as mais comuns são: acantose, acne, albinismo, brotoeja, câncer de pele, catapora, dermatite atópica, herpes, lúpus, dentre outras (2017). Ainda, segundo a SBD, além das doenças, as lesões podem ser ocasionadas por acidentes como a dermatite de contato ou eczema de contato que é decorrente da exposição da pele a um agente que promove irritação ou alergia, gerando uma reação inflamatória; fitofotodermatite que é ocasionada pela combinação do contato com uma planta fotossensibilizante e exposição à radiação solar, sendo o exemplo mais comum são as queimaduras provocadas por limão. Contudo, o tipo mais comum de queimadura é a ocasionada pela exposição a temperaturas elevadas (SBD, 2017).

Segundo Padua e colaboradores (2017) queimaduras são o 4º tipo de trauma mais frequente no mundo. Aproximadamente 300 mil pessoas morrem devido a queimaduras pôr fogo, sem contar as mortes em decorrência de outros tipos de queimadura como, por exemplo, queimaduras químicas, escaldaduras, queimaduras elétricas, radiação, atrito ou fricção (MOCK et al., 2008; SBCP, 2008). As mortes ocorridas em consequência de queimaduras são mais frequentes em países de baixa renda. Noventa e cinco por cento dessas mortes ocorrem nos países de baixa e média renda, com taxas de mortalidade variando de 11,6/100 mil, média dos países do Sudeste da Ásia, até 1,0/100 mil, média dos países desenvolvidos (MOCK et al., 2008).

As queimaduras representam grande custo para o sistema de saúde, pois se caracterizam por uma lesão destrutiva que ocasiona tratamentos com custos elevados e longo tempo de recuperação. As sequelas do acidente também podem interferir na atividade socioeconômica do paciente, dificultando o desempenho de suas habilidades, limitando ou até mesmo impossibilitando a atuação no mercado de trabalho (PECK et al., 2008). Além de ocasionar perda de função dos tecidos afetados, as queimaduras podem

causar consequências estéticas e psicológicas permanentes nos indivíduos (PADUA et al., 2017).

No Brasil, segundo a Sociedade Brasileira de Queimaduras (SBQ), aproximadamente um milhão de pessoas ao ano sofrem queimaduras, sendo que cerca de 200 mil são atendidas em serviços de emergência e 40 mil demandam hospitalização. Segundo o Ministério da Saúde, a maior parte das vítimas são crianças e pessoas de baixa renda (ARAGÃO et al., 2012; DIAS et al., 2012). Nesse sentido, a prevenção é um dos principais mecanismos para se combater os acidentes. É necessário a criação de programas governamentais em prol da prevenção, orientação e conscientização das famílias para atenção às medidas de segurança em relação às queimaduras (DUKE, 2015; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016; NHS TRUST FOUNDATION, 2017; HASHEMI, 2017).

Existem diferentes tipos de lesões por queimaduras, sendo que cada uma delas apresenta uma gravidade definida de acordo com a extensão e a profundidade da lesão (MONTES et al., 2011). Na queimadura de primeiro grau a lesão tecidual se restringe à epiderme e se caracteriza por eritema, calor, dor e descamação. Normalmente não há formação de bolhas, a evolução das lesões acontece de forma rápida, regredindo sem deixar cicatrizes e com repercussão sistêmica mínima. A queimadura de segundo grau, além de causar danos em toda a camada da epiderme, também afeta a derme e se caracteriza por dor, eritema, edema, lesão esbranquiçada ou bolhas, erosão e ulceração. Como a extensão afetada é maior, o processo de cicatrização é mais lento (2 a 4 semanas), podendo ocorrer sequelas como a discromia (alterações na pigmentação da pele) e a cicatriz. A queimadura de terceiro grau apresenta maior extensão da lesão, pois destrói todas as camadas da pele, atingindo até a região subcutânea, e, eventualmente tendões, ligamentos, músculos e ossos. Nesse tipo de lesão não há regeneração espontânea, e frequentemente é necessário realizar a enxertia (MONTES et al., 2011).

Desta forma, quanto maior o grau da queimadura, mais complicado será o processo de cicatrização. Adicionalmente, fatores como deficiência ou desequilíbrio de elementos essenciais para formação do novo tecido, redução do aporte de oxigênio, uso de medicamentos, má nutrição, infecções e desordens metabólicas, como insuficiência renal, hepática ou cardíaca, podem agravar o processo de cura (SPEAR, 2013; GEOVANINI, 2014).

As queimaduras podem ocasionar inflamação sistêmica, alterações da permeabilidade vascular, choque, anemia, infecções, desnutrição e dor intensa. Desta forma, além da higienização constante da área lesionada, os tratamentos normalmente incluem a debridação, que consiste na retirada do tecido não viável permitindo a regeneração do tecido saudável subjacente, a enxertia e a prescrição de diferentes fármacos para minimizar os sintomas e a utilização de curativos. Dentre as formas de tratamento existentes, a utilização de curativos é uma das estratégias mais comumente empregada (COSTA et al., 2005; SANTOS & WADA, 2007; FERREIRAL et al., 2011; FRANCK et al., 2017).

3.2. Materiais utilizados como Curativos

Os curativos são um tratamento amplamente utilizado na prática clínica para tratamento de lesões de pele causadas não só por queimaduras, mas também por traumas físicos, químicos, biológicos e doenças. Os curativos irão recobrir a área afetada atuando como barreira epidérmica ao evitar a entrada de microrganismos na ferida, criar um ambiente favorável para a cicatrização, contribuir para a manutenção da umidade da ferida e permitir a troca gasosa entre a lesão e o ambiente (COSTA et al., 2005). Para que os curativos sejam empregados nos tratamentos clínicos eles devem apresentar características específicas tais como: aderência, elasticidade, durabilidade, baixa antigenicidade, baixa toxicidade e capacidade hemostática. Alguns curativos podem ainda possuir ação antimicrobiana, serem biodegradáveis e auxiliarem no crescimento celular (FERREIRA et al., 2003; ECHER et al., 2010).

Atualmente, os curativos empregados nos tratamentos clínicos possuem uma grande diversidade, sendo que elas variam de acordo com os requisitos de suas aplicações como por exemplo: filmes transparentes, espumas, hidrocolóides, hidrogéis e gazes (SMANIOTTO et al., 2012).

Na busca por materiais alternativos, os polímeros têm sido amplamente pesquisados, pois eles apresentam características favoráveis como: baixo custo, baixas temperaturas de processamento, diversidade de técnicas de processamentos, podem ser transparentes possibilitando o acompanhamento da evolução da ferida e permitem a troca gasosa com o ambiente, além de apresentarem propriedades físico-químicas favoráveis para esta aplicação (MACHADO, 2017). Logo, os biomateriais mais utilizados como

curativos são os materiais poliméricos, tanto de origem sintética, quanto de origem natural.

Existe uma grande variedade de materiais poliméricos sintéticos empregados no tratamento de feridas cutâneas. Eles são dispositivos temporários que irão auxiliar na recomposição tecidual, ou ainda direcionar o processo regenerativo da pele. Os materiais mais empregados normalmente são: poliésteres derivados de α -hidróxi ácidos como o poli (L-ácido láctico) - PLLA, poli (D-ácido láctico) - PDLA, o poli (DL-ácido láctico) - PDLLA, o poli (ácido glicólico) - PGA e a policaprolactona - PCL (SANTOS & WADA, 2007).

As propriedades moleculares e físicas dos polímeros sintéticos são facilmente controladas na síntese desse material. Eles são projetados com uma porosidade variável, possibilitando a troca de nutrientes pela interconectividade dos poros presentes em sua estrutura gerada em vários níveis e escalas, tendo em vista a biodegradação e bioreabsorção. Normalmente eles são degradados por hidrólise simples, sendo que os produtos de sua decomposição são eliminados pelo corpo por meio de vias metabólicas como o ciclo do ácido cítrico, ou diretamente por excreção renal (SANTOS & WADA, 2007; GIORNO et al., 2018).

Estes polímeros possuem vantagens quando comparados com os substratos biológicos, pois apresentam produção padronizada, podendo ser modificados de acordo com as necessidades clínicas sem perda de propriedades mecânicas, não transportam microrganismos, sendo mais seguros para os pacientes, além de serem eliminados por vias metabólicas, suprimindo a necessidade de um procedimento cirúrgico (CARDOSO et al., 2013). Em contrapartida, alguns polímeros sintéticos tem a limitação da temperatura de trabalho, o que pode ocasionar perda de sua funcionalidade, além da limitação do número de polímeros disponíveis para esta aplicação, logo necessitam de aditivos como, plastificantes ou síntese de copolímeros, para combinarem as propriedades necessárias, podendo acarretar em um alto custo dos materiais (CARDOSO et al., 2013; GIORNO et al., 2018)

Os polímeros naturais normalmente são: i) constituintes da matriz extracelular (MEC), como ácido hialurônico; ii) proteínas como colágeno, gelatina, fibrina e seda e iii) polissacarídeos como quitosana, alginato, celulose e amido. Apesar de serem menos tóxicos e produzirem baixas respostas inflamatórias, apresentam baixa bioestabilidade

(CHAUDHARI et al., 2017). Este problema pode ser contornado por meio da reticulação física ou química de suas cadeias poliméricas. Contudo, a cicatrização das feridas promovida por estes polímeros reticulados pode ser comprometida devido à baixa taxa de filtração celular (CHAUDHARI et al., 2017). Por permitirem a degradação enzimática em sua cadeia principal, normalmente os polímeros naturais são biorreabsorvíveis, além de auxiliarem a adesão e o crescimento celular. Todavia, apresentam baixa resistência mecânica e variação nos processos de decomposição (GIORNO et al., 2018).

Dentre os polímeros naturais mais usados na regeneração da pele pode-se destacar os originados de proteínas e carboidratos. Eles irão atuar estimulando a cicatrização e reparando o tecido danificado, promovendo uma regeneração eficaz do tecido lesionado. Contudo, o mecanismo de atuação desses polímeros varia de acordo com sua origem (CHAUDHARI et al., 2017).

