

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PATRÍCIA DA COSTA ALCAIDE UCHIDA

**AVALIAÇÃO DE TÊXTEIS BIOFUNCIONAIS UTILIZANDO MICROCAPSULAS DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *CROTON LECHLERI***

APUCARANA

2023

PATRÍCIA DA COSTA ALCAIDE UCHIDA

**AVALIAÇÃO DE TÊXTEIS BIOFUNCIONAIS UTILIZANDO MICROCAPSULAS DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *CROTON LECHLERI***

**Evaluation of biofunctional textiles using croton lechleri essential oil
microcapsules**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Têxtil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Fabio Alexandre Pereira
Scacchetti.

Coorientador: Prof. Dr. André Luiz Tessaro.

APUCARANA

2023



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana



COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil

TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

AVALIAÇÃO DE TÊXTEIS BIOFUNCIONAIS UTILIZANDO MICROCAPSULAS DO ÓLEO ESSENCIAL DE CROTON LECHLERI

Por

PATRÍCIA DA COSTA ALCAIDE UCHIDA

Monografia apresentada às 16 horas do dia 16 de JUNHO de 2023, como requisito parcial, para conclusão do Curso de Engenharia Têxtil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado **APROVADO**.

Professor Dr. Fabio Alexandre Pereira Scacchetti
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Professor Dr. André Luiz Tessaro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Coorientador

Professor Dr. Rafael Block Samulewski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Membro 1

Professora Dra. Samira da Silva Mendes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Membro 2

APUCARANA

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso. Esta conquista não teria sido possível sem o apoio e incentivo das pessoas que estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada.

Primeiramente, agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em especial campus Apucarana, que além de proporcionar o ambiente e os recursos necessários para estimular e ampliar meu aprendizado e para o desenvolvimento deste trabalho, se tornou minha segunda casa. Sou grata por ter tido a oportunidade de estudar nesta renomada instituição.

Além disso, gostaria de mostrar minha gratidão aos laboratórios, o Labmulti, do campus de Londrina e o LAMAP do campus de Apucarana que foram imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos incríveis professores aos quais tive o prazer de ser acompanhada nesta trajetória, em especial o meu orientador Prof. Dr. Fabio Alexandre Pereira Scacchetti, pela sua orientação valiosa, enorme paciência que me auxiliou durante toda minha jornada acadêmica. Sua expertise e orientação foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Também gostaria de agradecer ao meu coorientador Prof. Dr. André Luiz Tessaro e aos membros da banca examinadora, por dedicarem seu tempo e conhecimento na avaliação do meu trabalho. Suas contribuições e feedback foram de grande importância para o aprimoramento deste estudo.

Por fim, não posso deixar de agradecer aos meus familiares e amigos que estiveram ao meu lado durante todo o período de realização do curso. Seu apoio incondicional, palavras de encorajamento e compreensão foram essenciais para superar os desafios e obstáculos ao longo do caminho.

*“O sucesso é a soma de pequenos esforços
repetidos dia após dia.”*

Robert Collier.

RESUMO

Recentemente, a indústria têxtil tem se destacado em produzir produtos com novas propriedades, um exemplo são os têxteis com ação para o tratamento de feridas e aceleração na cicatrização, principalmente em pessoas que apresentam com doenças crônicas, recém-operadas, idosos, acidentados e pessoas acamadas. Os curativos com ação antibacteriana têm a intenção de evitar tais complicações, tratando as feridas de maneira rápida e eficiente. O presente trabalho teve como o objetivo microencapsular o óleo essencial da seiva da *Croton Lechleri*, também conhecida com sangue de dragão para a obtenção de têxteis biofuncionais. As microcápsulas e aderência delas no tecido foram caracterizadas, utilizando as técnicas de espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier com refletância total atenuada (FTIR-ATR), microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise termogravimétrica (TG) e avaliação do potencial antibacteriano, para as bactérias *Klebsiella pneumoniae* e *Staphylococcus aureus*. Pela avaliação do MEV foi possível avaliar o recobrimento do tecido de algodão com algo que se assemelham as microcápsulas, houve a proteção do óleo de *Croton lechleri* mantendo as propriedades antibacterianas como foi comprovado no teste realizado adaptado da norma ASTM E2149-13A - Método de Teste Padrão para Determinação da Atividade Antimicrobiana de Agentes Antimicrobianos Imobilizados sob Condições Dinâmicas.

Palavras-chave: *Croton Lechleri*; Antibacteriano; Microcápsula; Pad-Dry-Cure.

ABSTRACT

Recently, the textile industry has stood out in producing products with new properties, an example is textiles with action for the treatment of wounds and accelerating healing, especially in people with chronic diseases, recently operated, elderly, injured and people bedridden. Dressings with antibacterial action are intended to prevent such complications, treating wounds quickly and efficiently. The present work aimed to microencapsulate the essential oil of the sap of *Croton Lechleri*, also known as dragon's blood, to obtain biofunctional textiles. The microcapsules and their adhesion to the tissue were characterized using the techniques of spectroscopy in the infrared region with Fourier transform with attenuated total reflectance (FTIR-ATR), scanning electron microscopy (SEM), thermogravimetric analysis (TG) and evaluation of the potential antibacterial, for *Klebsiella pneumoniae* and *Staphylococcus aureus* bacteria. Through the evaluation of the SEM it was possible to evaluate the covering of the cotton fabric with something that resembles microcapsules, there was the protection of the *Croton lechleri* oil maintaining the antibacterial properties as it was proven in the test carried out adapted from the ASTM E2149-13A standard - Test Method Standard for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Conditions.

Keywords: *Croton Lechleri*; Anti-bacterial; Microcapsule; Pad-Dry-Cure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Árvore <i>Croton Lechleri</i>	23
Figura 2 – Seiva Sangue de Dragão.....	23
Figura 3 – Taspina.....	24
Figura 4 – Fluxograma da síntese das microcápsulas	28
Figura 5 – Fluxograma do processo de funcionalização do tecido	30
Figura 6 – Síntese do material com o óleo essencial.....	34
Figura 7 – Síntese do material sem adição do óleo essencial	35
Figura 8 – Tecido funcionalizado.....	36
Figura 9 – MEV de diferentes partes do tecido funcionalizado.....	37
Figura 10 – Curva de TG e dTG do polímero sem e com a inserção do óleo.....	39
Figura 11 – Curva de TG e dTG do algodão, polímero com óleo e algodão funcionalizado	40
Figura 12 – Mecanismo de <i>cross-linking</i>	40
Figura 13 – Curva de FTIR-ATR do tecido.....	41
Figura 14 – Halos de inibição do óleo essencial de <i>Croton Lechleri</i>	43
Figura 15 – Colônias de bactérias no tempo 0	44
Figura 16 – Colônias de bactérias depois da inserção do tecido funcionalizado	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Curativos antimicrobiano existentes no mercado	26
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATCC	American Type Culture Collection
BTCA	1, 2, 3, 4 Butanotetracarboxílico
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
PBS	Phosphate-buffered saline
TSA	Tryptic Soy Agar
UFC	Unidade de formação de colônias

LISTA DE SÍMBOLOS

μg	Micrograma
mL	Mililitro
p/v	Porcentagem peso/volume
mM	Milimolar
μL	Microlitro
M	Molar
pH	Potencial hidrogeniônico
g	Gramma
g/L	Gramma por litro
mm	Milímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1	Lesões de pele.....	17
2.2	Têxteis biofuncionais.....	18
2.2.1	Obtenção de têxteis antimicrobianos por aplicação de microcápsulas...21	
2.3	A utilização da <i>Croton Lechleri</i> como alternativa a tratamento de feridas	22
2.4	A utilização de têxteis funcionais a nível mercadológico.....	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1	Materiais	26
3.2	Métodos.....	27
3.2.1	Microscopia eletrônica de varredura.....	31
3.2.2	Termogravimetria	31
3.2.3	Espectroscopia com transformada de Fourier na região do infravermelho com refletância total atenuada (FTIR-ATR).....	31
3.2.4.1	Ensaio de difusão de ágar para o óleo essencial de sangue de dragão (<i>Croton Lechleri</i>).....	32
3.2.4.2	Avaliação da atividade antibacteriana dos substratos funcionalizados com microcápsulas	32
4	RESULTADOS.....	34
4.1	Microcápsulas.....	34
4.2	Tecido funcionalizado	36
4.3	Caracterização das microcápsulas e dos têxteis funcionalizados ..	36
4.4	Estudo antibacteriano do óleo essencial e das microcápsulas aplicas ao substrato têxtil	41
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil faz uso do algodão em várias formas, sendo em fios, fibras, tecidos e roupas, sendo a principal utilização para produção de tecidos, nos quais, podem ser encontrados em produtos para casa, odonto-médico-hospitalar, roupas esportivas e usuais. São características da fibra de algodão o agradável toque, ser hipoalergênica, capacidade de absorção elevada, alta resistência a lavagens, fácil tingimento e ser biodegradável (VILAÇA, 2016). Além dessas propriedades intrínsecas do algodão, o mesmo pode ter a adição de novas características, por meio de metodologias inovadoras de grande apelo industrial (FIRMINO, 2019).

Com isto, há uma necessidade de aumentar o número de características do tecido, na última meia década, o algodão representou economicamente uma parcela de mais de 50% do mercado mundial de fibras, podendo assim, atender um público mais exigente que necessita de curativos que sejam de fácil aplicação e que auxiliem para uma boa cicatrização. Os curativos devem apresentar algumas características, como: manter o ambiente propício para a reparação do tecido e umidade da ferida, proteger contra infecção, remover o excesso de exsudato, promover isolamento térmico, permitir a troca gasosa, fácil aplicação e remoção, proteger de traumas que influenciem na cicatrização e o auxílio no alívio da dor do paciente. Nesse sentido, o novo têxtil biofuncionalizado trará a função antimicrobiana, que é responsável pela melhor cicatrização de feridas (KNECHT, 2019; FIRMINO, 2019)

Existem feridas das quais a cicatrização é de maior complexidade, assim como um arranhão ou um pequeno corte pode se tornar uma ferida grave para idosos. Tal situação é suficiente para se originar uma lesão crônica e que não responde a tratamentos convencionais, sendo prolongados durante anos, o que aumenta o risco de apresentar complicações. Outro exemplo é de pacientes acamados, aos quais, se ficarem nesta situação durante um longo período de tempo, pode acontecer à formação de escaras por conta de uma pressão contínua sobre determinadas regiões do corpo. O termo escara se diz respeito a necrose ou crosta da ferida causada pela lesão por pressão, a pressão exercida pode acarretar necrose por conta da interrupção do fluxo sanguíneo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

Com isto, é importante destacar que as feridas "diárias", como escoriações, pequenos cortes, tem a cicatrização completa em poucos dias e sem complicações para a maioria dos casos. Por outro lado, as feridas agudas e crônicas só podem ser curadas, de maneira efetiva e rápida, por meio de curativos avançados e programas de tratamento integral, e dependendo do caso, podem necessitar de tratamentos específicos, realizados por equipes interdisciplinares e orientados por protocolos previamente definidos. Realizado de forma adequada, esses procedimentos têm, além do benefício a saúde do paciente, a redução de custos e desperdício de materiais e medicamentos como na diminuição do tempo dispensado pelos profissionais (BRASIL, 2008).

Dessa forma, a proposta do presente trabalho é de desenvolver o microencapsulamento do óleo essencial da seiva *Croton Lechleri*, funcionalizar tecidos e avaliar seu potencial antibacteriano e durabilidade do acabamento em relação aos ciclos de lavagem.

1.1 Justificativa

Nas últimas décadas, o setor têxtil tem evoluído significativamente de forma a produzir materiais com propriedades novas, tais avanços permitiram a inovação da indústria têxtil e da medicina, como por exemplo, a utilização de materiais têxteis com função antimicrobiana. É de grande importância na dermatologia, visto que esses materiais estão em contato direto com a pele e interagindo com vários microrganismos (FERREIRA, 2015).

Os têxteis com ação antimicrobiana podem auxiliar principalmente indivíduos que tem dificuldades de cicatrização como idosos, diabéticos ou portadores de outras doenças crônicas, pessoas com quadro de desnutrição ou com o estado imunológico afetado e/ou que sofreram algum acidente. Além disso, podem existir complicações durante o processo de cicatrização de ferimentos, as mais comuns são: hemorragia interna e externa, deiscência, evisceração, fístulas e infecção (CESARETTI; SAAD, 2002) todos esses problemas aumentam o tempo do processo de cura do organismo e ainda podem resultar em morbidade, mortalidade e custos significativos (SANDY-HODGETTS, *et. al.*, 2020).

Com a evolução da tecnologia há o desenvolvimento de novos produtos para o tratamento de feridas, esses produtos têm objetivo de diminuir infecções, estimular granulações, promover a higienização, desbridamentos, controle de exsudação e proteção da revitalização (FRANCISCO, 2022). Com isto, é de extrema importância que haja desenvolvimentos de novas tecnologias, a fim de aperfeiçoarem o tratamento de feridas tornando tais tratamentos mais baratos e igualmente eficazes, tornando os tratamentos mais acessíveis principalmente para a classe baixa e as sociedades menos desenvolvidas (SANTOS; VIEIRA; KAMADA, 2009).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial antibacteriano do óleo da seiva da *Croton Lechleri*, assim como a aplicação de microcápsulas contendo o óleo em artigos têxteis.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Testar de forma qualitativa, pelo método de Difusão em Ágar, a atividade antibacteriana do óleo essencial da seiva da *Croton Lechleri* para as bactérias *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883 e *Staphylococcus aureus* ATCC 6538;
- Microencapsular o óleo essencial da seiva da *Croton Lechleri*;
- Aplicar as microcápsulas em um substrato têxtil, pelo método Pad-Dry-Cure;
- Caracterizar o têxtil funcionalizado por técnicas como espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier com refletância total atenuada (FTIR-ATR), microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise termogravimétrica (TG);
- Determinar a ação antibacteriana do têxtil funcionalizado de acordo com a norma da ASTM 2149.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lesões de pele

O termo ferida é definido como qualquer ruptura da integridade um órgão/tecido, desde a epiderme até os órgãos cavitários, podendo ser causada por corte acidental, rasgo, arranhão, pressão, temperaturas extremas, produtos químicos e corrente elétrica, ou secundária a intervenção cirúrgica ou doença (SARHEED, *et. al.*, 2016). A reparação do tecido afetado necessita de um ambiente que possa facilitar a epitelização, a angiogênese, a formação de colágeno e a contração da ferida, facilitando assim, a cura do machucado. Porém, para que isto aconteça, a ferida tem que ser mecanicamente estável, úmida, quente, livre de contaminação, infecção e tecido morto. Caso tais condições não sejam individualmente atendidas, podem ocorrer infecções no local, causar hematomas, edemas, necrose de tecido e/ou ressecamento (CORTÊS, 2013).

O tempo de cicatrização de feridas agudas é limitado, sendo que na maioria dos casos não apresentam grandes complicações e se caracterizam pela perda da integridade da pele, ocorrendo repentinamente, tais feridas podem ser cirúrgicas ou traumáticas (GOTTRUP; MELLING; HOLLANDER, 2005). Por outro lado, há as feridas crônicas, que possuem um tempo de cicatrização mais demorado que o normal. Em geral, estão associadas a fatores predisposto que interrompem o equilíbrio entre a carga biológica da ferida e o sistema imunológico do paciente, enfraquecendo a integridade dos tecidos da pele, sendo dérmicos e epidérmicos, prejudicando o ciclo de cicatrização da ferida, e se tratando de duração. Com isso, caso a ferida não cicatrize ou não apresente nenhum sinal de recuperação em 12 semanas, a mesma é considerada uma ferida crônica (ALAVI, *et. al.*, 2016).

Existe um elevado número de pessoas, no Brasil, que possuem algum tipo de mudança nas camadas da pele, com isto, as feridas crônicas são um problema a ser levado a sério na saúde pública, ainda que os registros de tais atendimentos sejam bem escassos. Tal número, sendo elevado, requer uma atenção e um cuidado por parte dos profissionais da saúde, por conta de que o seu tratamento é custoso e leva tempo, especialmente dependendo da gravidade da ferida, que podem fazer com que não responda ao tratamento de maneira esperada. Assim, a importância do curativo e de um tratamento se dá desde as lesões no corpo

biológico, infringindo danos no psicoemocional e social do paciente, o que acaba por piorar o processo de cicatrização das feridas (SILVA, 2011).

Há várias dificuldades quando se propõe tratar de uma ferida, sendo uma boa avaliação da ferida, adesão do portador, uso adequado da cobertura, o repouso do membro afetado e a padronização de tratamento. Torna-se necessário favorecer condições ideais para o local afetado, sendo, por exemplo, por meio de curativos dando viabilidade ao processo de cicatrização (MENEHIN; VATTIMO, 2003). O curativo trata-se de um processo de remoção das secreções, sujeiras e colônias de bactérias de uma ferida. Além disso, também promove a reaproximação das bordas separadas, promovendo hemostasia e dando a devida manutenção da umidade superficial da ferida, seguindo da proteção para que não haja nova contaminação ou novos machucados, visando à cura precoce do mesmo (HESS, 2002). Com o avanço da indústria têxtil e da medicina, são desenvolvidos têxteis biofuncionais capazes de auxiliar a recuperação do corpo humano.

2.2 Têxteis biofuncionais

Por conta da evolução tecnológica, se deu a produção de têxteis técnicos, entre eles estão os têxteis bioativos ou biofuncionais, que podem absorver substâncias da pele e/ou liberar compostos terapêuticos ou cosméticos na pele. A indústria têxtil, juntamente com a área médica, tem dado possibilidade de promover o melhor uso de tecidos técnicos, que se dá por conta da interação com a pele. Os têxteis biofuncionais ultrapassam os limites de aplicações têxteis convencionais, podendo atuar como um sistema de depósito, sendo capazes de liberar, de forma contínua, doses pequenas de substância na pele (HIPPLER; ELSNER, 2006, CHENG, *et. al.*, 2009).

Tais substâncias podem ser aplicadas nos têxteis de diferentes formas, sendo estas, diretamente ou em cápsulas, por exemplo, tendo como objetivo a melhora de fixação no tecido e a liberação de forma efetiva e contínua, nas camadas da pele, que são o estrato córneo, epiderme ou derme. Contudo, a eficácia de um têxtil bioativo, que contém um composto específico, deve ser fundada em argumentos cientificamente comprovados, quantificando o princípio ativo correspondente nas camadas da pele (RUBIO, *et. al.*, 2010).

Vários métodos inovadores foram estabelecidos a fim de melhorar o desenvolvimento de têxteis biofuncionais com propriedades dadas a ele, o que inclui a textura, a respirabilidade, propriedades antimicrobianas e cosméticas. Um exemplo de têxteis com alto desempenho são os têxteis biofuncionais, que representam uma fusão de materiais de tecidos, que contêm substâncias ativas cosméticas, aderidas aos têxteis e, tendo contato com a pele, são transferidas a pele, assim atingindo o alvo desejado. Mesmo os têxteis biofuncionais não sendo aceitos como um produto cosmético é fato que são capazes de beneficiar a pele, combatendo o envelhecimento e promovendo o bem-estar (ALONSO, *et. al.*, 2016; BRIGELIUS-FLOHÉ, TRABER, 1999; BRAMLEY, *et. al.*, 2000). Dessa forma, os têxteis biofuncionais podem ter diferentes propósitos como hidratantes, cicatrizantes, perfumados, rejuvenescedores, refrescantes, melhorando a firmeza da pele, antimicrobianos. (GHAHEH, *et. al.*, 2017).

2.2.1 Materiais têxteis com acabamento antimicrobiano

Acabamentos antimicrobianos podem ser utilizados em diversas áreas, como por exemplo, desinfetantes, conservantes de alimentos, desinfetantes para piscina e curativos, assim, podendo também ser utilizado na área têxtil. Os têxteis, tanto para o uso hospitalar como de uso doméstico, estão sempre expostos a bactérias e fungos, se tornando assim, de suma importância evitar que tais agentes se proliferem. A grande maioria de matérias têxteis que são utilizados em hospitais e hotéis são transmissores de infecções cruzadas, isto se deve ao fato que de a maioria dos materiais, em especial os têxteis, são feitos a partir de fibras naturais, sendo que tais fibras são excelentes ambientes para proliferação de bactérias/fungos, pois há uma grande área superficial e retenção de umidade (FERREIRA, 2015).

A indicação da "potência" de um acabamento antimicrobiano é medida pela sua atividade bactericida, sendo indicada pelos valores da Concentração Inibitória Mínima (CIM), porém, a perda gradual dos biocidas se dá pela lavagem repetidas vezes dos têxteis. Além disto, a incorporação na fibra ou a fixação na superfície de um têxtil reduz a sua atividade, limitando sua disponibilidade. Por tais razões, os acabamentos necessitam ser aplicados em quantidades elevadas, a fim de manter sua durabilidade, tendo assim, um controle do crescimento bacteriano eficaz (NAYAK, 2015).

A utilização de compostos químicos é amplamente utilizada a fim de conferir a atividade antimicrobiana aos têxteis. A utilização dos agentes antimicrobianos pode ser feita a fim de ter duas finalidades diferentes no têxtil, sendo a primeira a de proteção dos tecidos contra malefícios ocasionados por microrganismos, e a segunda, a de proteção dos usuários dos tecidos contra microrganismos causadores de odores ou até patogênicos. (NAYAK, 2015).

A inclusão dos agentes antimicrobianos pode ser feita durante o processo de acabamento, que se ligam a superfície têxtil de forma química, fazendo com que atuem como uma espécie de barreira de controle de microrganismos. A ligação do agente com a superfície têxtil é ocorre por meio de ligações covalentes, havendo um número suficientemente grande de grupos reativos entre as fibras e os agentes, caso o processo seja feito de maneira adequada, em condições controladas. Assim, quando se trata da utilização de agentes antimicrobianos, deve ser conhecido o mecanismo de ligação química com a superfície têxtil, conhecendo também quais condições catalisam e iniciam a reação. Alguns aspectos da utilização devem ser levados em conta, sendo assim, é necessário estabelecer requisitos, aliando a durabilidade, eficácia e a segurança ao usuário do têxtil, para isto, devem conhecer os parâmetros que são exigidos pelas entidades reguladoras (WINDLER; HEIGHT; NOWACK, 2013).

Com isto, há muita investigação na síntese de novos agentes antimicrobianos, por conta da necessidade de proteção e preservação de aplicações têxteis e da saúde humana em diversas áreas, especialmente a área hospitalar. Com a liberação de antibióticos controlada em têxteis em contato com a pele, oferece a perspectiva de diminuição de infecções pós-operatórias. Esta liberação controlada pode ser fornecida por suturas cirúrgicas, contendo antibióticos microencapsulados, o que acelera a recuperação do usuário do têxtil, assim evitando infecções pós-operatórias nos primeiros dias após a cirurgia (HOLME, 2007).

Os critérios para a seleção do antimicrobiano são: a não produção de substâncias danosas para o ambiente; o custo diminuto; a manutenção de aparência e da qualidade do têxtil e ser compatível com o processamento do têxtil habitual. Para finalizar, os acabamentos antimicrobianos não influenciam negativamente a flora comensal da pele, sendo que tais microrganismos existentes na pele não reduzem o pH, o que cria um ambiente completamente desfavorável à proliferação

de microrganismos patogênicos, sendo que a eliminação da flora da pele pode ser danoso para o consumidor (MAGALHÃES, 2015).

2.2.1.1 Obtenção de têxteis antimicrobianos por aplicação de microcápsulas

O desenvolvimento da tecnologia de encapsulamento aumentou significativamente nos últimos anos, tal tecnologia pode ser aplicada em diversas áreas industriais, tanto no ramo alimentício, como corante ou prolongadores de sabor; na agroindústria, focada nos agrotóxicos, com liberação controlada de pesticida, diminuindo a contaminação exacerbada; na indústria farmacológica e na cosmética, que encapsulam substâncias com intuito de aumentar a eficiência e durabilidade de seus produtos. Além disso, pode ser usada na indústria têxtil em diversas áreas, como em têxteis médicos a fim de estabilizar uma biomolécula aplicável, especificamente para um tecido com ação antimicrobiana. A necessidade se torna relevante a partir da vontade dos seres humanos de ter um ambiente confortável e saudável para se viver. Espera-se a disponibilidade de tecido antimicrobiano e funcional, utilizado para o dia a dia, como roupas íntimas, roupas esportivas, lençóis ou para fins medicinais, como em máscaras, curativo para feridas, por exemplo. (JULAEHA *et. al.*, 2022; BADKE, 2017)

A principal técnica para a incorporação de substâncias ativas no tecido é a microencapsulação, que pode ser alcançada através de uma série de métodos nos quais a liberação do ingrediente das microcápsulas ocorre por conta da elevação de temperatura, biodegradação, pressão ou fricção entre o tecido e o corpo, que acontece a fragmentação das cápsulas, liberando os ingredientes encapsulados (HATEGEKIMANA *et. al.*, 2015; ZIGONEANU; ASTETE; SABLIOV, 2008).