As proteínas mais comumente utilizadas nos tratamentos clínicos de feridas cutâneas são: colágeno, gelatina, seda e fibrinogênio. Colágeno é produzido principalmente por células denominadas fibroblastos e é a proteína mais abundante no corpo humano, sendo constituída por cadeias polipeptídicas ricas nos aminoácidos glicina, prolina, lisina, hidroxilisina, hidroxiprolina e alanina, em uma organização helicoidal. Apresenta resistência à tração para o crescimento do tecido, e contribui para o processo de cicatrização das feridas (CHAUDHARI et al., 2017). Os curativos a base de colágeno são eficazes, pois aceleram a cicatrização de feridas, por meio de um ambiente favorável para a proliferação de fibroblastos e queratinócitos. A gelatina é uma proteína bastante utilizada nos tratamentos de feridas, sendo formada pela hidrólise parcial da tripla-hélice do colágeno. A gelatina apresenta vantagens em relação ao colágeno, pois é menos imunogênica e permite uma melhor adesão celular, logo ira gerar menor reação imunologia (CHAUDHARI et al., 2017).

Outra proteína bastante utilizada é a seda, que é produzida por bichos-da-seda e composta por fibrina (porção hidrofóbica) e sericina (porção hidrofílica). Apresenta alta biocompatibilidade, com baixa reação inflamatória e permite alta permeabilidade dos nutrientes, tendo sido amplamente utilizada em aplicações de engenharia de tecidos por essas características (CHAUDHARI et al., 2017). O fibrinogênio é um dos principais fatores de coagulação sanguínea, tem papel na cicatrização e é produzido pelo fígado. A coagulação sanguínea ocorre pela conversão do fibrinogênio em fibrina, uma proteína fibrosa, não globular. Os *scaffolds* que tem como base a matriz de fibrina estão sendo

utilizados em vários produtos que tem como foco a regeneração da pele (CHAUDHARI et al., 2017).

Os polissacarídeos são polímeros naturais amplamente utilizados no tratamento de feridas e queimaduras na pele. O hidrogel é a principal forma de utilização dos polissacarídeos para essa aplicação e pode ser classificado em: neutro (glucanos, dextranos, celulose), ácido (ácido algínico e ácido hialurônico), básico (quitosana), além dos hidrogéis constituídos por polissacarídeos sulfatados (heparina, condroitina). Os polissacarídeos mais utilizados para tratamento de feridas e queimaduras são: ácido hialurônico, alginato e quitosana, pois apresentam propriedades físico-químicas adequadas para essa aplicação, além de biocompatibilidade e biodegradabilidade (CHAUDHARI et al., 2017).

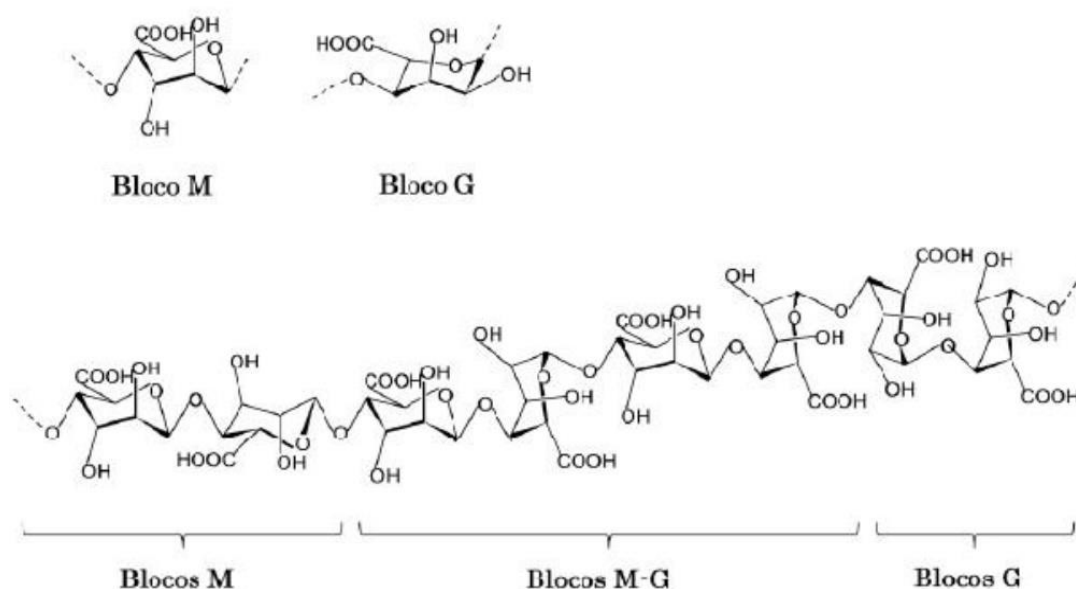
O ácido hialurônico é um polissacarídeo que juntamente com a heparina e sulfato de condroitina formam a MEC. O ácido hialurônico atua na cicatrização das feridas, o que acarreta maior divisão mitótica das células epiteliais e regulação dos macrófagos para ajustar os mecanismos de fagocitose. Contudo, por apresentar alta viscosidade e tensão superficial, a eletrofiação desse material é difícil, o que limita sua utilização como *scaffold* para regeneração da pele. O alginato é um composto derivado de algas e sua solubilidade em água é benéfica para a absorção do exsudato da ferida permitindo a manutenção do ambiente úmido, sendo essa uma das características necessárias para biomateriais que atuam como curativo (CHAUDHARI et al., 2017). Já a quitosana é um polissacarídeo derivado do exoesqueleto de artrópodes e conchas de crustáceos e apresenta propriedades hemostáticas, antimicrobianas e antifúngicas (CHAUDHARI et al., 2017).

A utilização de alginato e quitosana tem sido foco de muitos trabalhos científicos devido ao potencial de formação de um complexo de polieletrólitos (PEC) por meio de interação iônica (LAWRIE et al., 2007). Estes complexos de alginato e quitosana podem ser produzidos por diferentes metodologias como, por exemplo, utilizando-se co-solventes, o que acarretou a produção de membranas de pequena espessura, elevada capacidade de absorção de água e que não impedem o crescimento celular, características promissoras para a aplicação como curativos (RODRIGUES, 2008). É importante ressaltar que a variação do peso molecular desses compostos na formação dos PECs influencia as propriedades físico-químicas do material, sugerindo extensões variáveis de ligação entre as cadeias no interior dos filmes (YAN et al., 2002).

3.3. Alginato

O alginato é um polissacarídeo que pode ser extraído de diversos tipos de algas, principalmente de três espécies de algas marrons: *Laminaria hyperborean*, *Ascophyllum nodosum* e *Macrocystis pyrifera*. O alginato também pode ser produzido por bactérias como *Azotobacter vinelandii* e várias espécies de *Pseudomonas* (PIRES, 2013; MOTTA et al., 2015). A estrutura polimérica do alginato é composta por dois monômeros que se repetem em diferentes proporções e arranjos sequenciais: (1,4) - α -L-guluronato - bloco G - e (1,4) - β -D-manuronato - bloco M (PIRES, 2013; MOTTA et al., 2015). A figura 3 ilustra o arranjo estrutural do polissacarídeo alginato.

Figura 3 - Arranjo estrutural do alginato



Fonte: PIRES, 2013

As diferentes proporções dos blocos M e G são obtidas variando-se a fonte de obtenção. Esta diferença de proporções gera propriedades distintas para os géis formados, sendo que uma maior quantidade de blocos G acarreta géis mais rígidos e quebradiços, que são mais propícios a sofrer sinérese (perda de água para o meio externo). Uma maior quantidade de blocos M acarreta géis mais elásticos e que dificilmente sofrem sinérese. Os valores de pH entre 5 e 10 tornam o alginato quimicamente estável, sendo que o bloco M possui pKa de 3,38 e o bloco G possui pKa de 4,4 (PIRES, 2013).

As propriedades físico-químicas do alginato são amplamente determinadas pelo peso molecular do polímero, composição e organização dos resíduos de uronato e concentração da solução de cátion de reticulação usada (GOH et al., 2012). Já a viscosidade da solução de alginato está relacionada com a concentração da solução e o comprimento das unidades monoméricas presentes nesta solução. Quando se compara soluções com as mesmas concentrações, mas com diferença no comprimento dos monômeros, percebe-se que a solução que possui cadeias mais longas apresenta viscosidades mais altas, logo, o peso molecular irá afetar a viscosidade da solução de alginato (GOH et al., 2012). Quando em solução aquosa, o alginato pode sofrer transformação sol-gel tendo potencial para ser utilizado na liberação de fármacos (GOH et al., 2012). Estes géis de alginato também possibilitam a formação de micro-leitos que podem incorporar enzimas ou células, e esta propriedade tem despertado interesse na biotecnologia e no setor biomédico (CRUZ et al., 2008).

O alginato possui uma ampla gama de utilização. Na indústria de alimentos e bebidas ele atua como estabilizante e espessante, além de ser utilizado na produção de etanol como material de encapsulação de células de levedura. Na produção de papel é utilizado como agente adesivo e de preenchimento, já na produção de tintas desempenha a função de estabilizador e agente de suspensão. Também é utilizado na produção de creme dental atuando como estabilizador e espessante. Contudo, devido à hidrofilicidade, biocompatibilidade e decomposição em resíduos simples do tipo glicose que são totalmente absorvidos (CHOI et al., 2001), o alginato adquire grande importância para aplicações na indústria farmacêutica e biomédica. Assim, o alginato é utilizado para produção de medicamentos de liberação sustentada, moldes para odontologia, dentre outras aplicações.

Destaca-se a utilização de alginato na produção de curativos, devido à sua ação hemostática e absorvente (Pires, 2013). Além disso, o alginato facilita a re-epitelização do ferimento, alivia a dor do paciente e facilita a cicatrização, pois, o gel formado pela troca iônica entre os íons cálcio da solução de alginato e os íons de sódio do exsudato auxiliam na manutenção da umidade da lesão e diminui os riscos de infecção. Em vítimas de queimaduras, os curativos a base de alginato podem promover bloqueio dos terminais nervosos, ocasionando diminuição das dores do paciente e, caso tenha realizado o processo de enxertia, o alginato ainda auxilia na cicatrização dos sítios doadores de pele (PIRES, 2013). Ademais, devido ao baixo custo do alginato, os produtos dele derivados são mais acessíveis para a população (CANDIDO, 2006; SEGATO, 2007).