Uma microcápsula se trata de uma esfera bem pequena, na qual a parede da esfera é denominada de invólucro ou revestimento, e o material interno é denominado de fase interna ou núcleo. A importância da microcápsula se dá no armazenamento de compostos em seu interior, podendo fazer com que a liberação do composto ocorra de forma controlada, evitando interferências externas no núcleo, tais como a umidade, temperatura, luz e até mesmo o oxigênio, assim, aumentando consideravelmente a vida útil do composto. Os tamanhos das cápsulas podem variar de nanômetros a micrometros e até milímetros (DRIOLI; QUIST-JENSEN; GIORNO, 2015, GOODWIN; SOMERVILLE, 1974).

O processo de microencapsulação se trata da síntese de microcápsulas, nas quais partículas minúsculas são inseridas internamente numa matriz homogênea a fim de produzir cápsulas com vários recursos convenientes. Há um vasto número de matérias para se revestir as microcápsulas, e justamente a escolha deste material tem influência direta nas características químicas e físicas das microcápsulas. Com isto, para a seleção do material do revestimento deve considerar alguns fatores, como as condições ambientais, requisito dos produtos, a compatibilidade com o método de microencapsulação e as características de liberação (BAH; BILAL; WANG, 2020).

Alguns exemplos de materiais selecionados para a “casca” da microcápsula são copolímeros naturais ou sintéticos, como o álcool polivinílico, etilcelulose, gelatina e acetato de celulose. Líquidos e partículas sólidas podem ser empregados na microencapsulação para tarefas específicas, como manuseio de forma segura de materiais nocivos, proteção de materiais reativos e liberação controlada de medicamentos. Há uma grande gama de técnicas para microencapsulação, porém, não há nenhuma que seja adaptada para toda e qualquer situação, sendo a escolha da técnica afetada pelas características químicas e físicas do material do invólucro, do revestimento e da aplicação desejada (SINGH, *et. al*, 2010).

Há várias vantagens no desenvolvimento de microcápsulas, que são a liberação gradativa do elemento interno, em situações desejadas, que se relaciona com a morfologia, espessura e do tamanho do revestimento formado, assim como das características do composto que foi encapsulado. Também tem a vantagem de proteger o agente através de uma barreira, que diminui seu contato com o que está fora da barreira, que pode ser a luz, a umidade entre outros, diminui reações adversas que podem ser provocadas por algum material, aumenta a estabilidade do agente, o que resulta num maior e mais eficiente desempenho e uma administração segura (BADKE, 2017).

2.3 A utilização da *Croton Lechleri* como alternativa a tratamento de feridas

A seiva da *Croton Lechleri* é também conhecida popularmente por sangue de dragão devido a sua viscosidade e coloração que se assemelha com sangue. É extraída de uma árvore, conforme a Figura 1 e pode ser encontrada no Brasil, nos estados do Acre e Rondônia, e em outros países como Peru, Bolívia, Colômbia e Equador. O látex produzido, vide Figura 2, destaca-se pela sua extensa

aplicabilidade na área da saúde, sendo utilizado para o tratamento de feridas, diarreia, úlceras, cicatrizante de feridas, antimicrobiano, antioxidante, antiviral, anticancerígeno, anti-inflamatório, analgésico bucal, cicatrizante de úlceras gástricas e antidiarreico (JONES, 2004; FÃO, 2011; ALMEIDA, 2019). Além disso, o sangue de dragão funciona como limitador da sensação dolorosa, bloqueando a ativação das fibras nervosas que transmitem sinais de dor ao cérebro e ainda estimula a contração de feridas, acelerando o processo, que auxilia na formação de crosta no local e ajudando na formação de novo colágeno (CAMPOS, 2009).

Figura 1 – Árvore *Croton Lechleri*



Fonte: Folha de São Paulo, 2021.

Figura 2 – Seiva Sangue de Dragão

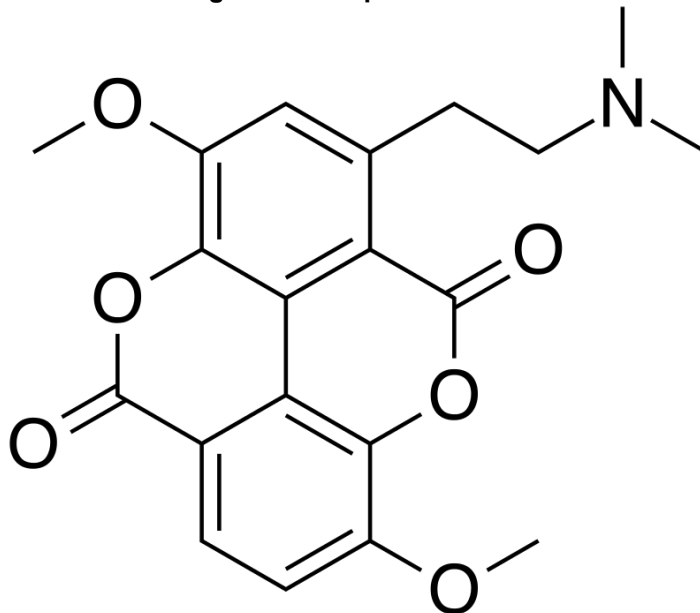


Fonte: Revista Fitos, 2019.

Na Amazônia, há um grande uso popular de plantas medicinais, sendo uma das espécies utilizadas a *Croton lechleri*, que produz um látex que é quimicamente abundante em alcalóide taspina, a Figura 3 mostra a estrutura química deste

alcalóide. Em relação ao uso medicinal do látex, fica mais evidente a sua importância, pois possui uma grande quantidade deste alcalóides bioativos, assim, possuindo ação anti-inflamatória, cicatrizante e analgésica. O sangue de dragão vem despertando interesse internacionalmente no tratamento de doenças, no caso, doenças gastrointestinais. Com isto, levou a produção de variados produtos fitoterápicos com alto valor agregado e alta demanda no mercado interno e principalmente externo. Os produtos, normalmente, são feitos na forma de sabonete, extrato líquido, pílulas, cremes, xampus, entre outros (RODRIGUES, 2018).

Figura 3 – Taspina



Fonte: ChemScr, 2023.

2.3.1 Biocompatibilidade

Quando utilizadas em ratos, o sangue de dragão revelou-se biocompatível em tecido subcutâneo, pois reduziu significativamente os tecidos inflamados e tornou-se rico em fibras colágenas (CAMPOS, 2009). Já em camundongos, o extrato metanólico extraído das folhas de *Croton Lechleri*, exerce efeitos antitumorais. Além disso, tem uma atividade tóxica moderada com efeitos *in vivo*, induzindo efeitos citotóxicos em linhas celulares do câncer humano (CASTRO, *et. al.*, 2012).

Em teste utilizando a seiva da *Croton lechleri*, revelou possuir propriedades que podem diminuir atividades mutagênicas, que são induzidas por mutagênicos de ação indireta e diretas, podem também reduzir e até inibir a proliferação de células

de leucemia humana. A segurança genética do uso do látex foi verificada, e os resultados influenciaram positivamente no valor farmacológico do remédio produzido com a seiva (ROSSI, *et. al.*, 2003).

Analisando quanto à cicatrização, é possível notar que tem aceleração no processo de cicatrização nos primeiros dias após de feito o machucado. Tais informações foram observadas através de análise clínica, morfométrica, histológica, bioquímica e tensiométrica. No caso da avaliação histológica dos rins e fígados, não houve nenhuma alteração que pudesse tornar inviável a utilização da seiva, o que apresentou que a seiva não tem efeitos tóxicos, assim como também não teve alterações nos parâmetros bioquímicos. O ensaio clínico *in vivo* possibilitou a determinação de doses seguras, que não apresentaram nenhum efeito tóxico, sendo a concentração indicada de 1µg em feridas cutâneas abertas (LOPES, 2014).

2.4 A utilização de têxteis funcionais a nível mercadológico

Os têxteis médicos são definidos como estruturas têxteis que são produzidas para se utilizar em área médico-hospitalares, sendo aplicados desde uma sutura, até estruturas extremamente complexas de regeneração de tecidos (ARAÚJO; FANGUEIRO; HONG, 2001). A fim de desenvolver um têxtil médico de qualidade, deve-se escolher um material que atenda a uma série de características exigidas para aplicação final, sendo elas: a flexibilidade, tenacidade e resistência à microrganismos, sem deixar de lado as características básicas de qualquer outro têxtil, como por exemplo, o conforto. A viabilidade econômica nesta área também é de suma importância (GERHARDT, *et. al.*, 2009)

Atualmente no mercado podem-se encontrar curativos que tem ação antimicrobiana com diferentes composições, como mostra a Tabela 1. Os dados da tabela são de pesquisas realizadas em sites de drogarias.

Tabela 1 – Curativos antimicrobiano existentes no mercado

Curativo	Marca	Princípio ativo	Composição	Preço
Vliwaktiv	Venosan	Carvão Ativado e Prata	-	R\$ 45,00
Aquacel-Ag Surgical	Convatec	hidrofibra 100% carboximetilcelulose (Tecnologia Hydrofiber®) e prata iônica	Nylon, elastano e poliuretano	R\$ 193,00
Suprasorb	Venosan	polihexanida (PHMB)	-	R\$ 97,82
Curatec	Curatec	Polihexametileno de Biguanida	100% algodão	R\$ 97,82

Fonte: Autoria própria (2022).

3 MÁTERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para o processo de formação das microcápsulas foi utilizada a goma arábica pura e a gelatina P.A. ambos da marca Êxodo científica e de grau analítico. Para o núcleo foi utilizado o óleo essencial de sangue de dragão (*Croton Lechleri*) da marca phytoterápica. Outros reagentes utilizados foram o ácido acético, hidróxido de sódio, acetona P.A. e glutaraldeído, todos de grau analítico.

Foram utilizadas amostras gazes, da marca Cremer, 100% algodão, com a padronagem de tela e densidade de 13 fios/cm para a realização dos testes. Para a funcionalização das amostras foi necessário BTCA (Ácido 1,2,3,4-butanotetracarboxílico) da marca Sigma Aldrich e hipofosfito de sódio da marca Synth, com os dois sendo de grau analítico. E para a avaliação do potencial antibacteriano do óleo essencial da seiva *Croton Lechleri* foram utilizadas placas de ágar e as bactérias *K. pneumoniae* ATCC 13883 e *S. aureus* ATCC 6538.

3.2 Métodos

3.2.1 Formação das microcápsulas por coacervação complexa

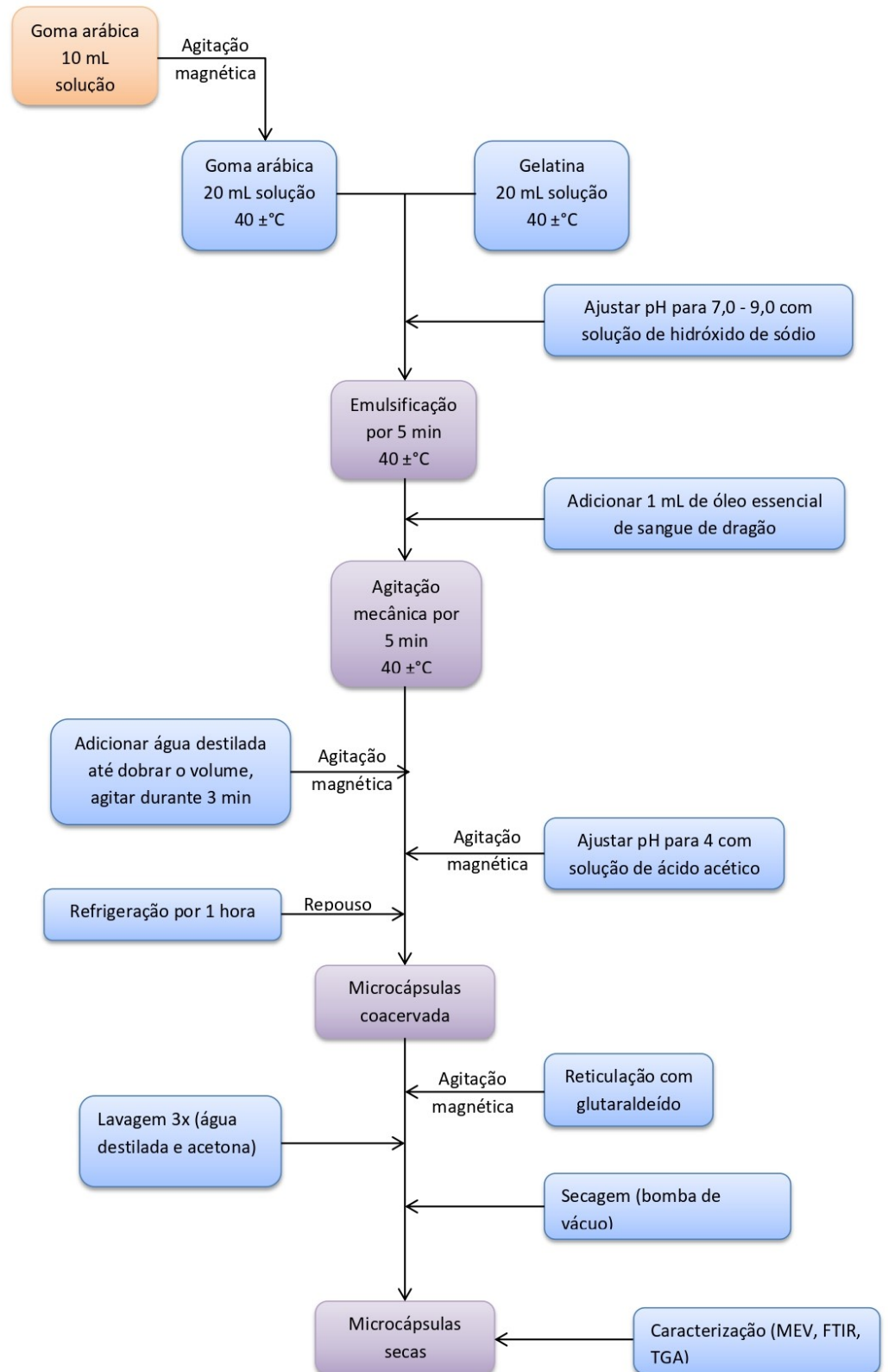
Para o processo de formação das microcápsulas foi adaptado o estudo feito por BAKDE, 2017, como descrito na Figura 4. Foi preparada uma solução da goma arábica, 10 mL a concentração de 2,5% (p/v) a qual foi mantida solo em um béquer, em agitação constante em um agitador magnético por 24 horas. Etapa foi realizada para que houvesse uma melhor hidratação e solubilização da goma.