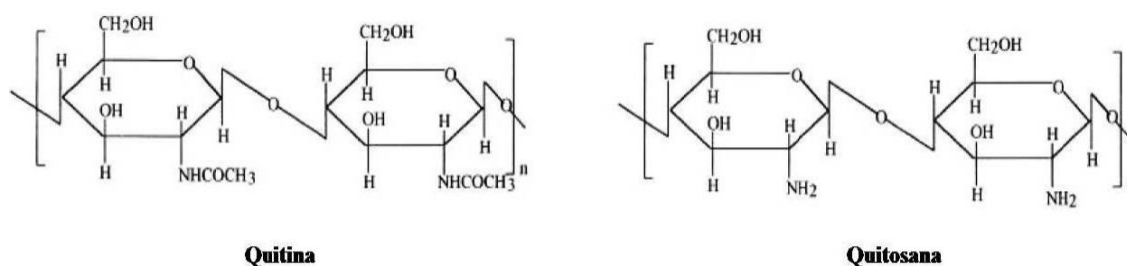
No mercado existe uma grande variedade de curativos a base alginato. Dentre eles destaca-se: Alginato de Cálcio (Curatec); Kaltostat (Convatec); Askina (BBraun); Melgisorb

(Molnlycke); SeaSorb (Coloplast); Biatain (Coloplast); Nu-Derm (Systagenix); Sorbalgon (Hartmann); Sorbalgon-T (Hartmann); Suprasorb (Lohmann Rauscher); Restore Calcicare (Hollister) e Tegagen (3M).

3.4. Quitosana

A quitosana é um polissacarídeo catiônico obtido a partir da desacetilação química da quitina (Figura 4) e que normalmente é encontrada na natureza na forma de poliânions devido às suas múltiplas cargas positivas.

Figura 4 - Estruturas da quitina e da quitosana



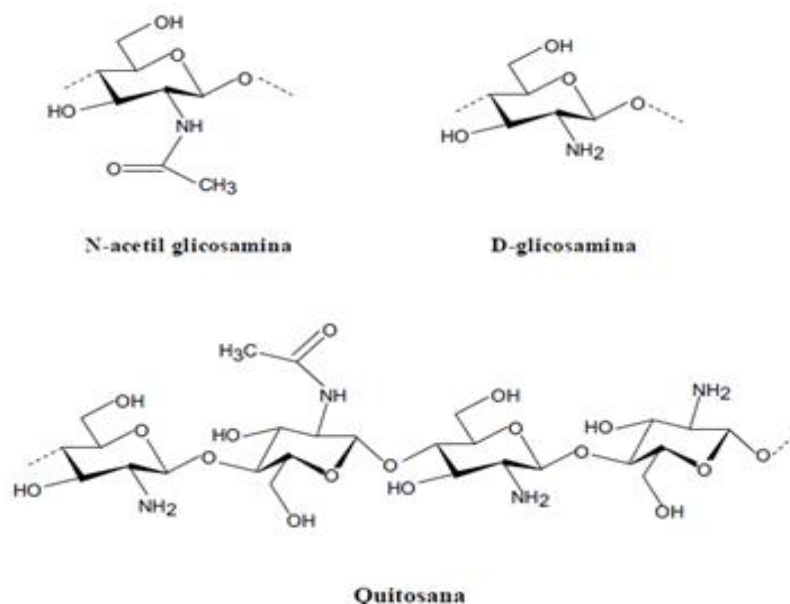
Fonte: PIRES, 2013

A principal forma economicamente viável para a extração da quitina e, conseqüente produção de quitosana, são os descartes industriais do processamento de crustáceos, principalmente de caranguejos, camarões e lagostas; a porcentagem de quitina presente no exoesqueleto destes animais pode variar de 10 a 80% (PIRES, 2013; BUENO, 2015). Desta forma, além de gerar menores custo de extração, o processamento de quitina também auxilia na resolução de problemas ambientais. Ademais, nos últimos anos, devido ao alto índice de poluição causada por materiais poliméricos, há um grande interesse em materiais naturais e biodegradáveis. Nesse sentido, a utilização de polissacarídeos, proteínas ou uma mistura dessas macromoléculas, tem se mostrado como uma estratégia promissora (KANGJING et al., 2019).

A quitosana é um produto natural, renovável e biodegradável, que possui uma grande importância econômica devido ao baixo custo (AZEVEDO et al., 2007). Na figura 5 encontram-se representados os co-polímeros formadores da quitosana: N-acetil-glicosamina β- (1-4)2-acetamido-2-desoxi-D-glicose e D-glicosamina (2-amino-2-desoxi-D-glicose). Na quitosana a

quantidade dos grupamentos de N-acetil-glicosamina deve ser superior a 50% (PIRES, 2013; BUENO, 2015).

Figura 5 - Estruturas de N-acetil-glicosamina e D-glicosamina



Fonte: BUENO, 2015

A quitosana é insolúvel em água em pH alcalino e neutro e solúvel em pH ácido, apresentando alta densidade de cargas em $\text{pH} > 5,5$. A quitosana adere a superfícies carregadas negativamente e forma gel com poliânions. A sua solubilidade em meios ácidos a torna mais acessível para ser utilizada e modificada por meio de reações químicas, logo a quitosana tem sido foco de estudos e se tornado um material importante nas áreas de engenharia de alimentos, biotecnologia, agricultura, cosméticos, dentre outros.

A quitosana é usada no tratamento de água por meio de troca iônica. No setor agrícola ela tem sido aplicada como adubo para plantas e proteção de sementes contra bactérias. Na indústria de alimentos é utilizada como conservante para molhos, estabilizante de aromas, de gorduras em alimentos e de frutas e verduras perecíveis. Além das propriedades físico-químicas, a quitosana ainda apresenta propriedades biológicas interessantes como: apirogenicidade (não gera respostas agudas no organismo como por exemplo febre) e biocompatibilidade (BEZERRA, 2011). Desta forma, na área da saúde, a quitosana tem sido utilizada como agente absorvedor de gorduras, redutor de colesterol, inibidor de placa dentária, bactericida/antiviral, lentes de contato, fios cirúrgicos, produção de microesferas para liberação

controlada de agentes ativos, materiais para regeneração óssea e curativos (NERY et al., 2012; PIRES, 2013).

A utilização da quitosana em tratamentos de feridas se dá pelo fato das propriedades antibacteriana, fungicida, hemostática e antitumoral, além de estimular a migração e a proliferação celular. A quitosana proporciona uma rápida coagulação natural do sangue, por meio da ativação das plaquetas, logo auxilia em um processo de cicatrização mais acelerado. Também estimula a produção de citocinas através da ativação de macrófagos, estimula a angiogênese, a proliferação de fibroblastos e a síntese e deposição de colágeno, importante composto da MEC (CHAUDHARI et al., 2017).

Há diversos trabalhos utilizando quitina e/ou quitosana para o tratamento de feridas cutâneas, como por exemplo, membranas porosas, filmes, quitosana com óleo antioxidante ou tomilho, membrana de malha de quitosana, células de queratinócitos e fibroblastos co-cultivadas em membranas e *scaffolds* de quitina, filmes antimicrobianos, esponjas, hidrogéis de quitosana e membranas de quitosana e *Aloe vera* (CAO et al., 2017; CHAUDHARI et al., 2017; WANSAPURA et al., 2017).

3.5. Material Proposto

Os polissacarídeos, incluindo alginato e quitosana, tem sido bastante estudado devido ao seu potencial de aplicação biomédica, como administração de medicamentos, encapsulamento celular, engenharia de tecidos e produção de curativos (LAWRIE et al., 2007). Especificamente para a aplicação de curativos, os filmes desses polímeros exibem características adequadas como: flexibilidade; transparência, que possibilita o acompanhamento da evolução da ferida; permitem a troca gasosa com o ambiente; apresentam fácil processamento e baixo custo.

A mistura de quitosana e alginato se dá por meio aquoso, sendo que os dois polímeros possuem cargas opostas, logo, a formação do complexo é coordenada, preferencialmente, pelo mecanismo eletrostático (PIRES, 2013). Esta mistura dá origem a um PEC de quitosana e alginato (Q-A) que apresenta redes biocompatíveis e características de intumescimento particulares. A formação do PEC depende de alguns fatores como: pH, força iônica das soluções, densidade de cargas dos polímeros, massa molar, razão mássica entre os polímeros, taxa de agitação e de adição de uma solução polimérica a outra (MOTTA et al., 2015; BUENO, 2015).

Os compostos de PEC de Q-A podem ser utilizados em diferentes formatos como: suportes tridimensionais para o cultivo celular, microcápsulas, fibras e membranas (PIRES, 2013). No tratamento de lesões de pele e queimaduras os complexos de Q-A podem ser utilizados principalmente na produção de membranas flexíveis e filmes transparentes que atuam de forma mais efetiva que os curativos tradicionais, além de atuarem na liberação controlada de materiais incorporados. Todavia, os complexos de Q-A possuem baixa resistência mecânica, o que limita o seu manuseio e armazenamento (PIRES, 2013; MOTTA et al., 2015).

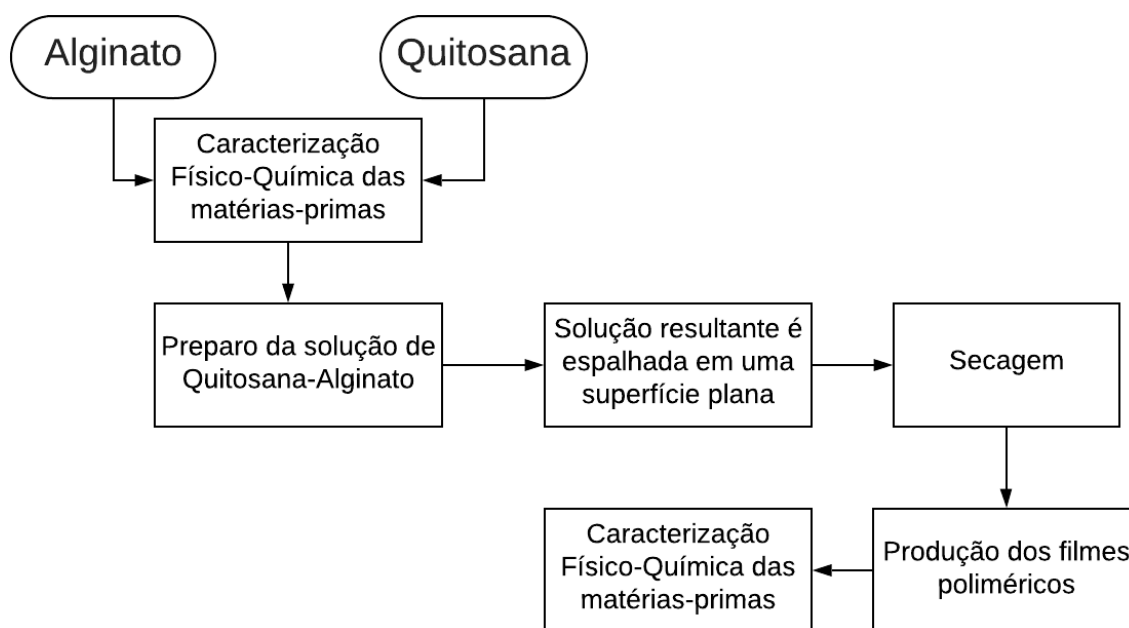
Desta forma, no presente estudo, propõe-se a produção e a caracterização físico-química de um filme de quitosana e alginato com possível aplicação como curativo em tratamentos de pacientes que sofreram queimaduras. O método utilizado para a produção dos filmes foi o processo conhecido como evaporação do solvente ou *casting*. Este processo consiste basicamente na dispersão do polímero em um solvente ou mistura de solventes adequados, formando um sistema relativamente viscoso. A dispersão é então vertida sobre uma superfície lisa e não adesiva (suporte) sendo a seguir o gel tratado termicamente em uma estufa para que os solventes evaporem. Após todo o solvente evaporar o filme seco pode ser retirado com o devido cuidado do suporte (SOBCZYK et al., 2020). Os materiais e os métodos utilizados encontram-se descritos no próximo tópico.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Desenho Experimental

Neste trabalho foram produzidos e caracterizados filmes poliméricos compostos por quitosana-alginato para potencial aplicação como curativo no tratamento de queimaduras. A figura 6 a seguir mostra um fluxograma das etapas do trabalho. Os protocolos utilizados na execução do trabalho estão descritos na literatura (ARAÚJO ET AL., 2012; SOBCZYK et al., 2020).

Figura 6 - Fluxograma do procedimento experimental



Fonte: Próprio autor.

4.2 Materiais

Utilizou-se neste trabalho o alginato na forma de ácido algínico de sódio obtido da alga marrom *Macrocystis pirifera*, com viscosidade média e fabricado pela empresa Sigma Aldrich, lote SLBV4496. A solução de alginato foi feita a partir da sua dissolução em água destilada. A quitosana utilizada foi de alta massa molecular, fabricada pela empresa Sigma Aldrich, lote

STBH7299. A solução de quitosana foi feita a partir da sua dissolução em água destilada e ácido acético.

4.3 Métodos

As matérias-primas foram caracterizadas pelas técnicas de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Análise Termogravimétrica (TG). Os filmes foram produzidos por meio da técnica de evaporação de solvente e caracterizados físico-quimicamente pelas técnicas de FTIR, TG e ensaio de molhabilidade utilizando a técnica de ângulo de contato.

4.3.1 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier foi realizada no equipamento SHIMADZU IR Prestige-21, com faixa de trabalho 4000cm^{-1} a 400cm^{-1} em atmosfera inerte e no modo de ATR.

4.3.2 Análise Termogravimétrica (TG)

A análise termogravimétrica foi realizada no equipamento DTG 60H da SHIMADZU, submetidos a uma faixa de temperatura, do ambiente até $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, com taxa de aquecimento mantida em $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ e em atmosfera de nitrogênio.

4.3.3 Preparo da solução de Quitosana-Alginato

Para obtenção dos filmes foi necessário o preparo das soluções em separado de quitosana e alginato: solução de quitosana 1% (solubilizada em solução de ácido acético 1% (v/v)) e alginato 0,5% (solubilizado em água destilada). As soluções ficaram sob agitação magnética por um período de 24 horas, à temperatura ambiente, conforme descrito previamente por ARAÚJO et al., (2012) e SOBCZYK et al., (2020).

4.3.4 Produção dos filmes

Após 24 horas de homogeneização, as soluções foram misturadas, formando uma solução de quitosana-alginato na proporção de 2:1 v/v. Essa nova solução foi colocada sob agitação magnética por um período de 24 horas, à temperatura ambiente, conforme descrito previamente por ARAÚJO et al., (2012) e SOBCZYK et al., (2020). Após o período de 24 horas obteve-se uma solução homogênea de quitosana-alginato, conforme pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 - Solução de Quitosana-Alginato



Fonte: Próprio autor.

Para produzir os filmes por meio da técnica de evaporação de solvente, a solução de quitosana-alginato foi vertida em placas de petri, cada uma contendo 30 ml dessa solução. As placas foram colocadas na estufa CIENCLAB totalmente abertas ou semiabertas. Metade das amostras secaram à temperatura de 41 °C e metade à temperatura de 50 °C, durante 24 horas. Em seguida, os filmes de quitosana-alginato foram retirados da estufa e após resfriamento em temperatura ambiente, foram cuidadosamente removidos das placas com o auxílio de uma pinça.

4.3.5 Ensaio de Molhabilidade

O teste de ângulo de contato foi realizado para determinar a molhabilidade da superfície dos filmes de quitosana-alginato. O ensaio foi realizado no equipamento DSA1 da KRUSS. Dez microlitros de água destilada foi depositado sobre os filmes poliméricos com auxílio de

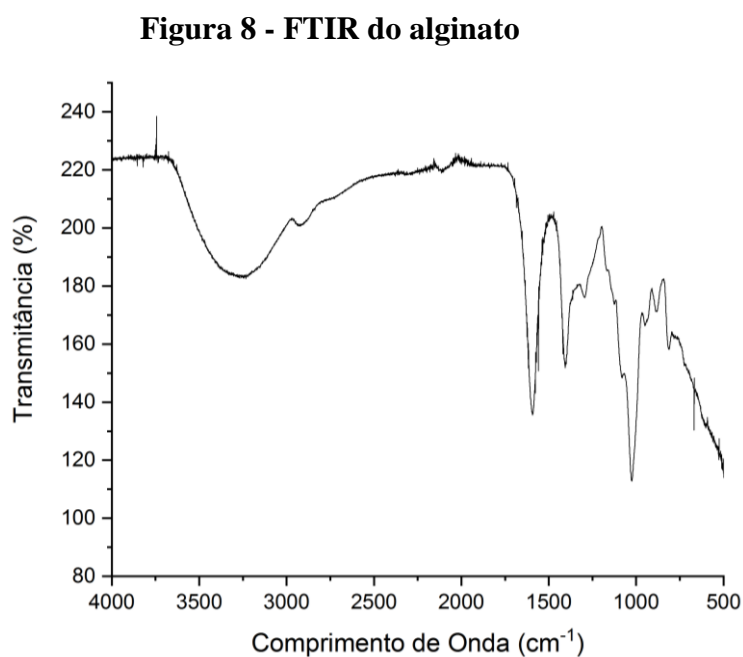
uma seringa e a velocidade do embolo foi mantida em 10 mm/min. O procedimento foi executado em diferentes regiões de cada filme, e o ângulo θ final juntamente com a imagem da gota foram automaticamente calculados pelo equipamento como uma média simples dos ângulos obtidos nas medições.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização do Alginato

5.1.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

As principais bandas de absorção do alginato obtidas pela técnica de FTIR são apresentadas na figura 8 e identificadas na Tabela 1.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 1- Principais bandas identificadas no espectro de FTIR do alginato

Comprimento de Onda (cm ⁻¹)	Associado com
3300	O-H
2923	C-H
1600, 1411	COO-
1300	C-C-H
1140	C-C
1085, 1030	C-O
948, 887, 817	C-H

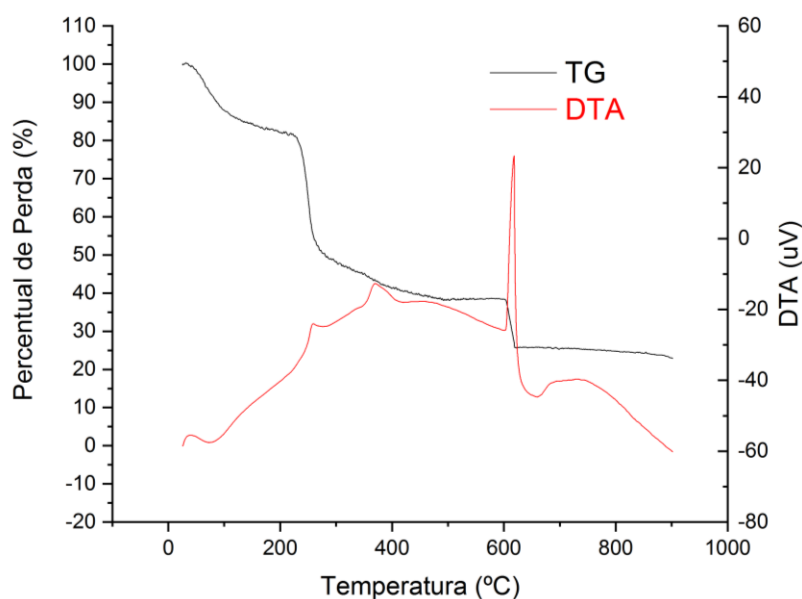
Fonte: Próprio autor.