Em um segundo béquer, foi preparada uma solução de 20 mL de gelatina na concentração de 2,5% (p/v) em água destilada, a qual foi mantida sob agitação magnética e aquecimento a 40°C durante cinco minutos para melhorar a solubilização e hidratação. Para ambas as soluções o pH foi mantido entre 7,0 e 9,0, ajustando se necessário com hidróxido de sódio.

Em seguida, dentro de um béquer acrescentou-se a solução de goma arábica e de gelatina, a mistura foi ser emulsionada durante cinco minutos no agitador mecânico. Passado esse tempo, adicionou-se 1,0 mL do óleo essencial de sangue de dragão, depois de mais cinco minutos, adicionou-se água destilada aquecida a 40 °C até a solução dobrar de tamanho. Em seguida, ajustou-se o pH para 4,0 com auxílio da solução de ácido acético, a temperatura foi mantida a 40 °C durante todo o processo.

Após a etapa, a solução foi refrigerada no congelador a uma temperatura de -6°C durante 1 hora em repouso. Logo após, a solução foi colocada novamente sob agitação magnética e com auxílio de uma pipeta foi adicionado o glutaraldeído vagarosamente, foi utilizado uma relação de 1mM de glutaraldeído/g de gelatina com concentração de 0,25 M, sendo assim adicionou-se 200 µL de glutaraldeído. A solução permaneceu agitando por 4 horas. Posteriormente, as microcápsulas passaram por um processo de secagem com o auxílio de uma bomba de vácuo, lavadas primeiramente com água destilada e depois com acetona, para a retirada do excesso da solução e do glutaraldeído. O mesmo processo para a formação das microcápsulas foi repetido, porém nada foi utilizado para preencher o núcleo, formando assim uma microcápsula vazia que foi utilizada para realizar cálculos de eficiência de encapsulação posteriormente.

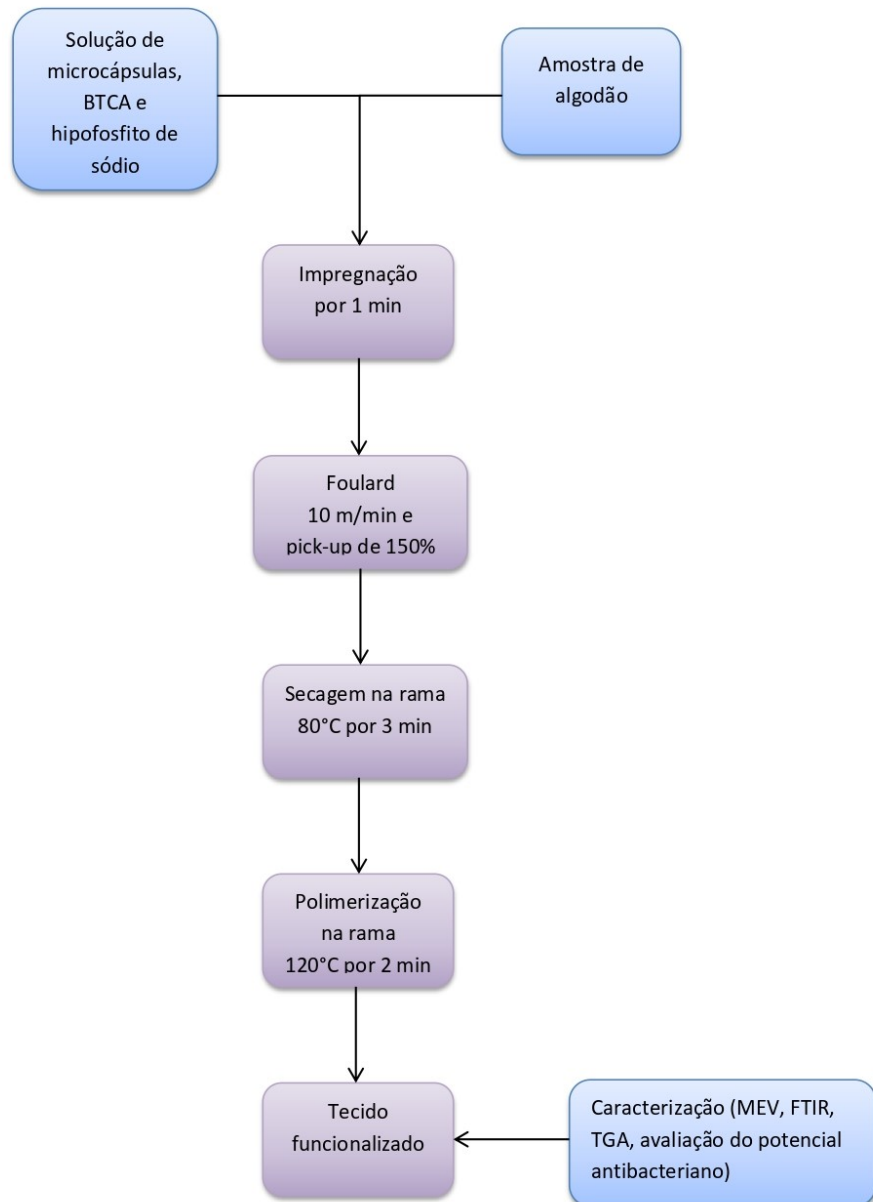
Figura 4 – Fluxograma da síntese das microcápsulas



Fonte: Adaptado de Bakde (2017).

3.2.2 Funcionalização das amostras têxteis

A funcionalização dos substratos têxteis foi realizada através do método *pad-dry-cure* por esterificação com BTCA, como mostra a Figura 5. O substrato escolhido foi uma gaze, que se trata de um tecido plano 100% algodão com densidade de 13 fios por cm, foram usadas três amostras, colocadas na mesma solução. Os substratos foram impregnados por 1 minuto em solução de microcápsulas (30g/L) contendo ácido BTCA (30g/L) e hipofosfito de sódio (10g/L), e então passou pelo *foulard* a uma velocidade foi de 10 m/min e um pick-up de 150%, técnica adaptada de Mendes, *et. al.* (2021). A aplicação das microcápsulas por foulardagem deu-se seguida do processo de secagem a 80 °C por 3 minutos, e cura a 120°C por 2 minutos em rama.

Figura 5 – Fluxograma do processo de funcionalização do tecido

Fonte: Autoria própria (2022).

3.2.3 Caracterização das microcápsulas e dos têxteis funcionalizados

As microcápsulas e os substratos têxteis funcionalizados foram avaliados quanto à distribuição das microcápsulas nos substratos têxteis por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier com refletância total atenuada (FTIR-ATR), análise

termogravimétrica (TG) e avaliação do potencial antibacteriano, tanto do óleo livre quanto das microcápsulas com óleo essencial de *Croton Lechleri*.

3.2.3.1 Microscopia eletrônica de varredura

As imagens de microscopia de eletrônica de varredura (MEV) foram capturadas utilizando o microscópio eletrônico Tescan Vega (TESCAN), em Londrina no laboratório Labmulti da UTFPR, com feixe de elétrons de 5kVa de energia e aumento entre 130 e 700 vezes. O preparo das amostras foi realizado por dispersão em fita de carbono dupla face e metalização com camada de ouro (*sputtering*).

3.2.3.2 Termogravimetria

As análises foram realizadas no equipamento TGA-50 da Shimadzu, localizado em Apucarana no laboratório multiusuário da UTFPR. Em cada análise foram utilizados 5 mg de amostra, que foram aquecidos entre 30 °C e 600 °C a uma taxa de 10 °C/min e sob atmosfera de argônio (50 mL/min).

3.2.3.3 Espectroscopia com transformada de Fourier na região do infravermelho com refletância total atenuada (FTIR-ATR)

Os espectros FTIR-ATR foram realizados no laboratório de química prebiótica da UEL em um espectrofotômetro Vertex 70 da Bruker, com resolução de 4 cm⁻¹. Os espectros foram obtidos na faixa de comprimento de onda de 4000 a 400 cm⁻¹, para 32 scans para cada amostra.

3.2.4 Estudo antibacteriano do óleo essencial e microcápsulas aplicas ao substrato têxtil

O óleo essencial e o substrato têxtil funcionalizado com as microcápsulas foram avaliados quanto ao poder antibacteriano pelos ensaios: Ensaio de difusão de ágar para o óleo essencial de sangue de dragão e Método de Teste Padrão para Determinação da Atividade Antimicrobiana de Agentes Antimicrobianos Imobilizados sob Condições Dinâmicas, respectivamente.

3.2.4.1 Ensaio de difusão de ágar para o óleo essencial de sangue de dragão (*Croton Lechleri*)

A atividade antibacteriana do óleo essencial será avaliada para as bactérias *K. pneumoniae* ATCC 13883 e *S. aureus* ATCC 6538 pelo método de Kirby-Bauer, este ensaio foi realizado em um laboratório da UTFPR de Apucarana. Para a realização do teste, uma nova cultura de bactérias em Caldo (TSB) estéril será ativada por 24 horas a 37 ± 2 °C. Após, a cultura será diluída em solução tampão estéril a fim de obter uma concentração de aproximadamente $1,5 \times 10^5$ UFC/mL (0,5 McFarland) e então com o auxílio de um *swab*, as bactérias serão espalhadas por distensão. Então, serão adicionados 20 ul do óleo essencial diretamente em discos de papel de 6 mm, que serão em seguida depositados em ágar contendo as respectivas bactérias. As placas serão incubadas a 37 °C por 24 horas. Após esse período, as zonas de inibição (Zols) serão observadas e medidas (mm) para verificar a eficiência antibacteriana do óleo essencial.

3.2.4.2 Avaliação da atividade antibacteriana dos substratos funcionalizados com microcápsulas

A atividade antibacteriana dos tecidos foi avaliada de acordo com uma adaptação a ASTM E2149-13A - Método de Teste Padrão para Determinação da Atividade Antimicrobiana de Agentes Antimicrobianos Imobilizados sob Condições Dinâmicas, feito em um laboratório da UTFPR em Apucarana. Este método de teste é adotado para avaliar agentes antimicrobianos que não são removidos da superfície em condições aquosas. O método foi aplicado também para as bactérias *K. pneumoniae* ATCC 13883 e *S. aureus* ATCC 6538.

Para a realização do teste, uma nova cultura de bactérias em Caldo (TSB) estéril foi ativada por 24 horas a 37 ± 2 °C. Após, a cultura foi diluída em solução tampão estéril a fim de obter uma concentração de aproximadamente $1,5 \times 10^5$ UFC/mL (0,5 McFarland). As amostras (20mm x 20mm) esterilizadas por radiação ultravioleta (UV), foram colocadas em um frasco e inoculadas com a suspensão de microrganismos (volume de 50mL) em shaker (37 ± 2 °C por 1 hora) e imediatamente diluídas em série, as amostras foram semeadas em agar (em duplicata).

Como controle positivo (inóculo no tempo "0"), a mesma concentração de UFC/mL foi diluída em série e posteriormente houve a contagem de placas padrão.

Os resultados foram expressos em média de UFC/mL. A porcentagem de redução e redução do log bacteriano foi determinada de acordo com as seguintes equações:

$$\text{Redução\%} \left(\frac{\text{UFC}}{\text{mL}} \right) = \frac{B-A}{B} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{Redução de Bactérias} = \text{Log}_{10}(B) - \text{Log}_{10}(A) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde A indica o número de UFC mL⁻¹ para o frasco contendo a amostra têxtil com acabamento após o tempo de contato (1 hora) e B representa o número de UFC mL⁻¹ para o “inóculo somente” no tempo “0”. Como resultado, as médias dos valores obtidos na amostra com a contagem realizada de acordo com o método de contagem em placa de ágar.

4 RESULTADOS

4.1 Microcápsulas

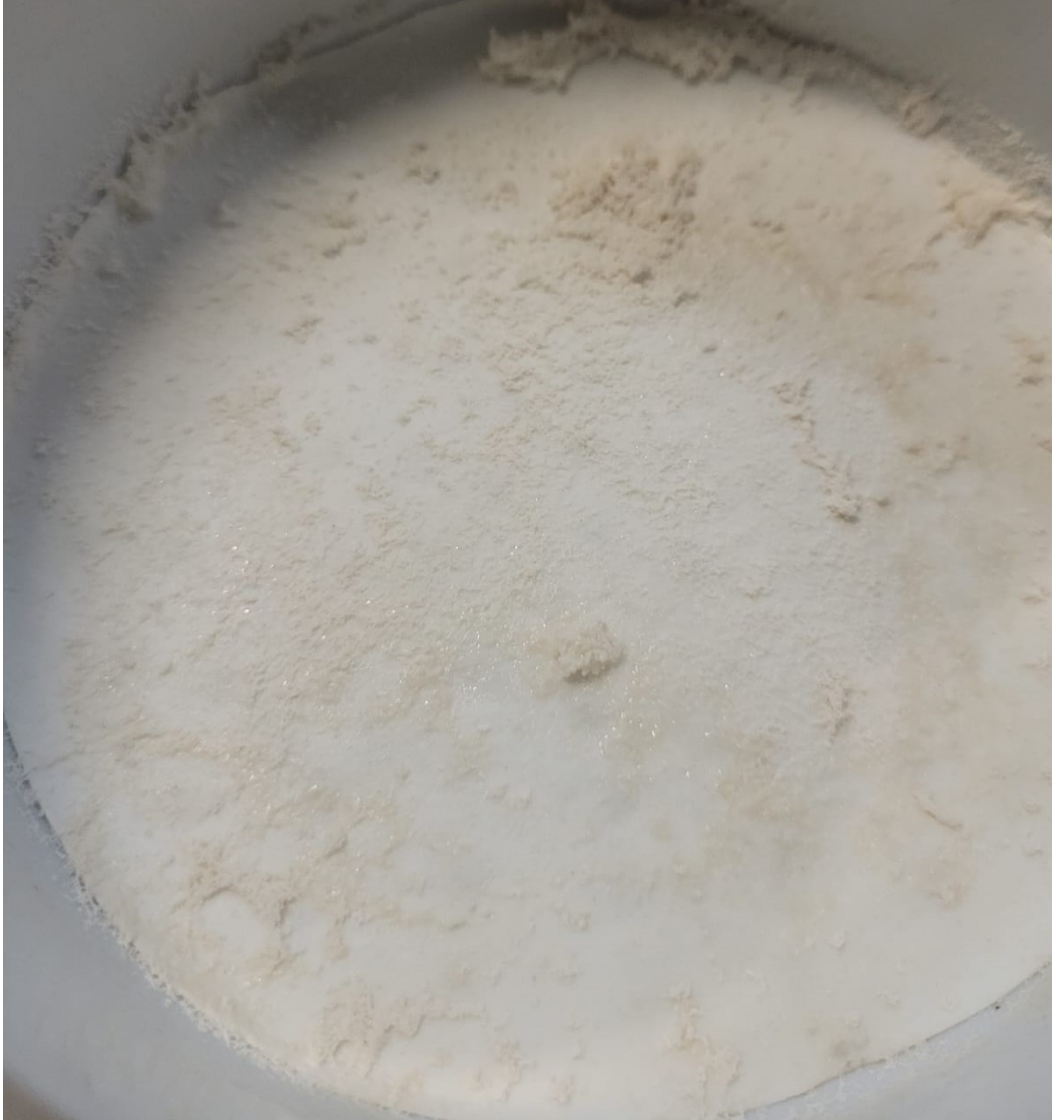
O estudo desse presente trabalho realizou a síntese das microcápsulas, conforme a metodologia descrita, com isso obteve-se um material com o aspecto de um pó de coloração semelhante a cor da seiva utilizada, como mostra a Figura 6. Já a síntese sem a adição do óleo se manteve sem coloração, nota-se na Figura 7.

Figura 6 – Síntese do material com o óleo essencial



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 7 – Síntese do material sem adição do óleo essencial



Fonte: Autoria própria (2022).

A gelatina, por ser uma proteína, sua estrutura química é formada por grupos amida e amina, já a goma arábica, é formada por polissacarídeos, que apresentam grupos carboxílicos em sua estrutura química. Para haver a formação das microcápsulas é imprescindível que haja atração eletrostática entre os grupos ionizados com cargas opostas e para ocorrer essa interação é necessário que haja alteração no meio, neste caso a mudança de pH influencia diretamente no grau de ionização que favorece a formação de cargas opostas (RUNGWASANTISUK; RAIBHU, 2020; SLOW & ONG, 2013). Essa interação eletrostática é evidenciada entre os grupos amina da gelatina que são carregados positivamente (NH_3^+) e os

grupos carboxílicos da goma arábica que são carregados negativamente (COO^-). (MENDES *et. al.*, 2021; QUINTANILHA, 2015; BEZERRA, *et. al.*, 2019).

4.2 Tecido funcionalizado

Foi realizada uma adição na superfície do substrato têxtil, foi realizada a incorporação das microcápsulas pela reação de esterificação com o BTCA e hipofosfito de sódio. A fim de aproveitar o banho preparado, foram funcionalizadas três amostras que conseqüentemente apresentaram uma diferença na quantidade de microcápsulas, pois depois da imersão da primeira amostra houve a retirada das microcápsulas da solução, sobrando menos para as próximas amostras, como mostra na Figura 8.

Figura 8 – Tecido funcionalizado



Fonte: Autoria própria (2022).

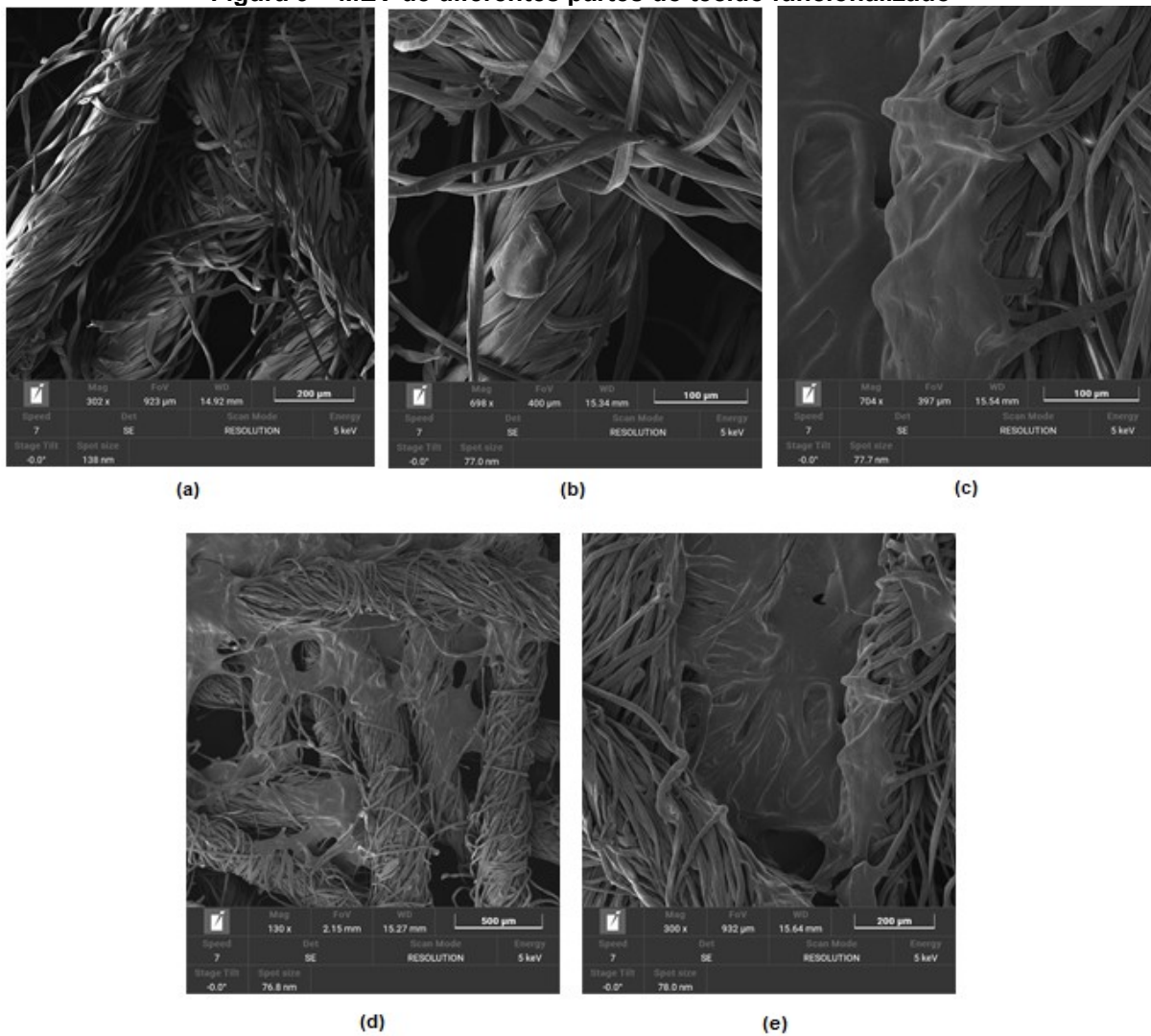
4.3 Caracterização das microcápsulas e dos têxteis funcionalizados

4.3.1 Microscopia eletrônica de varredura

É possível notar nas imagens da MEV que não foi possível observar a formação de microcápsulas. Uma hipótese a ser considerada, segundo Maggoli (2014) um problema com a concentração do reticulante utilizado, pois o reticulante confere as microcápsulas o formato esférico e previne a aglomeração das mesmas durante o processo de secagem, o que não houve com a quantidade utilizada nesse experimento. No entanto, é visível que existe um recobrimento das fibras do algodão que foi causado pelo o que foi gerado na tentativa de sintetizar as microcápsulas,

Julga-se que houve a formação de um revestimento que se assemelha a uma microcápsula, não em seu formato, mas sim no seu propósito de proteger o óleo essencial de sangue de dragão e promover a atividade antibacteriana do mesmo. Observa-se que o revestimento da solução polimérica apresenta uma distribuição não uniforme, conforme ilustrado na Figura 9. Resultado parecido foi encontrado em trabalhos Mariott (2021), Maggioli (2014), Alvim e Grosso (2010) e ainda Silva (2019) que descreve esse efeito como “teia de aranha”, devido ao formato que é uma estrutura contínua e interligada. A partir deste momento, não será mais chamado de microcápsulas, pois como foi visto não houve a formação, e sim de polímero.