A partir da análise da tabela 1 pode-se observar que a banda com o comprimento de onda de 3300 cm^{-1} é uma banda característica do alginato e está relacionada ao estiramento do grupo O-H. A banda de absorção em 2923 cm^{-1} está relacionada ao estiramento C-H, devido ao efeito de tensão do anel hexatômico. Enquanto as bandas 1600 cm^{-1} e 1411 cm^{-1} são atribuídas, respectivamente, aos estiramentos assimétrico e simétrico do grupo carboxilato COO^- presente na cadeia do alginato. A banda de absorção em 1300 cm^{-1} está relacionada com a deformação de C-C-H. A banda 1140 cm^{-1} está relacionada ao estiramento do C-C. Enquanto que, as bandas em 1085 cm^{-1} e 1030 cm^{-1} estão relacionadas, respectivamente, ao estiramento assimétrico e simétrico do C-O. Já as bandas em 948 cm^{-1} , 887 cm^{-1} e 817 cm^{-1} são atribuídas à deformação vibracional de C-H (LIMA, 2017). Mediante a identificação de todas essas bandas pode-se concluir que o material confere com as características esperadas pela literatura e que o material não apresenta impurezas.

5.1.2 Análise Termogravimétrica

A curva termogravimétrica do alginato pode ser visualizada na Figura 9 e se caracteriza pela perda de massa em quatro estágios principais.

Figura 9 - Curva termogravimétrica do alginato



Fonte: Próprio autor.

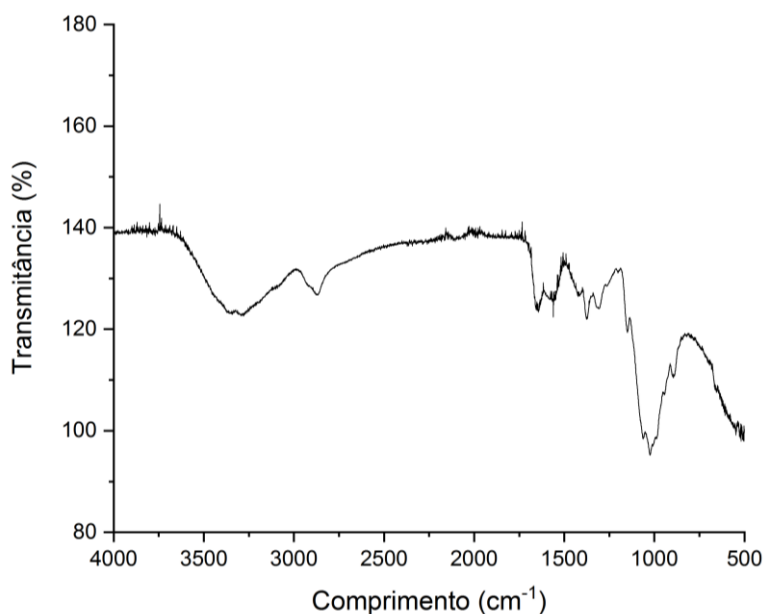
O primeiro estágio, refere-se à perda de água na temperatura de 100 °C, o segundo estágio no intervalo entre 160 °C e 320 °C pode ser atribuído a um processo exotérmico relacionado com a decomposição do material proveniente da carbonização das cadeias poliméricas do alginato. O terceiro estágio que está compreendido no intervalo de 320 °C a 500 °C pode ser atribuído a um pico exotérmico referente também à decomposição de composto orgânico. O quarto e último estágio entre 500 °C e 640 °C está relacionado com um pico exotérmico, atribuído à formação de Na_2CO_3 . Após 640 °C ocorre a formação de resíduos estáveis carbonizados (DUARTE, 2019).

5.2 Caracterização da Quitosana

5.2.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

As principais bandas de absorção da quitosana obtida pela técnica de FTIR são apresentadas na figura 10 e identificadas na Tabela 2.

Figura 10 - FTIR da quitosana



Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 - Principais bandas identificadas no espectro de FTIR para quitosana

Comprimento de Onda (cm⁻¹)	Associado com
3570 – 3200	O–H OH...OH
3400 – 3380	N–H
1650 – 1550	N–H
1350 – 1000	C–N (I)
1340 – 1250	C–N (III)
1680 – 1630	C=O (Amida I)
1570 – 1515	N–H (Amida II)
1259	C–N (II)
2800 – 2900	C–H
1404	CH ₂
1152 – 896	COC
1022	C–O

Fonte: Próprio autor.

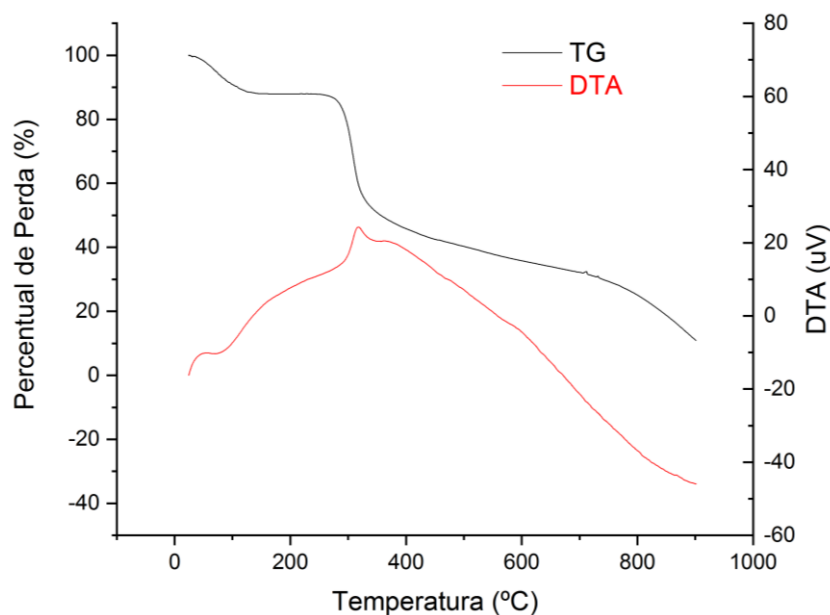
As bandas de absorção, listadas na tabela, em comprimentos de onda de 3570 cm⁻¹ e 3200 cm⁻¹ correspondem à região de absorção das ligações O–H livres e das intermoleculares OH...OH. Já as bandas de absorção entre 3400 cm⁻¹ a 3380 cm⁻¹ estão relacionadas com o grupo da amina primária e suas vibrações de estiramento da ligação N–H. As bandas entre 1350 cm⁻¹ e 1000 cm⁻¹ são atribuídas à vibração de estiramento em C–N (I). A banda de absorção 1340 cm⁻¹ a 1250 cm⁻¹ está relacionada com a deformação da ligação C–N (III) (OLIVEIRA, 2012; ALMEIDA, 2018).

As bandas de absorção entre 1680 cm⁻¹ e 1630 cm⁻¹ estão relacionadas ao grupo da amida secundária e sua vibração de estiramento da carbonila (C=O) ou Amida I, já a deformação da ligação N–H ou Amida II está na faixa 1570 cm⁻¹ a 1515 cm⁻¹. Já as bandas de absorção entre 1650 cm⁻¹ e 1550 cm⁻¹ estão relacionadas à deformação das ligações N–H, enquanto as bandas entre 1305 cm⁻¹ a 1200 cm⁻¹ estão relacionadas ao estiramento C–N (II). Já as bandas próximas a 2800 cm⁻¹ e 2900 cm⁻¹ relacionam-se aos estiramentos assimétricos e simétricos da ligação C–H na estrutura do CH₂, respectivamente. Além disso, a banda 1404 cm⁻¹ representa a deformação angular ou tesoura do grupo CH₂. As bandas entre 1152 cm⁻¹ e 896 cm⁻¹ representa a estrutura COC sacarídica que está próxima a essas bandas, enquanto as ligações C–O cíclicas estão próximas a 1022 cm⁻¹ (OLIVEIRA, 2012; ALMEIDA, 2018). Mediante a identificação de todas essas bandas pode-se concluir que o material confere com as características esperadas pela literatura e que o material não apresenta impurezas.

5.2.2 Análise Termogravimétrica

A curva termogravimétrica da quitosana pode ser visualizada na Figura 11 e se caracteriza pela perda de massa em três estágios principais.

Figura 11 - Curva termogravimétrica da quitosana



Fonte: Próprio autor.

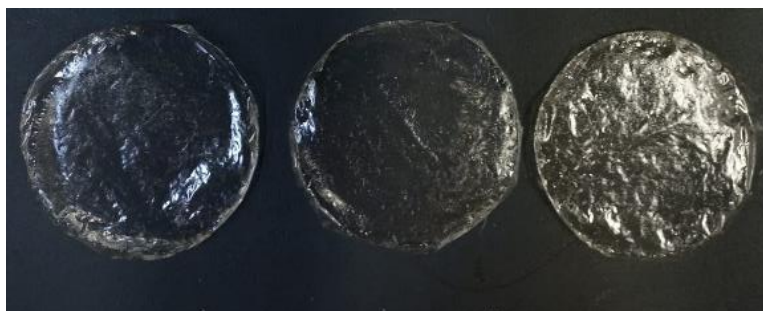
O primeiro estágio, refere-se à perda de água na temperatura de 100 °C. O segundo e terceiro estágio correm nos intervalos de 220 e 340 °C e de 340 e 900 °C, respectivamente. Ambos os estágios estão relacionados à degradação térmica e decomposição da quitosana em fragmentos menores como: a pirólise dos polissacarídeos que ocorrem mediante a quebra aleatória da ligação glicosídica, sendo que logo em seguida ocorre uma decomposição adicional em um grupo de ácidos graxos de cadeia curta de até seis carbonos (OLIVEIRA, 2012).

A caracterização físico-química das matérias-primas quitosana e alginato indica que esses materiais tem a composição química e o comportamento térmico semelhante ao que foi descrito anteriormente na literatura. Ademais, com as técnicas utilizadas, não foi identificada a presença de contaminantes e/ou impurezas.

5.3 Produção dos filmes de Quitosana-Alginato

Os filmes de quitosana-alginato obtidos pela técnica de evaporação de solvente são apresentados nas imagens de 12 a 15 a seguir.

Figura 12 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa aberta à temperatura de 41 °C



Fonte: Próprio autor.

Escala 3:10

Figura 13 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa semiaberta à temperatura de 41 °C



Fonte: Próprio autor.

Escala 3:10

Figura 14 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa aberta à temperatura de 50 °C



Fonte: Próprio autor.

Escala 3:10

Figura 15 - Filmes de quitosana-alginato produzidos por evaporação em placa semiaberta à temperatura de 50 °C



Fonte: Próprio autor.

Escala 3:10

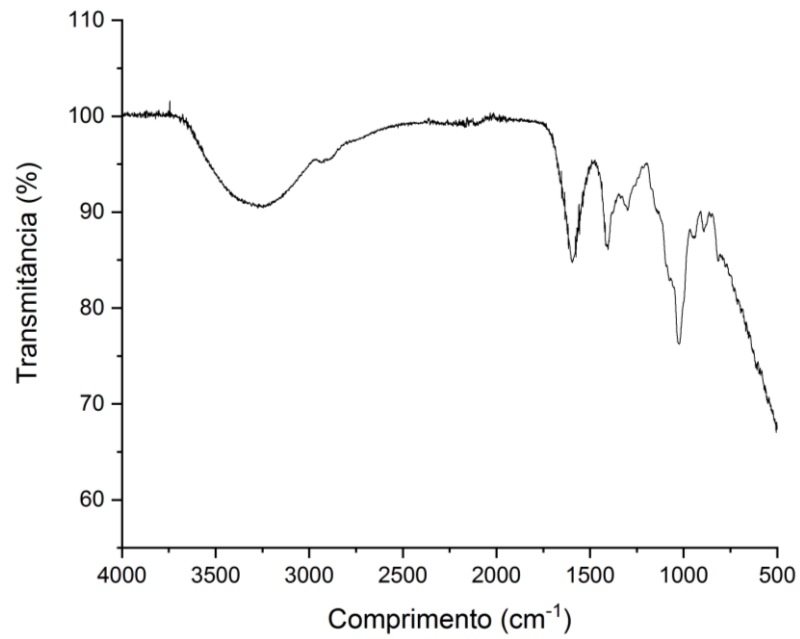
A técnica de evaporação de solvente possibilitou a produção de filmes poliméricos finos e transparentes. Os filmes produzidos continham a mesma proporção de 2:1 v/v de quitosana-alginato, mas foram submetidos a diferentes condições de evaporação do solvente (placa aberta ou semiaberta e temperatura de 41 °C ou 50 °C). As condições de evaporação não ocasionaram alterações morfológicas visuais nos filmes.

A secagem dos filmes em placas abertas ou semiabertas foi realizada para verificar se o intenso fluxo de ar da estufa poderia perturbar o processo de formação do filme e, conseqüentemente, alterar a sua morfologia. Como os filmes produzidos nessas condições não apresentaram diferenças, optou-se por realizar a caracterização físico-química somente dos filmes produzidos em placas abertas nas temperaturas de 41 °C e 50 °C.

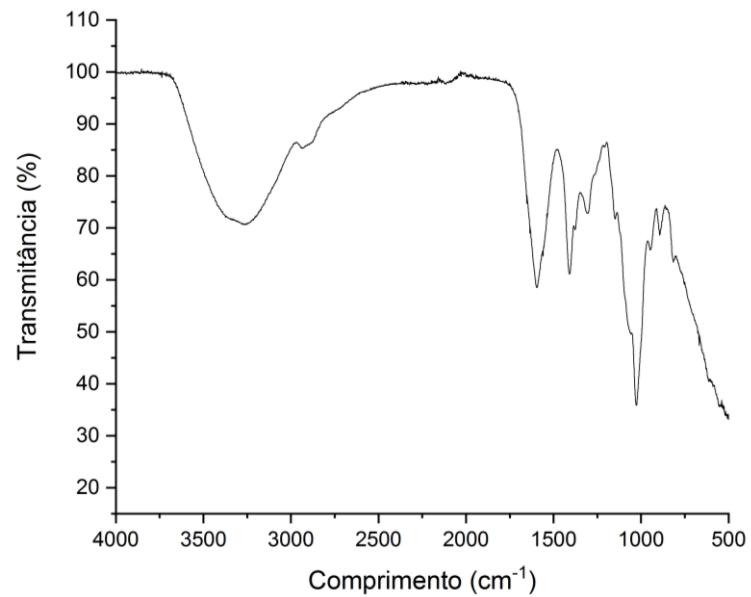
5.4 Caracterização dos filmes de Quitosana-Alginato

5.4.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

As principais bandas de absorção obtidas pela técnica de FTIR dos filmes de quitosana-alginato produzidos a 41 °C e a 50 °C são apresentadas nas figuras 16 e 17, respectivamente.

Figura 16 - FTIR do filme de quitosana-alginato produzido a 41°C

Fonte: Próprio autor.

Figura 17 - FTIR do filme de quitosana-alginato produzido a 50°C

Fonte: Próprio autor.

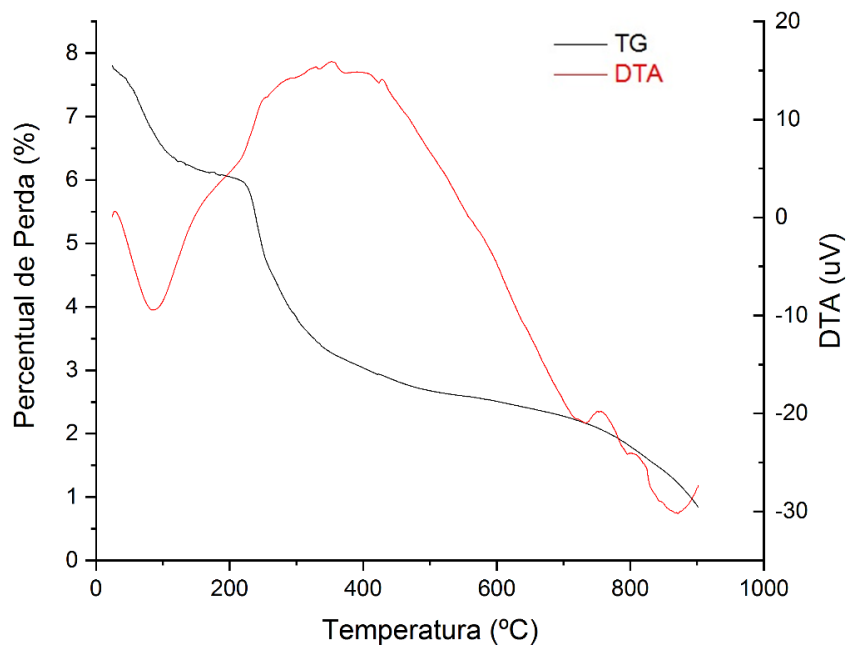
Ao se analisar as bandas de absorção dos filmes de quitosana-alginato produzidos a 41 °C e a 50 °C é possível observar a intensificação do pico da amida II (1579 cm^{-1}) e a ausência dos picos do grupo amina ($1650 - 1550\text{ cm}^{-1}$, N-H) e do grupo carboxila (1600 cm^{-1} , 1411 cm^{-1} , COO-). Esses dados sugerem que o filme de quitosana-alginato se formou por meio da interação iônica entre o grupo carboxila carregado negativamente ($-\text{COO}^-$) do alginato e o grupo amina carregado positivamente ($-\text{NH}_3^+$) da quitosana (WANG et al., 2017).

Adicionalmente, ao se comparar o espectro de absorção dos filmes de quitosana-alginato produzidos a 41 °C e a 50 °C observa-se o mesmo padrão de bandas, contudo há um aumento na intensidade das bandas no filme produzido na temperatura de 50 °C.

5.4.2 Análise Termogravimétrica

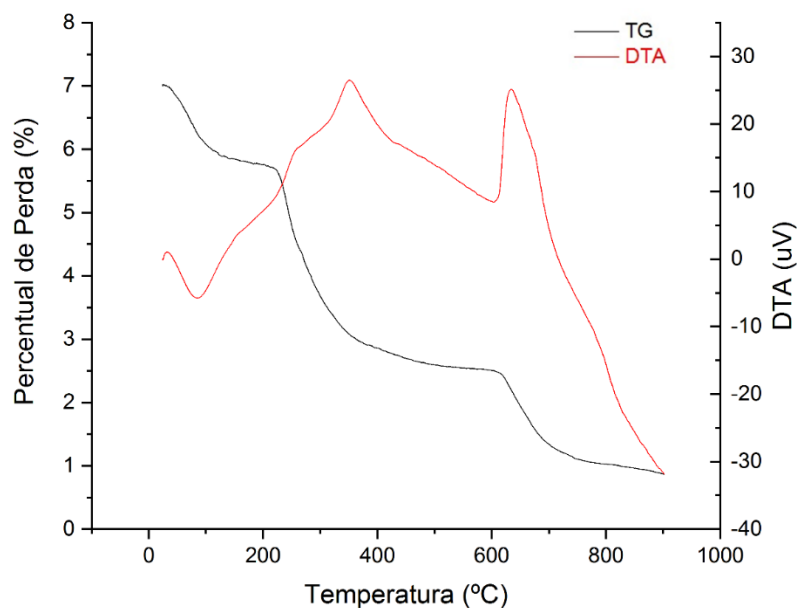
As curvas termogravimétricas dos filmes de quitosana-alginato produzidos a 41 °C e a 50 °C podem ser visualizadas nas figuras 18 e 19, respectivamente, e se caracterizam pela perda de massa em cinco estágios principais.

Figura 18 - Curva termogravimétrica do filme de quitosana-alginato produzido a 41°C



Fonte: Próprio autor.

Figura 19 - Curva termogravimétrica do filme de quitosana-alginato produzido a 50 °C



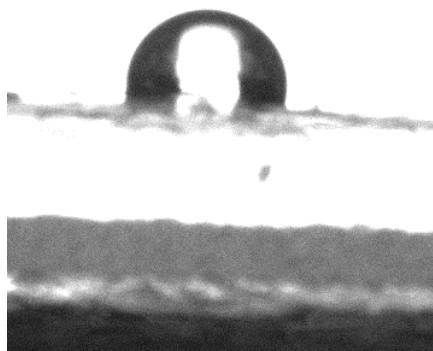
Fonte: Próprio autor.