Figura 9 – MEV de diferentes partes do tecido funcionalizado



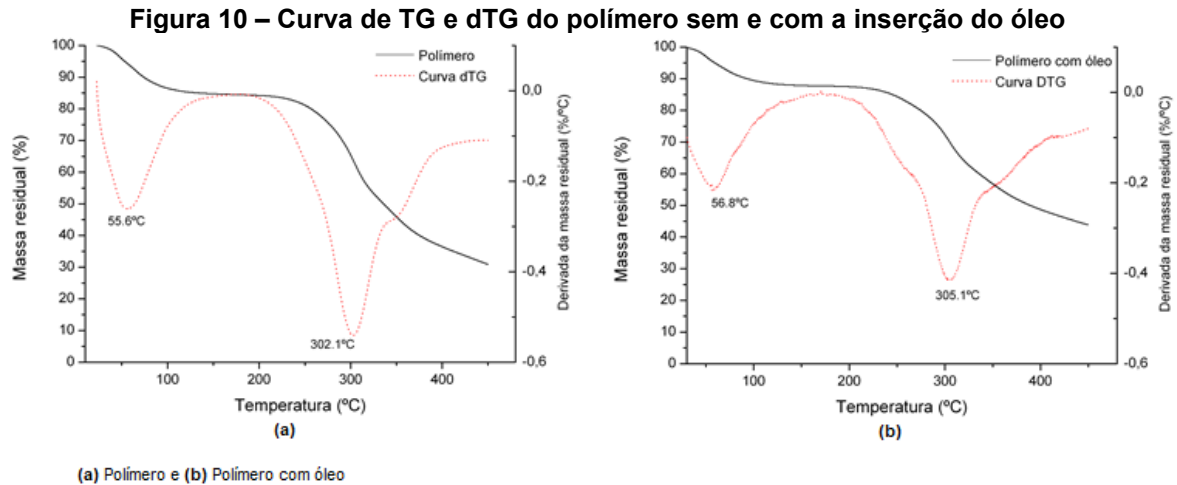
Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.2 Termogravimetria

A análise termogravimétrica é realizada para determinar a variação de massa da amostra em relação à temperatura, com o objetivo de avaliar a degradação da massa em função do aumento da temperatura com taxa constante. E a dTG é a derivada primeira da curva gerada no TG avaliando os picos onde a massa varia mais rapidamente (SILVA, *et. al.*, 2019; PEREIRA, 2013). As amostras foram submetidas a análise de TG e dTG, onde é apresentada a perda de massa do acabamento puro e com óleo, aquecidos de 20 a 500 °C. As curvas TG e dTG foram semelhantes aos estudos, tanto para o polímero quanto para o tecido, de XIAO, 2021; MENDES, 2021; BEZERRA, 2019.

Em relação ao polímero apenas, destacado na Figura 10(a), o primeiro estágio de perda de massa ocorreu entre 20 e 165°C, pode ser atribuído como perda de umidade, indicando uma perda de 15% (m/m). O estágio 2 de perda de massa ocorreu a partir de 210 e 430°C, indicando a perda de 51% por ter sofrido um declínio mais rápido, como mostra o pico do dTG, pode ser avaliado como a degradação direta dos materiais utilizados, ou seja, da gelatina e da goma arábica.

O acabamento com óleo também teve um comportamento similar, como pode ser visto na Figura 10(b), com o primeiro estágio de perda de massa ocorreu entre 20 e 170°C também relacionado à desidratação do material, indicando uma perda de 13% (m/m). Já no segundo estágio a de perda de massa ocorreu a partir de 200 e 420°C, indicando a perda de 42%, do mesmo modo pode ser expresso como a decomposição dos polímeros e do óleo essencial de *Croton Lechleri*. É possível notar uma diferença em relação à curva de dTG, quando comparado com o primeiro caso, pois foi constatado que a velocidade de perda de peso é nitidamente menor, com uma banda mais alargada e com o pico em uma temperatura ligeiramente mais alta, que compreende que houve uma modificação térmica quando há a mistura do polímero com o óleo essencial.

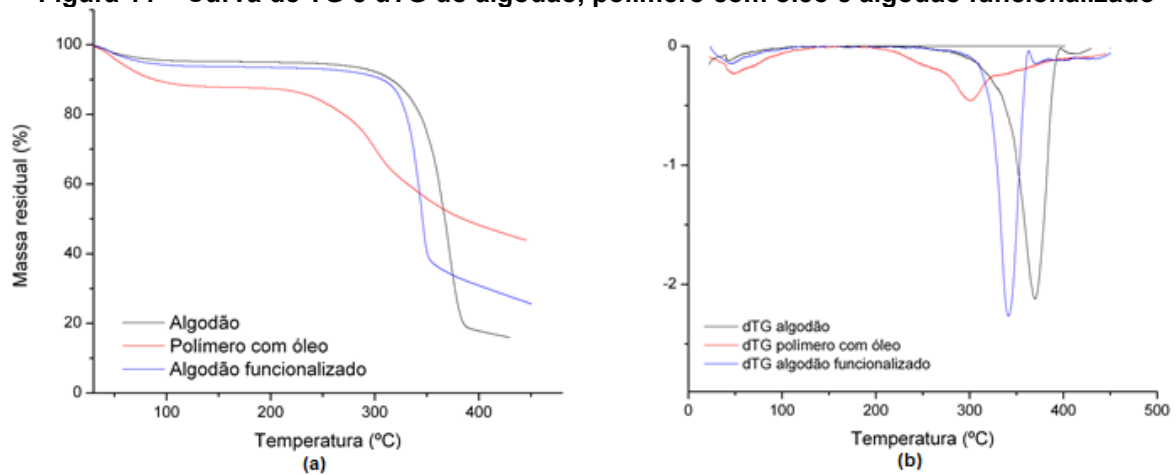


Fonte: Autoria própria (2023).

Para os substratos têxteis, foi analisada a amostra de algodão, o polímero com óleo e as amostras de algodão funcionalizadas com o polímero com óleo as curvas geradas para TG e dTG, verificado na Figura 11, mostra que no primeiro estágio o algodão tem uma perda de massa de 5% (m/m), na faixa de 20 até 119 °C, assim como nas demais amostras esse primeiro valor está relacionado com a quantidade de água que é despendida nesse momento. Já para o segundo estágio nota-se uma perda de massa repentina correspondente a 77% (m/m) entre as temperaturas de 220 a 395°C. Como aponta a literatura a degradação do algodão está no intervalo de 305 até 375°C, sendo como causa da perda mássica citada anteriormente (XIAO, *et al.*, 2021).

E por fim tem-se o tecido funcionalizado com o polímero e com o óleo onde novamente o estágio 1 é pode ser entendido como a perda de umidade, referente a 5% (m/m) visto no período de 20 a 118°C. No segundo estágio verifica-se a perda de massa repentina de 57% (m/m) entre 220 até 360°C, pode-se dar a degradação tanto do algodão quanto do polímero e do óleo. A curva de dTG do algodão funcionalizado é similar do algodão, entretanto com um deslocamento da banda, que deu-se devido a presença da mistura do polímero com o óleo essencial (XIAO, *et al.*, 2021).

Figura 11 – Curva de TG e dTG do algodão, polímero com óleo e algodão funcionalizado



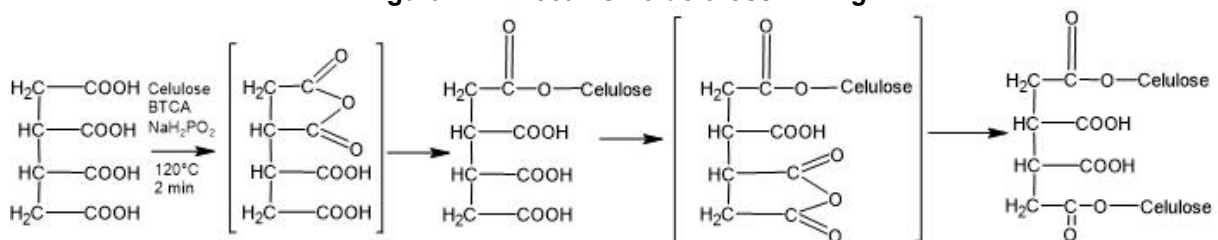
(a) Gráfico de TG (b) Gráfico de dTG

Fonte: Autoria própria (2023).

4.3.3 Espectroscopia na região do infravermelho por reflexão total atenuada

A técnica de espectroscopia no infravermelho pode fornecer informações químicas das interações, empregada neste estudo com a finalidade de confirmar a presença do polímero na superfície do tecido. Essa interação foi realizada utilizando o mecanismo de *cross-linking* causado pela reação de esterificação para permitir interações resistentes, para isso foi utilizado o BTCA e o hipofosfito de sódio que serviu como um catalisador eficaz para a formação de anidrido, desidratando dois grupos carboxílicos adjacentes. Os anidridos formados sofrem uma reação de esterificação com os grupos hidroxilas da celulose formando um éster, como na Figura 12 (AKSOY, GENÇ, 2015; SAUPERL, KLEINSCHEK, 2009). Segundo Azizi, Chevalier, Majdoub (2014) e Alvim, Grosso (2010), essa reação de esterificação também ocorre entre as hidroxilas presentes na mistura dos polímeros, gelatina e goma arábica, o que proporciona a aderência deste no tecido.

Figura 12 – Mecanismo de *cross-linking*

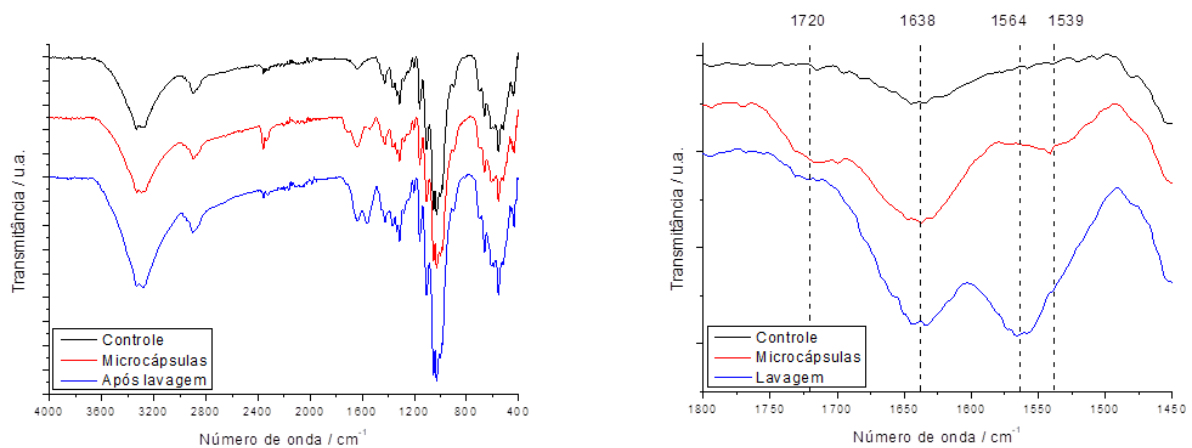


Fonte: Adaptado de Sauperl, Kleinschek (2009).

No gráfico há três espectros, como mostra a Figura 13, sendo a primeiro identificado como controle que corresponde ao espectro do tecido de algodão não tratado, o segundo chamando de microcápsulas que é referente as amostras funcionalizadas e o terceiro que nomeado de lavagem, que é referente ao tecido tratado depois de passar por uma lavagem alcalina para a neutralização do tecido, removendo o excesso de ácido BTCA.

Há o aparecimento de grupos de amidas primárias e secundárias caracterizado pelas bandas na região 1638 cm^{-1} e 1539 cm^{-1} , que mostra uma nova interação entre dos grupos amina da gelatina e grupos carboxílicos da goma arábica, confirmando a presença da solução polimérica na amostra de algodão. E também houve aparecimento da banda 1720 cm^{-1} , representando a esterificação entre os grupos de hidroxilas da celulose e dos polímeros com o óleo e os grupos carboxílicos do BTCA. Resultados também encontrados por Mendes, *et. al.* (2021); Bezerra, *et. al.* (2019) e Veiga (2014).