O primeiro estágio, referente à perda de água das amostras, ocorre em 100 °C, o segundo estágio de 200 °C a 400 °C pode ser atribuído ao início da degradação do material. O terceiro estágio apresenta dois picos de 302 °C e 640 °C e pode ser atribuído aos picos deslocados dos polímeros de origem. A partir de 650 °C observa-se a permanência de resíduos do hidrogel quitosana-alginato (SABADINI, 2015).

5.4.3 Ângulo de Contato

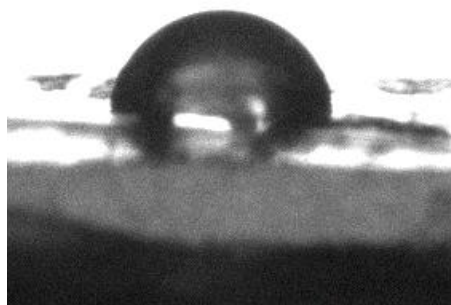
A imagem da gota de água em contato com os filmes de quitosana-alginato produzidos a 41 °C e a 50 °C são apresentados nas figuras 20 e 21, respectivamente. Os valores médios dos ângulos calculados em triplicata estão representados na tabela 3.

Figura 20 – Imagem da gota de água na superfície do filme de quitosana-alginato produzido a 41 °C



Fonte: Próprio autor.

Figura 21 – Imagem da gota de água na superfície do filme de quitosana-alginato produzido a 50 °C



Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 – Ângulos de contato dos filmes de quitosana-alginato

FILMES DE QUITOSANA-ALGINATO	ÂNGULO DE CONTATO (Média ± desvio padrão)
Filme produzido a 41 °C	81,5 ° ± 7,5 °
Filme produzido a 50 °C*	67,2 ° ± 8,6 °

Fonte: Próprio autor.

* p = 0,02

O valor médio do ângulo de contato dos dois filmes de quitosana-alginato é inferior a 90°, indicando que os filmes produzidos são hidrofílicos e apresentam grande interação com a água. Materiais utilizados como curativos devem ser hidrofílicos, pois permitem

permeabilidade seletiva de gases; manutenção da umidade da ferida, o que contribuí para o processo de regeneração das células e contribuem para minimizar as dores devido ao ressecamento de terminações nervosas (BARRIONI et al., 2015). Ademais, não foi observada diferença significativa no ângulo de contato, e portanto, na hidrofiliicidade, dos filmes de quitosana-alginato produzidos em diferentes temperaturas.

Os resultados encontrados foram submetidos ao teste T Student com os seguintes parâmetros: distribuição bicaudal e variação igual de 2 amostras. A significância encontrada foi de 0,02; logo pode-se concluir que há diferença significativa na hidrofiliicidade para os filmes produzidos a 41 e 50 °C.

6. CONCLUSÃO

No presente trabalho foram produzidos e caracterizados filmes de quitosana-alginato, na proporção de 2:1 v/v, obtidos pela técnica de evaporação de solvente e variando-se as condições de evaporação dos solventes. A técnica utilizada se mostrou eficaz pois, possibilitou a produção de filmes finos e transparentes, características desejadas para materiais com aplicação clínica de curativos.

Mediante a caracterização das materiais primas foi possível comprovar que as mesmas estavam puras e aptas para serem utilizadas no trabalho. A intensificação do pico da amida II (1579 cm^{-1}) e a ausência dos picos do grupo amino ($1650 - 1550\text{ cm}^{-1}$, N-H) e do grupo carboxila (1600 cm^{-1} , 1411 cm^{-1} , COO-) observados nas no ensaio de FTIR dos filmes de quitosana-alginato sugerem que o filme se formou por meio da interação iônica entre o grupo carboxila do alginato e o grupo amino da quitosana. Não foram observadas diferenças significativas no perfil de bandas do FTIR e no comportamento térmico dos filmes produzidos a 41 e a 50 °C.

Os filmes de quitosana-alginato produzidos nas duas temperaturas apresentaram comportamento hidrofílico, contudo, o filme produzido a 50 °C apresentou hidrofiliidade significativamente maior que o filme produzido a 41 °C. Desta forma, os resultados preliminares sugerem que o filme de quitosana-alginato na proporção de 2:1 v/v produzido pela técnica de evaporação de solvente tem potencial aplicação como curativo para o tratamento de queimaduras.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, as seguintes perspectivas podem ser elencadas para uma futura continuidade do trabalho:

- Analisar a topografia dos filmes de quitosana-alginato produzidos;
- Analisar a morfologia dos filmes pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura;
- Estudar o comportamento térmico dos filmes produzidos utilizando outras técnicas, como por exemplo, Calorimetria Exploratória Diferencial;
- Realizar o ensaio de proliferação celular para avaliar a eficácia da utilização do curativo para o tratamento de queimaduras.

8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA C.L.; **Preparo E Caracterização De Esponjas À Base De Quitosana E Policaprolactona (Pcl)**. Universidade Federal Da Paraíba Centro De Tecnologia Departamento De Engenharia De Materiais. João Pessoa/PB. p. 1-49,2018.

ARAGÃO J A.; ARAGÃO M E C S.; FILGUEIRA D M.; TEIXEIRA R M P.; Reis F P. **Estudo epidemiológico de crianças vítimas de queimaduras internadas na Unidade de Tratamento de Queimados do Hospital de Urgência de Sergipe**. p. 82-379,2012.

ARAÚJO P. M. A. G.; SANTOS P. T. A.; RODRIGUES P. A.; COSTA C. F. M.; ARAÚJO E. M. **Preparação e Caracterização de Filmes de Quitosana/ZnAl₂O₄**. Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Campina Grande, Brasil. p. 58429-140, 2012.

AZEVEDO V V C.; CHAVES S A.; BEZERRA D C FOOK M V L.; COSTA A C F M. **Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais**. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*. Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande 58109-970, Campina Grande – Paraíba, Brasil. p.1- 8, 2007.

BARBOSA, FS. **Modelo de Impedância de Ordem Fracional Para a Resposta Inflamatória Cutânea**. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.6, 2011.

BARRIONI, B. R. et al. **Synthesis and characterization of biodegradable polyurethane films based on HDI with hydrolyzable crosslinked bonds and a homogeneous structure for biomedical applications**. *Materials Science and Engineering C* 52, p. 22–30, 2015.

Brasil. Ministério da Saúde. **Grupo de Trabalho Interinstitucional sobre órteses, próteses e materiais especiais (GTIOPME)**. Relatório Final. Brasília, p. 1-701, 2015.

BEZERRA A M. **Síntese e avaliações físico-químicas e biológicas de derivados de quitosana de alta e baixa massa molecular**. Universidade de São Paulo, Faculdade de

Ciencias Farmaceuticas, Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica Área de Tecnologia Químico-Farmacêutica. São Paulo, p. 1 – 72, 2011.

BOHJANEN K. **Seção I Bases para diagnóstico e tratamento. Estrutura e funções da pele.** Brasil. p. 1-5, 2017.

BUENO C Z. **Desenvolvimento e Analises das Propriedades de Membranas de Quitosana e Alginato Contendo Polihexametileno Biguanida para o Tratamento de Lesões de Pele.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo, p. 1-195, 2015.

CANDIDO L. C. **Livro do feridólogo: tratamento clínico-cirúrgico de feridas cutâneas agudas e crônicas.** P. 1-646, 2006.

CAO Z., SHEN Z., LUO X. **Citrate-modified maghemite enhanced binding of chitosan coating on cellulose porous membranes for potential application as wound dressing.** Carbohydr Polym. p.166:320-328, 2017.

CARDOSO L.; USERO R.; CATANI S M M., BARBO M L P., ESPOSITO A R., DUEK E A R. **Implante de Membranas de PLLA/Trietil-Citrato como Alternativa no Tratamento de Feridas Cutâneas.** Laboratório de Biomateriais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP, São Paulo, Brasil. p. 798-806, 2013.

COSTA, M. R; GOMES, F. V. L; MARIANO L. A. A. **Avaliação e tratamento de feridas, manual de curativos.** Goiânia: Santa Casa de Misericórdia, 2005, 33p.

CHANDA J.; RAO S B.; MOHANTY M.; MURALEEDHARAN C V.; Arthur VL.; Bhuvaneshwar GS. **Use of glutaraldehyde-gentamicintreated bovine pericardium as a wound dressing.** Biomaterials. p. 68-70, 1994.

CHAUDHARI A.; VIG K.; BAGANIZI D.R.; SAHU R.; DIXIT S.; DENNIS V.; SINGH S.R.; PILLAI S. **“Future Prospects for Scaffolding Methods and Biomaterials in Skin Tissue Engineering: A Review”.** Academic Editor: John G. Hardy, Int. J. Mol. Sci. 17, 1974.

CHOI Y.S., LEE S.B., HONG S.R. **Studies on gelatin-based sponges. Part III: A comparative study of cross-linked gelatin/alginate, gelatin/hyaluronate and chitosan/hyaluronate sponges and their application as a wound dressing in full-thickness skin defect of rat.** Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2012.

CRUZ C H G.; FOGGETTI U.; SILVA, A N. **Alginato bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção.** Quím. Nova, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1800-1806, 2008.

DIAS LDF.; OLIVEIRA A F.; JULIANO Y.; FERREIRA L M. **Unidade de Tratamento de Queimaduras da Universidade Federal de São Paulo: estudo epidemiológico.** p. 86-92, 2012.

DUARTE V.G.O. **Síntese E Caracterização De Microesferas De Alginato E Caulinita Incorporadas Com Agroquímicos Para O Controle De Formigas Cortadeiras Do Gênero.** Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba. Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Química de Minas Gerais, para obtenção do título de Magister Scientiae. Rio Paranaíba/MG. p.1-99,2019.

DUKE, J M. **Childhood burn injury: impacts beyond discharge.** Transl. Pediatr., [S.l.], v. 4, n. 3, p. 249-251, jul. 2015.

ECHER, I. C. et al. **Avaliação e tratamento de feridas: orientações aos profissionais de saúde.** Porto Alegre: Hospital de Clínicas, 2010, 44p.