Figura 13 – Curva de FTIR-ATR do tecido



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4 Estudo antibacteriano do óleo essencial e das microcápsulas aplicas ao substrato têxtil

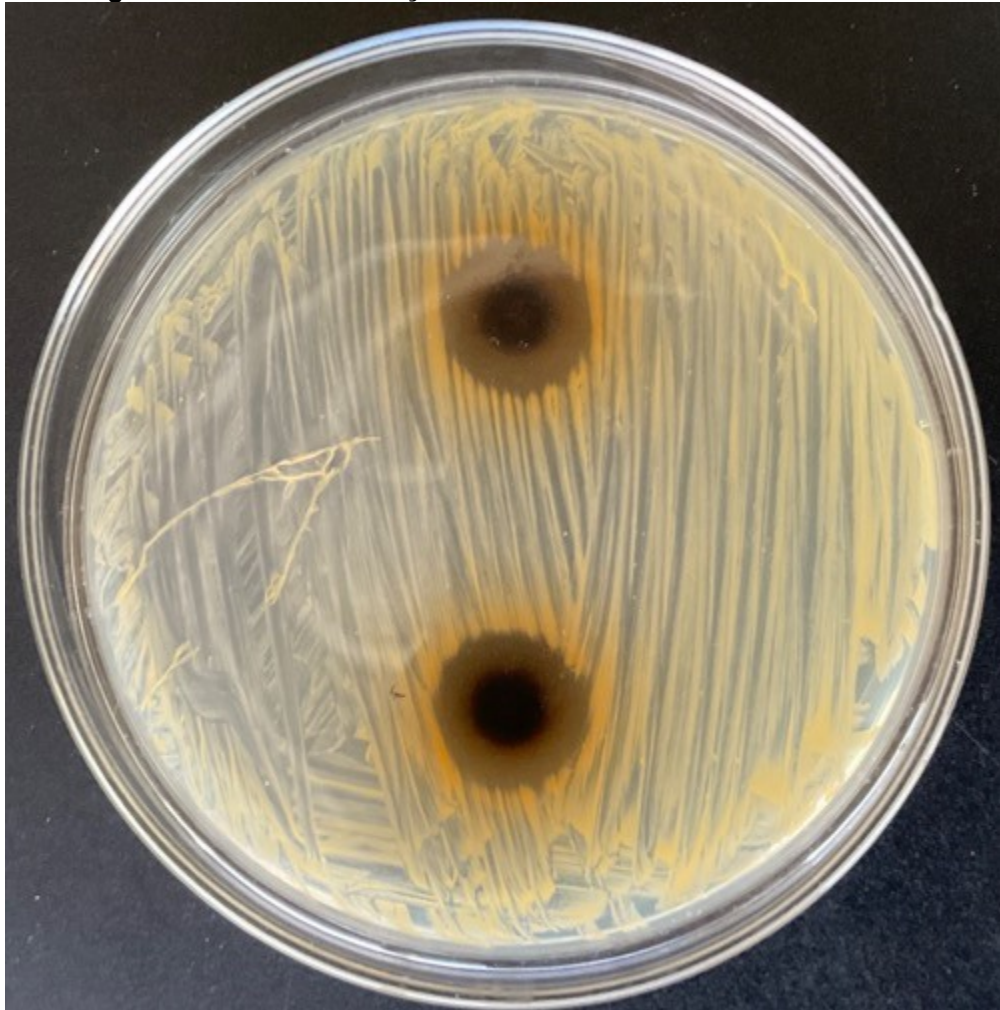
4.4.1 Ensaio de difusão de ágar para o óleo essencial de sangue de dragão (*Croton Lechleri*)

Foram realizados teste qualitativos com o óleo essencial a fim de avaliar a sua atividade antibacteriana em relação às bactérias *Klebsiella pneumoniae* e *Staphylococcus aureus*, através da formação de halo que define o potencial de

sensibilidade do microrganismo para o produto testado, estudos apontam que halos de inibição menores que 8 mm as cepas são consideradas resistentes, quando o halo é de 9 a 14 mm são consideradas sensíveis, muito sensíveis em casos em que o diâmetro está entre 15 a 19 mm e acima de 20 mm é considerada extremamente sensível (Moreira 2005). Para a *K. pneumoniae* não houve a formação de halo, para a *S. aureus* foi observado um halo de inibição de 14mm o que sugere uma sensibilidade ao óleo, como observado na Figura 14.

Como descrito na literatura, foram realizados testes por SILVA, *et al.* (2022) para avaliar a inibição contra as bactérias *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* e *S. aureus* resistente à Meticilina (MRSA), com quatro concentrações 300 mg/mL; 150 mg/mL; 75 mg/mL e 37,5 mg/mL. Dentre as bactérias *P.aeruginosa* e *K. pneumoniae*, *E. coli* (gram-negativas), somente a *E. coli* demonstrou sensibilidade ao extrato em concentrações mais altas, 300 mg/mL; 150 mg/mL; 75 mg/mL. Já para as bactérias gram-positivas, o látex de *Croton Lechleri*, demonstrou um desempenho satisfatório até mesmo nas concentrações mais baixas. Em outro estudo realizado por Ramirez, *et al.* (2013) foi avaliado o potencial antibacteriano *in vitro* da *Croton lechleri* para bactérias isoladas de pacientes que tinham úlceras cutâneas. Observou-se que as cepas de *S. aureus* e *E. coli* formaram halos de inibição de 18 mm e 6 mm, respectivamente, em diluições de 1:2, mostrando assim sensibilidade ao ativo.

Figura 14 – Halos de inibição do óleo essencial de *Croton Lechleri*

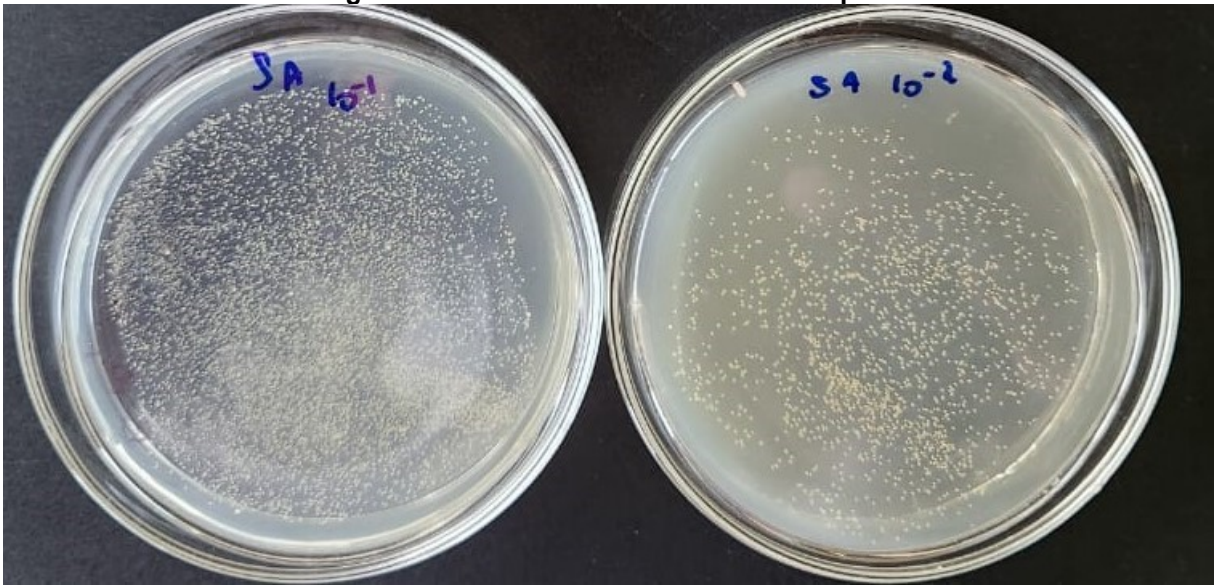


Fonte: Autorial própria (2023).

4.4.2 Avaliação da atividade antibacteriana dos substratos funcionalizados

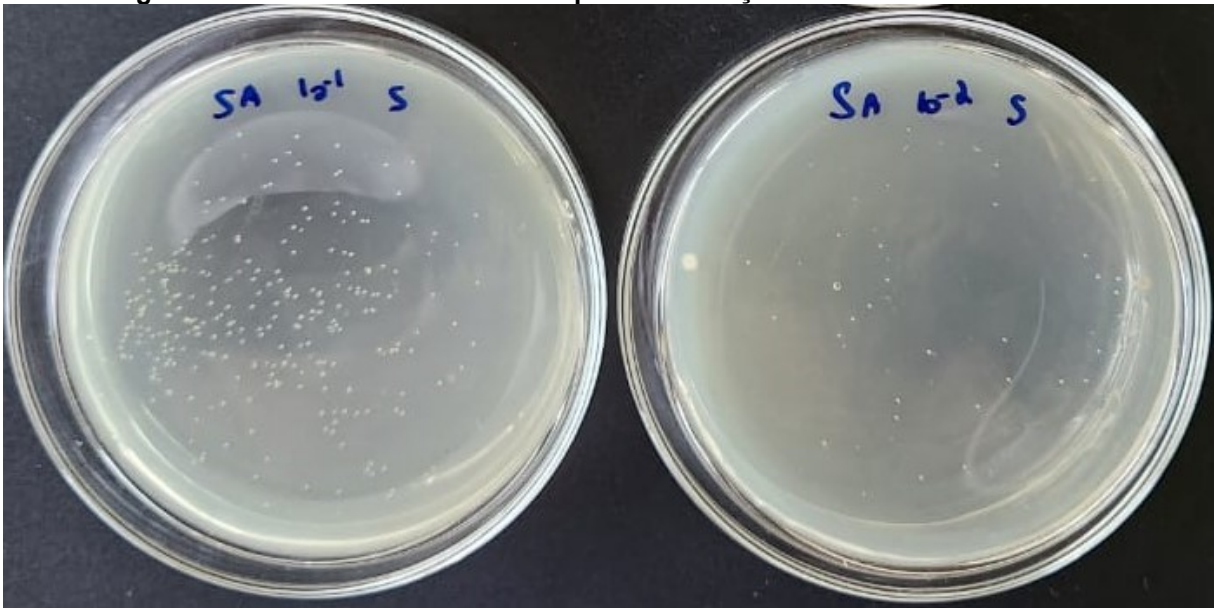
Foram realizados testes quantitativos no intuito de avaliar diferentes níveis de tratamento da mesma amostra através da contagem de colônias para as diluições seriadas 10^1 e 10^2 (RISTIĆ, 2011; MAGALHÃES, 2015). Desse modo, as amostras em duplicas, para a bactéria *Staphylococcus aureus*, obtiveram uma média $3,38 \times 10^5$ UFC/mL, efetuado a contagem de bactérias no tempo 0 horas, que pode ser visto na Figura 15. Após o tempo de teste (1 hora de contato dinâmico) com as amostras funcionalizadas com o óleo essencial de *Croton Lechleri*, a contagem de bactérias teve uma média de $1,6 \times 10^4$ UFC/mL o que resultou em uma redução de 95,26% nas UFCs, retratado na Figura 16. Já para a bactéria *Klebsiella pneumoniae* não houve inibição por parte do óleo essencial, como já era esperado conforme o teste de sensibilidade antimicrobiana.

Figura 15 – Colônias de bactérias no tempo 0



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 16 – Colônias de bactérias depois da inserção do tecido funcionalizado



Fonte: Autoria própria (2023).

5 CONCLUSÃO

Como visto na microscopia eletrônica de varredura, embora não tenha ocorrido a formação das microcápsulas do formato tradicional, foi constatado que houve a produção de algo similar no processo que recobriu e aderiu na estrutura do tecido, como foi notado na análise de FTIR, e ainda protegeu o princípio ativo presente no óleo essencial de *Croton Lechleri* para a aplicação que era esperado, visto pelo teste antibacteriano realizado com o óleo essencial, para a viabilidade na funcionalização, apresentando um desempenho satisfatório reduzindo consideravelmente a proliferação das bactérias, como visto no teste feito com o tecido funcionalizado.

Sendo assim, conclui-se que foi possível o desenvolvimento de um acabamento antibacteriano a partir do óleo essencial de sangue de dragão, tornando o tecido de algodão biofuncional. No entanto, é importante ressaltar que ainda existem oportunidades de otimização dos processos empregados, por exemplo, adequar a concentração do reticulante utilizado, deixando espaço para futuros estudos e pesquisas.

REFERÊNCIAS

AKSOY, S. A.; GENÇ, E. Functionalization of cotton fabrics by esterification cross-linking with 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid (btca). **Cellulose Chem. Technol.**, v.49, p. 405-413, 2015.

ALMEIDA, F. K. V.; NOVAIS, V. P.; SALVI, J. O.; MARSON, R. F. 2019. Avaliação tóxica, citotóxica e mutagênica/genotóxica de um extrato comercial de sangue do dragão (*Croton lechleri*). **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 29-37, abr. 2019.

ALONSO, C. *et al.* Skin penetration and antioxidant effect of cosmeo-textiles with gallic acid. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 156, p. 50–55, 1 mar. 2016.

ALAVI, A. *et al.* What's new: Management of venous leg ulcers: Approach to venous leg ulcers. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 74, n. 4, p. 627–640; quiz 641–642, abr. 2016.

Aquacel® Ag Surgical, Convatec. Disponível em: <<https://www.convatec.com/pt-br/produtos/pc-wound-closed-surgical-solutions/d7591e0c-0b53-405d-8994-87bd742bf507>>. acesso em: 07 out. 2022.

ARAÚJO, DE M.; FANGUEIRO, R.; HONG, H. *Têxteis Técnicos: Materiais do Novo Milênio*, Ed. Williams, Lda, Ministério da Economia, 2001, v.2, 167.

ALVIM, I. D.; GROSSO, C. R. F. Micropartículas produzidas por coacervação complexa: influência do tipo de reticulação e do processo de secagem na liberação do material de recheio. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 1069–1076, dez. 2010.

AZIZI, N.; CHEVALIER, Y.; MAJDOUB, M. Isosorbide-based microcapsules for cosmeo-textiles. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 150–157, 1 jan. 2014.

BADKE, L. B. **Síntese e caracterização de microcápsulas de gelatina/goma arábica contendo óleos essenciais ou ácidos graxos de microalgas empregados na cosmetologia pelo método de coacervação complexa**. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de Concentração em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

BAH, M.G.; BILAL, H. M.; WANG, J. Fabrication and application of complex microcapsules: a review. **Soft Matter**. United States of America, v. 16, p. 570-590, 2020.