EUCERIN. *Entendendo a Pele Estrutura e Funções da Pele, 2020.* Disponível em:<<https://www.eucerin.com.br/sobre-pele/conhecimentos-basicos-sobre-a-pele/estrukture-e-funcoes-da-pele>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

FERREIRA E.; LUCAS R.; ROSSI L.; ANDRADE D. **Curativo do paciente queimado: uma revisão de literatura.** Rev Esc Enferm USP. São Paulo, p. 44-51, 2003.

FERREIRAL M C.; PAGGIARO A O.; ISAAC C.; NETO N T., SANTOS G B. **Substitutos cutâneos: conceitos atuais e proposta de classificação.** Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP), São Paulo, p. 696-702, 2011.

FRANCK C L.; RIBAS-FILHO J M.; SENEGAGLIA A C.; GRAF R M.; LEITE L M B. **A complexidade cicatricial em queimaduras e a possibilidade da terapia com células-tronco derivadas do tecido adiposo: revisão**, Brasil, p. 111-16, 2017;16(2).

GEOVANINI, T. **Tratado de lesões e curativos: enfoque multiprofissional**. 1ed. São Paulo: RIDEEL, 2014. 512p.

GIORNO L P.; RODRIGUES L R.; JUNIOR A R S. **Advanced methods for the treatment of burns: a review**. *Rev Bras Queimaduras*. Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, SP, Brasil. p. 5-60, 2018;17.

GOH C.H., HENG P.W.S., CHAN L.W., 2012. **Alginates as a useful natural polymer for microencapsulation and therapeutic applications**. *Carbohydr. Polym.* 88, 1–12.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J.; ABRAHAMSOHN, P. **Histologia básica: texto e atlas**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

KANGJING L.; JUNXIANG Z.; GUILIN G.; HAO W. **Preparation of chitosan-sodium alginate films through layer-by-layer assembly and ferulic acid crosslinking: Film properties, characterization, and formation mechanism**. *International Journal of Biological Macromolecules*. China p. 485–492, 2019.

Lawrie, G.; Keen, I.; Drew, B.; Chandler-Temple, A.; Rintoul, L.; Fredericks, P.; Grondahl, L. **Interactions between Alginate and Chitosan Biopolymers Characterized Using FTIR and XPS**. *Biomacromolecules* 2007, 8, 2533–2541.

LIMA E.J.; **Síntese De Eletrólitos Poliméricos Baseados Em Blendas Poliméricas De Poe/Naalg Modificadas Com Liclo4**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte Centro De Ciências Exatas E Da Terra Instituto De Química - Programa De Pós-Graduação Em Química. Natal/RN. p. 1-97, 2017.

LUCAS R. **Semiologia da Pele. Semiologia Veterinária: A Arte do Diagnóstico.** São Paulo, p.643-676, 2010.

HASHEMI, SS. **A systematic review on the epidemiology of pediatric burn in Iran.** J. Burn Care Res., [S. l.], v. 38, n. 6, p. 944-951, nov./dec, 2017.

IGNACIO. C. **Desenvolvimento de curativos para cicatrização de feridas por segunda intenção baseados em biomateriais capazes de promoverem resposta celular controlada via estímulo externo. 2009. 129f (Doutorado).** Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais.

MACÊDO A.T.C.L.; JUNIOR C.G.S. **Atividades Práticas E Aulas Expositivas De Primeiros Socorros A Crianças E Adolescentes Da Cidade De Palmares-Pe: Relato De Experiência.** Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Unidade Acadêmica de Garanhuns – UAG. P.1-5, 2018.

MACHADO, R. R. L. **Produção e caracterização de filme de poliuretano termoplástico com óleo de copaíba para potencial aplicação como curativos. 2017. 100f. (Monografia).** Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

MOCK C.; PECK M.; PEDEN M.; KRUG E. **A WHO plan for burn prevention and care. Geneva: World Health Organization; 2008.**

MONTES, S F.; BARBOSA, M H.; SOUSA NETO, A L. **Aspectos clínicos e epidemiológicos de pacientes queimados internados em um Hospital de Ensino. Rev. Esc. De Enfermagem USP.** São Paulo. v.45, n.2, abr. 2011

MOTTA L A.; PIRES A L R.; MORAES A M. **Efeito da Adição de Diferentes Concentrações de Silpuran® 2130 A/B nas Características de Membrana de Quitosana e Alginato.** XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química e Iniciação Científica. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas - São Paulo, p. 1-7, 2015.

NERY J C.; SILVA S R.; COSTA E S. Síntese e Caracterização de Filmes de Quitosana-Alginato com ou sem Reticulação Química para Recuperação de Feridas. Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Congresso Latino Americano de Órgãos Artificiais e Biomateriais, p. 1-8, 2012.

NHS TRUST FOUNDATION. University Hospitals of Leicester. National Burn Awareness Day 2017: latest statistics show 11 toddlers suffer a major burn daily in UK.Leicester: NHS, 2017.

OLIVEIRA F.M.; Determinação Do Grau De Desacetilação Da Quitosana Por Meio Das Técnicas De Titulação Potenciométrica E Espectrofotometria De Ultravioleta Visível. Centro Federal De Educação Tecnológica De Minas Gerais Departamento De Engenharia De Materiais Curso De Engenharia De Materiais. Belo Horizonte/MG. p. 1-71,2012.

PADUA G A C.; NASCIMENTO JM.; QUADRADO A L D.; PERRONE R P.; JUNIOR S C S. Epidemiologia dos Pacientes Vítimas de Queimaduras Internados no Serviço de Cirurgia Plástica e Queimados da Santa Casa de Misericórdia de Santos. Instituição: Santa Casa de Misericórdia de Santos, Santos, SP, Brasil, p. 550 - 555 ,2017.

PECK M D.; KRUGER G E.; van der MERWE A E.;Godakumbura W,Ahuja RB. Burns and fires from non-electric domestic appliances in low and middle-income countries Part I. The scope of the problem. Burns. p. 11- 303, 2008.

PIRES A L R. Desenvolvimento de Curativos Flexíveis e Neutralizados de Quitosana e Alginato Contendo Alphasan®. Universidade Estadual de Campinas. Campinas – São Paulo, p. 1-125, 2013.

RODRIGUES A P.Preparação e Caracterização de Membranas de Quitosana e Alginato na Terapia de Lesões. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. p. 1-173, 2008.

SABADINI, R.C. **Redes Poliméricas De Macromoléculas Naturais Como Hidrogéis Superabsorventes**. Universidade De São Paulo Instituto De Química De São Carlos. São Paulo-São Carlos.p-1-149,2015.

SANTOS A R.; WADA M L. **Polímeros Biorreabsorvíveis como Substrato para Cultura de Células e Engenharia Tecidual**. Departamento de Biologia Aplicada, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, São Paulo, Brasil. p. 308-317, 2007.

SEGATO M P. **Estudos Termoanalíticos do Ácido Algínico e dos Alginatos de Metais alcalinos, alcalinos-terrosos, amônio, mono -, di – e trietanomônio**. Universidade de São Paulo, São Carlos. p. 1-112, 2007.

SBCP, SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIRURGIA PLÁSTICA. **Queimaduras: diagnóstico e tratamento inicial. Projeto Diretrizes**. Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina. abr. 2008.

SIHSUS Brasil. **Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Especializada**. Cartilha para tratamento de emergência das queimaduras. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, p.20, 2012.

SIHSUS Brasil. **Ministério da Saúde. SIHSUS - Sistema de Informações Hospitalares do SUS**. Brasília: Ministério da Saúde; 2016 [citado 2018 Jan 22].

SMANIOTTO P. H. S; FERREIRA M.C; ISAAC C. **Sistematização de curativos para o tratamento clínico de feridas**. Revista brasileira de cirurgia plástica. São Paulo, v.27, n.4, p.623-626, 2012.

SOBCZYK A.E.; LUCHESE C.L.; FACCIN D.J.L.; TESSARO I.C. **Efeito da Adição de Orégano Nas Propriedades Físico-Químicas de Filmes Compostos de Quitosana e Alginato**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia. Porto Alegre, RS, Brasil. p. 1-6, 2020.

Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD). **Doenças e Problemas, 2017**. Disponível em: <<https://www.sbd.org.br/dermatologia/pele/doencas-e-problemas/>>. Acesso em: 18 mai. 2020.

SUS Campinas. Prefeitura Municipal de Campinas - Secretaria Municipal de Saúde - Departamento de Saúde- **Sistema de Informações Hospitalares do SUS. Manual de Curativos**. Campinas p. 1-24, 2016.

SPEAR, M. **Acute or chronic What's the difference** *Plast. Surg. Nurs.*, [S. 1.], v. 33, n. 2, p.98-100, apr./jun. 2013.

TIJING, L. D. et al. **Characterization and mechanical performance comparison of multiwalled carbon nanotube/polyurethane composites fabricated by electrospinning and solution casting**. *Composites: Part B* 44. p.613–619, 2013.

VALENTE, N Y S. **Estrutura e funções da pele**. In: **SITTART, José Alexandre de Souza; PIRES, Mario Cezar**. *Dermatologia para o clínico*. São Paulo: Lemos-Editorial, p. 1-5,1998.

WANG G.; WANG X.; HUANG L. **Feasibility of chitosan-alginate (Chi-Alg) hydrogel used as scaffold for neural tissue engineering: a pilot study in vitro**, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31:4, 766-773, UK,2017.

WANSAPURA.; DASSANAYAKE P T R S.; HAMOOD A.; TRAN P .; ABIDI H M N. **Preparation of chitin-CdTe quantum dots films and antibacterial effect on Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa** *J. APPL. POLYM. SCI.* 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Fact sheets. Burns. 2016**. Atualizado em 6 mar.2018. Disponível em: <<http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>>. Acesso em: 05 jun. 2020

YAN X L.; KHOR E.; LIM L Y. **Chitosan-alginate films prepared with chitosans of diferente molecular weights**. *Journal of Biomedical Materials Research*.p. 1–15, 2002.

YARAK, S.; SERON, E E.; PISA, I T. **A Teledermatologia na Prática Médica Teledermatology in Medical Practice**. *Revista Brasileira de Educação Médica*. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil. São Paulo, p.348, 201