BEZERRA, F. M. *et al.* Assessment of the delivery of citronella oil from microcapsules supported on wool fabrics. **Powder Technology**, v. 343, p. 775–782, 1 fev. 2019.

BRIGELIUS-FLOHÉ R.; TRABER M.G. Vitamin E: function and metabolism, **FASEB Journal**, v. 13, n. 10, p. 1145–1155, 01 jul. 1999.

BRAMLEY, P. M. *et al.* Vitamin E. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 913–938, 15 mai. 2000.

CAMPOS, M. S. **Avaliação da biocompatibilidade da seiva do *Croton lechleri* (sangue de dragão) em tecido subcutâneo de rato**. 2009. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2009.

CASTRO, A. J. A.; *et al.* Antitumor effect of *Croton lechleri* Mull. **Journal of Ethnopharmacology**; v. 140, n. 2, p. 438-44227, mar.2012

CESARETTI, I. U. R.; SAAD, S. S. Drenos laminares e tubulares em cirurgia abdominal: fundamentos básicos e assistência. **Acta Paul Enferm.** São Paulo v. 15, n. 3, p. 97-106, mar. 2002.

ChemScr. **Taspine**. Disponível em: <https://www.chemsrc.com/en/cas/602-07-3_514683.html>. Acesso em: 26 jun. 2023.

CHENG, S. Y. *et al.* A comprehensive study of silicone-based cosmetic textile agent. **Fibers and Polymers**, v. 10, n. 1, p. 132–140, 1 fev. 2009.

CÔRTEZ, S. M. S. O Tratamento de Ferida: Um Artigo de Revisão. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**. Valparaíso de Goiás v.2, n.1, jan. 2013.

Curativo antimicrobiano para úlceras infectadas 9x9cm Ir. Disponível em: <<https://ballke.com.br/produtos/curativo-antimicrobiano-para-ulceras-infectadas-9x9cm-ir/>>. Acesso em: 07 out. 2022.

Curativo de Carvão Ativado e Prata Vliwaktiv AG Venosan 10x10cm Antimicrobiano. Ortoponto. Disponível em: <<https://www.ortoponto.com.br/produto/curativo-de-carvao-ativado-e-prata-vliwaktiv-ag-venosan-10x10cm-antimicrobiano-2357>>. Acesso em: 07 out. 2022.

DRIOLI, E.; QUIST-JENSEN, C. A.; GIORNO, L. Molecular Weight Cutoff. **Encyclopedia of Membranes**, Springer, p. 1326–1327, 2016.

FÃO, F. **Extração, análise de potencial mutagênico da seiva da casca de *Croton lechleri* (Müll. Arg) na cidade de ariquemes, rondônia, amazônia ocidental**. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes, 2011

FERREIRA, P. A. S. A. **Estudo da eficácia e durabilidade de nanopartículas com diferentes agentes antimicrobianos em materiais têxteis funcionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) - Universidade do Minho, Braga, 2015.

FIRMINO, H. B. **Desenvolvimento de têxteis biofuncionais utilizando β -cd e eritrosina b**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Têxtil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2020.

FRANCISCO, H. S. **Produção científica acerca de novas tecnologias no tratamento de feridas**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Enfermagem) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia. 2022.

FURLAN, L. C. A. **Análise do processo de reparo do reimplante dentário utilizando a seiva do Croton lechleri**. 2010. Tese (Doutorado em Odontologia) - Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2010.

Gaze antimicrobiana. Disponível em: <
<https://www.centraldoscurativos.com.br/curativos-e-coberturas/gaze-antimicrobiana>>.
Acesso em: 07 out. 2022

GERHARDT, L-C.; LENZ, A.; SPENCER, N.D.; MUNZER, T.; DERLER, S. Skintextile friction and skin elasticity in young and aged persons. **Skin Research and Technology**. , v.15, p.288-298, 2009.

GHAHEH, F. S.; *et. al.* Antioxidant cosmetotextiles: Cotton coating with nanoparticles containing vitamin E. **Process Biochemistry**. United Kingdom, v. 59, p. 46–51, 2017

GOODWIN, J. T.; SOMERVILLE, G. R. Physical Methods for Preparing Microcapsules. Em: VANDEGAER, J. E. (Ed.). **Microencapsulation: Processes and Applications**. Boston, MA: Springer US, 1974. p. 155–163.

GOTTRUP, F.; MELLING, A.; HOLLANDER, D. A. An overview of surgical site infections: aetiology, incidence and risk factors. **EWMA Journal**, v.5, n. 2, p. 11–15, 2005

HATEGEKIMANA, J. *et al.* Encapsulation of vitamin E: Effect of physicochemical properties of wall material on retention and stability. **Carbohydrate Polymers**, v. 124, p. 172–179, 25 jun. 2015.

HESS, C.T. **Tratamento de feridas e úlceras**. 4 ed. Rio de Janeiro: Reichmann e Affonso Editores, 2002

HIPPLER, U.C.; ELSNER, P., Biofunctional Textiles and the Skin. Current Problems in Dermatology. **Karger Publishers**, v. 33, Switzerland, 2006.

HOLME, I. Innovative technologies for high performance textiles. **Coloration Technology**, v. 123, n. 2, p. 59–73, 2007.

JONES, K. Review of Sangre de Drago (Croton lechleri) - A South American Tree Sap in the Treatment of Diarrhea, Inflammation, Insect Bites, Viral Infections, and Wounds: Traditional Uses to Clinical Research. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**. United States of America, v. 9, n. 6, p. 877–896, 2004.

JULAEHA, E. *et al.* The Development of the Antibacterial Microcapsules of Citrus Essential Oil for the Cosmetotextile Application: A Review. **Molecules**, v. 27, n. 22, p. 8090, jan. 2022.

KNECHT, A. L. V. **O profissional de enfermagem e as dificuldades no tratamento de feridas**. Trabalho de curso apresentado (Graduação em Enfermagem) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2019.

LOPES, T. V. **Avaliação da ação cicatricial da seiva do Croton lechleri**. Dissertação (Pós-Graduação em Veterinária) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

- MAGALHÃES, A. P. S. A. Atividade antimicrobiana em têxteis. Dissertação (Mestrado em Controle de qualidade) - Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, Porto, 2015.
- MAGGIOLI, M. F. Retenção de óleo de café verde em complexos coacervados de proteínas concentradas do soro de leite ou soja e goma arábica. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- MARIOTT, A. C. Microencapsulação do carvacrol na matriz de gelatina/goma arábica reticulada com transglutaminase via coacervação complexa. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Francisco Beltrão, 2021.
- MENEZHIN P.; VATTIMO M. F. F. Fisiopatologia do Processo Cicatricial. *In*: Jorge AS, Dantas SRPE. Abordagem Multiprofissional do Tratamento de Feridas. São Paulo: Atheneu, 2003.
- MENDES, S; CATARINO, A; ZILLE, A; FERNANDES, N; BEZERRA, F. M. Vehiculation of Methyl Salicylate from Microcapsules Supported on Textile Matrix. **Materials**, v.14, p.1087, 2021.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Políticas de Saúde, Departamento de Atenção Básica. Manual de condutas para úlceras neutróficas e traumáticas. Brasília: MS; 2002.
- MOREIRA, M. R. et al. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, n. 5, p. 565–570, 1 ago. 2005.
- NAYAK, R.; PADHYE, R. Antimicrobial finishes for textiles. **Functional Finishes for Textiles**. p. 361–385, 2015
- PEREIRA, T. M. M. **Caracterização térmica (TG/DTG, DTA, DSC, DSC-fotovisual) de hormônios bioidênticos (estriol e estradiol)**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.
- QUINTANILHA, R. C. **A utilização de goma arábica como agente estabilizante de nanocompósitos de poli(anilina)**. Tese (Pós-Graduação em Química do Setor de Ciências Exatas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- Ramírez, L. C., Castañeda, A. C., & Vargas, A. M. (2013). Evaluación del potencial antibacterial in vitro de *Croton lechleri* frente a aislamientos bacterianos de pacientes con úlceras cutáneas. **Nova**, 11(19), 51–63
- RISTIĆ T, ZEMLJIČ LF, NOVAK M, KUNČIČ MK, SONJAC S, Cimerman NG, Strnad S. Antimicrobial efficiency of functionalized cellulose fibres as potential medical textiles. *Sci Microb Pathog Commun Curr Res Technol Adv*. A. Méndez-Vilas; 2011. p. 36–51.
- RODRIGUES, M. C. J. **Uso da seiva de sangue de dragão (*Croton lechleri*) no tratamento de feridas em equinos**. Dissertação (Projeto de iniciação científica) Faculdades ICESP, Brasília, 2018.

ROSSI, D; *et al.* Evaluation of the mutagenic, antimutagenic and antiproliferative potential of *Croton lechleri* (Muell. Arg.) latex. **Phytomedicine**. Berlin, v.10, n. 2, p. 139–144, 2003.

RUBIO, L; *et al.* Skin Delivery of Caffeine Contained in Biofunctional Textiles. **Textile Research Journal**. Spain, v. 80, n. 12, p. 1214-1221, 2010.

RUNGWASANTISUK, A.; RAIBHU, S. Application of encapsulating lavender essential oil in gelatin/gum-arabic complex coacervate and varnish screen-printing in making fragrant gift-wrapping paper. **Progress in Organic Coatings**, v. 149, p. 105924, 1 dez. 2020.

SANDY-HODGETTS, K.; *et al.* International best practice recommendations for the early identification and prevention of surgical wound complications. **Wounds International**. London. 2020. Disponível em: www.woundsinternational.com. Acesso em: 05 nov. 2022.

SANTOS, J. S.; VIEIRA, A. B. D.; KAMADA, I. Mosqueta no tratamento de feridas abertas: uma revisão. **Revista brasileira de enfermagem** . Brasília, v. 62, n. 3, p. 457-462, 2009.

SAUPERL, O. KLEINSCHEK, K. S. Cotton cellulose 1, 2, 3, 4 buthanetetracarboxylic acid (btca) crosslinking monitored by some physical–chemical methods. **Textile Research Journal**. v. 79, p. 780–79, 2009.

SARHEED, O. *et al.* **Antimicrobial Dressings for Improving Wound Healing**. [s.l.] IntechOpen, 2016.

SCHNEIDER, R. **Estudo do processo de eletrofição de micro/nanofibras de polímeros biodegradáveis para liberação do antibiótico cloxacilina**. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

SILVA, A. L. DO N. *et al.* Avaliação da ação antimicrobiana do látex de *Croton lechleri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) em bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, 30 nov. 2022.

SILVA, A. M. M. **Estudo das propriedades funcionais de proteínas comerciais de origem vegetal: caracterização, estabilização de emulsões e aplicação em complexos coacervados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

SILVA, E. S. **Feridas crônicas: conhecimento e importância do tratamento sob a ótica do paciente**. Monografia (Especialização em Saúde Pública) - Faculdade Adventista da Bahia, Cachoeira, 2011.

SINGH M.; HEMANT K.; RAM M.; SHIVAKUMAR H. Microencapsulation: a promising technique for controlled drug delivery, **Research in Pharmaceutical Sciences**, v. 5, n. 2, p. 65, 2010.

SLOW & ONG. Effect of p on garlic oil encapsulation by complex coacervation. **Food Processing & Technology**, v. 4, p. 1-5, 2013.

- VEIGA, C. C. **Encapsulamento de óleo de café em microcápsulas de gelatina/goma arábica reticuladas por transglutaminase**. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.
- VILAÇA, S. C. G. **Estudo da influência do encapsulamento de agentes antimicrobianos por nanopartículas de sílica na atividade antimicrobiana de têxteis funcionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) - Universidade do Minho, Braga, 2015.
- WINDLER, L.; HEIGHT, M.; NOWACK, B. Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications. **Environment International**, v. 53, p. 62–73, 1 mar. 2013.
- XIAO, Z. *et al.* Double-Encapsulated Microcapsules for the Adsorption to Cotton Fabrics. **Coatings**, v. 11, n. 4, p. 426, abr. 2021.
- YEKANE, N.; GOLI, S. A. H. Effect of Pomegranate Juice on Characteristics and Oxidative Stability of Microencapsulated Pomegranate Seed Oil Using Spray Drying. **Food and Bioprocess Technology**, v. 12, n. 9, p. 1614–1625, 15 set. 2019.
- ZIGONEANU, I. G.; ASTETE, C. E.; SABLIOV, C. M. Nanoparticles with entrapped α -tocopherol: synthesis, characterization, and controlled release. **Nanotechnology**, v. 19, n. 10, p. 105606, fev. 2008.